

NANOTÜP ÇEŞİTLERİ VE UYGULAMALARI

Yağmur KORUCU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fizik Anabilim Dalı

Ekim 2010

NANOTUBE TYPES AND APPLICATIONS

Yağmur KORUCU

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Physics

October 2010

NANOTÜP ÇEŞİTLERİ VE UYGULAMALARI

Yağmur KORUCU

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Fizik Anabilim Dalında
Katıhal Fiziği Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Derya PEKER

Ekim 2010

ONAY

Fizik Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Yağmur KORUCU'nun YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Nanotüp Çeşitleri ve Uygulamaları" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Derya PEKER

İkinci Danışman : -

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Yrd. Doç. Dr. Derya PEKER

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ömer ÖZBAŞ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Salih KÖSE

Üye : Yrd. Doç. Dr. Suat PAT

Üye : Yrd. Doç. Dr. Zafer BALBAĞ

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK

Enstitü Müdürü

ÖZET

Nanoteknoloji vizyonu 1959 yılında fizikçi Richard Feynman ile ortaya çıkmıştır. Nanoteknolojinin önemi 1 ile 100 nm skalasında ortaya çıkmaktadır. Nanoteknolojide kullanılan aletler, atomik kuvvet mikroskobu, tarama tünelleme mikroskobu olup, nanoteknoloji sayesinde kaliteli, uzun ömürlü, ucuz, hafif ve küçük cihazlar yapılmaktadır. Nanotüpler, silindir şekilli ve tek boyutlu fullerence'lerdir. Şu anda karbon ve bor nitrür nanotüpler kullanılmaktadır. Karbon nanotüp; silindir şeklindeki bir karbon allotropudur ve sadece karbon atomu içerir. S. Iijima tarafından 1991 yılında bulunmuştur. Karbon nanotüpler; kıvrılmış grafin yüzeyi gibi düşünülebilir. Tek katmanlı ve çok katmanlı olmak üzere iki çeşit karbon nanotüp vardır. Bor, amonyak ve nitrojen ile yüksek sıcaklıklarda bor nitrür oluşturacak şekilde reaksiyona girer. Bor nitrür nanotüpler yaklaşık 6 eV'luk bir bant genişliğine sahiptirler ve tüp çapından bağımsız olup manyetik değildirler. Bor nitrür nanotüplerin elde edilmesinde, yüksek sıcaklıklarda dayanıklı malzemelerin üretilmesi işleminde kullanılan kimyasal buhar depolama (chemical vapour deposition) olarak bilinen kimyasal işlem uygulanmaktadır. Nanoteknolojinin ilgilendiği alanlar; malzeme ve imalat sektörü, tıp ve sağlık sektörü, nanoelektronik ve bilgisayar teknolojileri, havacılık ve uzay araştırmaları, çevre ve enerji, biyoteknoloji ve tarım, savunma sektörüdür. Karbon nanotüpler; elektronik malzeme olarak manyetik ve optik nanoaygıt yapımında, ayrıca hafıza elemanı, kapasitör, transistor, mantık devresi ve elektronik anahtar yapımında da kullanılmaktadır. Bor nitrür nanotüpler ise; yapısal ve fiziksel özelliklerinden dolayı ağır sanayi makineleri, uçak malzemeleri, dayanıklı inşaat malzemeleri, diyot ve transistor üretimi içinde büyük gelişme sağlayacaktır. Geleceğimize bu kadar yarar sağlayan nanoteknolojinin zararları da bulunmaktadır. Zararlarının da ortadan kaldırılması için önlemler alınması gereklidir.

Anahtar Kelimeler: Nanoteknoloji, Karbon Nanotüp, Bor Nitrür Nanotüp.

SUMMARY

In 1959, physicist Richard Feynman's vision of nanotechnology has emerged. The importance of nanotechnology is emerging from 1 to 100 nm scale. Instruments used in nanotechnology, atomic force microscope, scanning tunneling microscopy, and nanotechnology-quality, durable, inexpensive, lightweight and small devices are made. Nanotube is cylinder-shaped and one-dimensional fullerene. We are used boron nitride nanotubes and carbon nanotubes nowadays. A cylinder-shaped carbon nanotube is a carbon allotrope and contains only carbon atoms. Carbon nanotubes were discovered in 1991 by S. Iijima. Carbon nanotubes can be thought as curled graphite surface. There are two kinds of carbon nanotube; single-layer of carbon nanotubes and multi-layer of carbon nanotubes. Boron reacts with ammonia and nitrogen at high temperature to present boron nitride. Boron nitride nanotubes have a bandwidth of about 6 eV. They are also independent of tube diameter and are not magnetic. Boron nitride nanotubes can be obtained with applying the chemical process known as chemical vapor deposition which is used for manufacturing high temperature resistant material. Interested fields of nanotechnology are materials and manufacturing sector, the medical and health sector, nanoelectronic and computer technology, aviation and space exploration, environment and energy, biotechnology, agriculture and defense sector. Carbon nanotubes are used as electronic materials in the construction of magnetic and optical Nano-devices also are used in the production memory elements, capacitors, transistors, logic circuits and in the making electronic switches. Boron nitride nanotubes will provide great improvements in production of diodes and transistors, heavy industrial machinery, aircraft materials, durable construction materials because of their structural and physical properties. There are also hazards of nanotechnology which is such beneficial for our future. To prevent the hazards there are some measures to be taken.

Key Words: Nanotechnology, Carbon Nanotube, Boron Nitride Nanotube.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmamda başından sonuna kadar, destek ve katkılarını hiçbir zaman esirgemeyen, her zaman benim yanımda olan biricik sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Derya PEKER'e, eşi Yrd. Doç. Dr. Mehmet PEKER'e ve kızları Ceren PEKER'e en içten teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Çalışmamın her aşamasında maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen anneme, babama, Metalurji ve Malzeme Mühendisi olan canım kardeşim Onur KORUCU'ya ve arkadaşı Onatkut VARIŞ'a, her zaman yanımda olan Fizik öğretmeni olan halam Şehlevent GÜLCAN'a ve İngilizce öğretmeni eşi Kudret GÜLCAN'a, çok sevdiğim kuzenim Ekinsu Karya'ya, anneanneme ve babaanneme, sevgili bilgisayarıma, kendime ve eline sağlık diyen herkese teşekkür ederim.

Son olarak, bize bu kadar çok bilgiyi sunan, değerimiz ne kadar anlaşılmasa da en güzel bilim dalı olarak bize doğanın gizemini tanıtan tüm fizikçilere, bilim adamlarına ve onları bize bağışlayan tarihe teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xviii
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. NANOBOYUT VE NANOTEKNOLOJİ	3
2.1 Fullerence, Nanotüp ve Karbon Nanotüp Tanımlarının Açıklanması.....	3
2.2 Nanoelektronik	3
2.2.1 Hesaplama, hız ve enerji arasındaki ilişki.....	3
2.2.2 Nanotransistörler.....	4
2.2.3 Hata kabul eden (Fault-Tolerant) işlemci yapıları.....	6
2.2.4 Yarıiletken nanokristaller.....	8
2.3 Nanotıp ve Biyoteknoloji.....	9
2.3.1 Doku mühendisliği ve nanoparçacıklar	12
2.3.2 Kemik implantları.....	15

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
2.3.3 Biyoteşhiste nano yapılar.....	17
2.3.4 Nanorastalar.....	19
2.3.5 Nanomalzemelerle saç gelişimini etkili hale getirmek.....	20
2.4. Kuantum Nanoparçacıkları ile Nanobiyoteknolojik Uygulamalar.....	22
2.4.1 Değerlik bandı.....	22
2.4.2. İletim bandı.....	23
2.4.3. Eksiton.....	23
2.4.4. Kuantum hapsi.....	24
2.4.5. Enerji seviyeleri ile oynanması.....	24
2.4.6. Kuantum mekaniği ve nanoparçacıkların tıpta kullanımı.....	25
2.4.7. Kuantum noktacıklarının üretim yöntemleri (Kollidal Üretim).....	27
2.5. Nanodesenleme.....	28
2.5.1. Fotolitografi.....	28
2.5.2. Nanolitografi.....	29
2.5.3. Elektron demeti litografisi.....	29
2.5.4. Dip pen nanolitografi.....	30
2.5.5. Plazma litografi.....	30
2.5.6. Polimer karışımları.....	31
2.6. Nanodünyanın Aletleri ve Metotları.....	31
2.6.1. Nanoyapılar elde edilirken uygulanan yöntemler.....	33

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
2.7. Nanomalzemeler.....	33
3. NANOTÜP ÇEŞİTLERİ.....	36
3.1 Karbon Nanotüpler.....	36
3.1.1. Karbon nanotüplerin elde edilişi.....	37
3.1.2. Karbon nanotüplerin çeşitleri.....	37
3.1.3. Karbon nanotüplerin özellikleri.....	38
3.1.4. Karbon nanotüplerin termal davranışı.....	40
3.1.5. Karbon nanotüp etkilenmesindeki hidrojen depolanması.....	40
3.1.6. Karbon nanotüplerin uygulamaları ve kullanım alanları.....	41
3.1.7. Karbon nanotüpler ve doku mühendisliği.....	41
3.1.8. Nanoparçacıklar ile büyüme faktörlerinin taşınması.....	47
3.1.9. Nanoparçacıklarla gen taşınımı.....	48
3.1.10. Manyetik nanoparçacıklar.....	49
3.1.11. Karbon nanotüplerin muhteşem dünyası.....	50
3.2. BN Nanotüpler.....	53
3.2.1. BN nanotüplerin elde edilişi.....	53
3.2.2. BN nanotüplerin uygulamaları.....	57
3.2.3. Ultra-sert bor içeren koruyucu kaplamalar.....	58
3.2.4. BN yüzey yapılarının etkili sentezleri, ilgili nanoyapıları ve onların hidrojen alınımları.....	61

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

3.2.5. BN nanotüplerin karbon nanotüplerle karşılaştırılması.....	62
4. ETRAFIMIZDAKİ NANOTEKNOLOJİ.....	64
4.1. Akıllı Tekstiller, Işıkla Kanser Tedavisi.....	66
4.2. Işığı İyileştirmek ve Ucuzlatmak.....	67
4.3. Parfüm Kokan Tekstiller.....	67
4.4. Denizleri Kirleten Alglerden Otomobil Yakıtı.....	69
4.5. Doğadan Büyüleyici Nanofotonik Yapılar.....	69
4.6. Renk Cümbüşü Kelebekler.....	70
4.7. Nanofotonik Kristallerle Işık Saçan Deniz Faresi.....	72
4.8. Tavus Kuşu Çekiciliğinde Nanofotonğin Etkisi.....	73
4.9. Denizanasındaki İki-Boyutlu Nanofotonik Kristal Olan Verimli Işık Saçıcılar.....	75
4.10. Kalıcı Nanobalonlar.....	76
4.11. Daha Hızlı ve Daha Akıllı Nanosensörler.....	77
4.12. Nanoteknoloji Üzerine Yarıiletken Endüstrisi Etkisi.....	78
4.12.1. Hassas (Hisseden) teknoloji.....	79
4.13. Önemli Nanoresimler.....	81
5. NANOTEKNOLOJİNİN İNSANLIK İÇİN YARARLARI VE ZARARLARI..	85
6. SONUÇ VE TARTIŞMA.....	90
7. KAYNAKLAR DİZİNİ.....	94

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Nanotransistör.....	5
2.2. Transistörün dünü, bugünü ve yarını.....	7
2.3. DNA'ların değişik uygulamaları.....	12
2.4. Doku mühendisliğinde nanoparçacıklar.....	15
2.5. Tıbbi ve biyolojik uygulamalarda kullanılan nanoparçacıklar.....	16
2.6. Saç dökülmesi.....	21
2.7. Metaller, yarıiletkenler ve yalıtkanlarda enerji-bant diyagramları.....	22
2.8. Nanotüp içindeki aynı malzemenin farklı renkteki halleri.....	25
2.9. Dip pen nanolitografi tekniği, atomik kuvvet mikroskobu kullanılarak tek basamakta biyomalzeme yüzeyinde nanodesenlerin elde edilebildiği bir tekniktir.....	30
2.10. Bir grafin numunesinin AFM-Raman analizi.....	32
2.11. Bir grafin numunesinin SPM-Raman analizi.....	32
2.12. Gümüş parçacıkların ayak üzerindeki bakteri oluşumuna etkisi.....	34
3.1. Karbon nanotüpler üzerindeki sinir hücreleri.....	36

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.2. Karbon nanotüplerin yoğunluğunun çok düşük ama çelikten 10 kat sert olduğunu gösteren yapı.....	38
3.3. Nanolifli ve mikrolifli yapıların karşılaştırılması.....	47
3.4. Manyetik alan içindeki MWNT'nin sentez sistemi içindeki şematik diyagramı....	50
3.5. Plazma ark boşaltımı.....	51
3.6. Lazer buharlaşma cihazı.....	51
3.7. Kübik BN koruyucu kaplamalar.....	59
3.8. BN nanotüpün TEM görüntüsü.....	60
3.9. Karbon nanotüp görüntüleri.....	62
3.10. Çeşitli BN nanotüp yapıları.....	63
4.1. Kelebekler ve tavus kuşlarındaki nanofotonik yapılar.....	70
4.2. Morpho rhetenor türü kelebek ve kanatlarındaki parlak ve mavi rengi veren fotonik yapı (pullar ve pulların kesiti).....	71
4.3. Deniz faresi ve dikenleri. Dikenlerin üstündeki fotonik kristal yapı belirli dalgalarda ışığı ansıtmaktadır.....	72

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.4. Bütün çekiciliğiyle seyredenleri büyüleyen tavus kuşu ve kanadından bir tüy. Tüyler üzerindeki fotonik kristal yapı ve tüyün farklı renkli bölgelerindeki fotonik kristallerin yansıtma spektrumlar.....	74
4.5. Denizanasının sahip olduğu iki-boyutlu fotonik kristal yapı, biyolojik olarak ürettiği ışığı en verimli bir şekilde dışarı vermesine yardımcı olur.....	75
4.6. Fotonik kristallerden ışığın yansıtması.....	76
4.7. Kromotografıtan geçen gazların görüntüsü.....	78
4.8. Nanotüp ağlardan oluşmuş, nanoelektronik tespit aleti.....	79
4.9. Yeşil kısım taramalı elektron mikroskobunun ucudur. Bir önceki kullanıcıdan kalan monodispers polistiren kürecikleri, ucun üstünde insan figürü oluşturmuştur. Sandia National Laboratuvarlarında Georff Brennecka tarafından çekilmiştir.....	81
4.10. Şekildeki Çin tablosu bir taramalı tünelleme mikrosbu resmidir. ZnO nanoiğnesi ile renklendirilmiştir. Nanoiğneler bir Çin tablosundaki güzel dağlar gibi gözükmeıtedir. Nanyang Teknoloji Üniversitesinde Hui Ying Yang tarafından Singapur'da çekilmiştir.....	81
4.11. Tek bir Au (001) kristalinin Atomik Kuvvet Mikroskopyu görüntüsüdür. Madrid'te Violeta Navarro tarafından çekilmiştir.....	82

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.12. Amorf SiOx nanotelleri kendiliğinden değişik şekiller oluşturulabilmektedir. Nanoteller bu sefer bir ayçiçek şeklini almıştır. Nanotellerin yoğun olarak biriktiği yerler çiçeklerin ortasını; seyrek biriktiği yerler ise sarı yapraklarını oluşturmuştur. Bu da bir taramalı tünellme elektron mikroskobu resmidir.82	82
4.13 İnce organik film dizinin bir fotoğrafıdır. Bu ince filmin bazı kısımları çite, dağlara, şafak vaktindeki güneşe ve göle benzemiştir. Stanford Üniversitesi'nde Zihong Liu tarafından çekilmiştir.....83	83
4.14. Görüntü geçirimli elektron mikroskobu ile elde edilmiştir. Resimdekiler NiTi mikrodirekleridir. Blythe Gore Clark tarafından çekilmiştir.....83	83
4.15. Boyutları 9.8 mm-5.4 mm Mit Enterprises Limited şirketi tarafından dünyanın en küçük Kur'an-ı Kerim'i üretilmiştir. Üretim tam 2 yıl sürmüştür. Yaptıkları ürüne MEQA (Sanatsal Olarak Kur'an-ı Kerim'in Mikro Mühendislemesi) adını vermişlerdir. Kur'an-ı Kerim'in yüzeyi zedelenmelere karşı kuvarz ile kaplanmıştır.....84	84
4.16. Bilkent Üniversitesi'nden Dr. Ahmet Oral liderliğinde oluşan araştırma grubu, çizgileri 100 nanometre genişliğinde ve 2 nanometre yüksekliğinde olan dünyanın en küçük Nano-Türk Bayrağını çizmeyi başardılar. Araştırma görevlileri, silikon bir çipi tuval olarak kullanarak, yüzeyi kendi geliştirdikleri çok hassas mikroskop ile tararken, atomik düzeyde sivriltilmiş bir iğneden voltaj darbeleri gönderip, silikon yonganın oksitlenmesini sağladılar.....84	84

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Grup IIIA elementlerinin elektronik konfigürasyonu.....	54
3.2. Grup IIIA elementlerinin bazı özellikleri.....	54

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Acıklama</u>
°C	Santigrat derece
\$	Amerikan Doları
%	Yüzde
YTL	Yeni Türk Lirası
YKr	Yenikuruş
<u>Kısaltmalar</u>	<u>Acıklama</u>
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AFM	Atomik Kuvvet Mikroskobu (Atomic Force Microscopy)
AIDS	Edinilmiş Bağışıklık Yetersizliği Sendromu (Acquired Immune Deficiency Syndrome)
B	Bor
B-C-N	Bor-Karbon-Azot
BMP	Kemik Morfogenetik Proteini (Bone Morphogenetic Protein)
BN	Bor Nitür
BNNT	Bor Nitür Nanotüp
cm	Santimetre
cm ²	Santimetrekare
CaCO ₃	Kalsiyumkarbonat
CdS	Kadmiyum Sülfid (Cadmium Sulfide)

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
CdSe	Kadmiyum Selenit (Cadmium II Selenide, Cadmium Selenide, Cadmoselite)
CMOS	Bütünleyici Metal Oksit Yarıiletken (Complementary Metal Oxide Semiconductor)
CVD	Kimyasal Buhar Depolama (Chemical Vapour Deposition)
DLC	Elmasbenzeri-Karbon
DNA	Deoksiribonükleik Asit
DPN	Dip Pen Nanolitografi
DOE	Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı
ELISA	Enzim Bağlı İmmünosorbent Testi
eV	Elektronvolt
Fe ₃ O ₄	Manyetit
Fe ₂ O ₃	Hematit
Ga	Galyum
GHz	Gigahertz
Gpa	Gigapascal
GSMH	Gayri Safi Milli Hasıla
HA	Hidroksiapatit
HIV	İnsan Bağışıklık Yetmezlik Virüsü (Human Immunodeficiency Virus)
In	İndiyum

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

Kısaltmalar Acıklama

kW	Kilowatt
k-BN	Kübik-Bor Nitrür
LED	Işık Yayan Diyot (Light Emitting Diode)
m ²	Metrekare
MgB ₂	Magnezyum Borür
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MWNT	Çok Duvarlı Nanotüpler (Multi-Wall Nanotubes)
Na ₂ CO ₃	Sodyumkarbonat
NaHCO ₃	Sodyumbikarbonat
NiTi	Nikel-Titanyum
nm	Nanometre
NSF	National Science Foundation
PCR	Polimeraz Zincir Tepkimesi
PLGA	Polilaktid-ko-glikolid
PmPV	Poly(m-phenylenevinylene-co-2,5-dioctoxy- p-phenylenevinylene)
PVDF	Polivinilidinflorür
RAM	Rastgele Erişimli Hafıza (Random Access Memory)
RNA	Ribonükleik Asit
rpm	Dakikadaki Devir Sayısı (Revolutions Per Minute)

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Acıklama</u>
SBF	Sentetik Vücut Sıvısı (Synthetic Body Fluid)
SiO _x	Silisyumoksen
SPM	Taramalı Tünelleme Mikroskobu (Scanning Probe Microscopy)
STM	Taramalı Tünelleme Mikroskobu
SWNT	Tek Duvarlı Nanotüpler (Single-Wall Nanotubes)
TEM	Geçirimli Elektron Mikroskobu (Transmission Electron Microscopy)
TGF	Dönüştürücü Büyüme Faktörü (Transforming Growth Factor)
TiN	Titanyum Nitür
Tl	Talyum
UNAM	Uluslararası Nanoteknoloji Araştırma Merkezi (National Nanotechnology Research Center)
UV	Ultraviyole
Vb	Ve benzerleri
VEGF	Damar Endoteli Büyüme Faktörü (Vascular Endothelial Growth Factor)
X-Ray	X-Işınları
ZnO	Çinkooksit (Zirkonya)

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Günümüzde nanoteknoloji yardımıyla maddeyi oluşturan atomların dizilişinde şekillendirmeler yapılabilmektedir. Olağan halde ışığı ve elektriği iletmeyen maddelerin, nanoboyutta tam tersi özellikler göstermesi ve olağan boyutta sert olmayan maddelerin nanoboyutta elmadan bile sert bir davranış göstermelerinin anlaşılması, günümüzde nanoteknolojiyi gündeme getirmiştir.

Nanoteknoloji, maddeyi atomik ve moleküler seviyede kontrol etme bilimidir ve aynı zamanda birçok alanı kapsayan bir bilim dalıdır. Aygıt fiziği, malzeme bilimi, kimya, biyoloji, tıp, nanorobotlar, elektronik ve enerji üretimi alanlarında kullanılabilir.

Nanoteknoloji ve nanomalzemeler her geçen gün daha fazla kullanılmaktadır. Yaşamımızda çığır açan nanoteknoloji, günümüzde hayatı kolaylaştırdığı için hızla hayatımızın bir parçası olmaktadır. Son zamanlarda kendini temizleyen boyalar ve pencere camlarıyla, hayatımıza küçük adımlarla girmeye başlayan nanoteknoloji sayesinde yakın gelecekte, atomik düzeyde yapılacak değişikliklerle dünyada açlık kalmayacak, ekmek kırıntısından mükellef bir sofraya, kömürden elmas, damar açan vücut içi denizatlılardan kendi kendini tamir eden makineler hayata geçecektir. Sağlıkta ölümsüzlük, bilgisayar teknolojisinde sınırsızlık, üretim ve zenginlikte tükenmezlik, istihbaratta yanılmazlık getirecektir. Lağım suyundan içecek yapabilecek, kanseri içinden çökertip, damar denizatlılarıyla by-pass yapılabilmesini sağlayacak ve dünyanın tüm bilgilerini bir küp şekere sığdırabilecek boyutlarda saklanabilecek, bilgisayarların hızını kat kat arttırabilecektir. Nanoteknoloji kişisel ilaçlar, tükenmeyen enerji, bitmeyen su yaratırken, atomlarla hatta atomlardan daha küçük zerrelerle uğraştığı için bir anlamda da dünyamızı atomlarla ve baştan tasarlayabilecek bir keşiftir.

Her geçen gün hayatımızın biraz daha içine giren nanoteknolojinin yararları olduğu kadar zararları da bulunmaktadır. Zararları tam olarak bilinmese de, zararlarına karşı önlemler alınıp, ortadan kaldırılmaya çalışılması gerekmektedir.

Bu çalışmamızda, günümüzde çok popüler olan nanoteknoloji incelenmiş olup, nanoteknolojinin insanlık için yararları, gelişimi ve geleceği işlenmiştir. Nanoboyut kavramları açıklanarak; karbon nanotüp ve bor nitrür nanotüpler hakkında bilgiler verilmiştir. Bu noktada araştırmalarımızın amacı da, karbon nanotüplerin ve bor nitrür nanotüplerin hazırlanışı, hayatımızdaki kullanım alanları, olumlu ve olumsuz etkilerinin neler olduğunu göstermektedir.

2.NANOBOYUT VE NANOTEKNOLOJİ

Nanometre metrenin milyarda biri ölçüsünde bir uzunluğu temsil etmektedir ve bu da yaklaşık olarak ard arda dizilmiş üç ya da beş atom kadar etmektedir (<http://www.ftrdergisi.com./yazilari.asp?yaziid=534&sayiid=>).

Nanoteknoloji sadece üç atomdan oluşan küçük bir su molekülünden, hemoglobin gibi oksijen taşıyan bir protein molekülüne ya da DNA zincirine kadar çok geniş alanı kapsayan yeni bir teknolojidir (http://ogretmenlerodasi.com/index.php?option=com_contant&task=view&id=814&itemid=82).

2.1.Fullerence, Nanotüp ve Karbon Nanotüp Tanımlarının Açıklanması

Fullerenceler; 60 karbon atomunun futbol topu şeklinde düzenlenerek oluşturduğu nanoküresel yapıdaki malzemelerdir. Nanotüpler; silindir şekilli ve tek boyutlu fullerencelerdir. Karbon nanotüp ve Bor Nitrür (BN) nanotüp olmak üzere ikiye ayrılırlar. Karbon nanotüpler, yüksek güç ve düşük ağırlığa, ayrıca farklı iletkenlik özelliklerine sahip hafif malzemelerdir. BN nanotüpler ise, yüksek termal iletkenliğine ve oksidasyon direncine sahip malzemelerdir (http://ogretmenlerodasi.com/index.php?option=com_contant&task=view&id=814&itemid=82).

2.2.Nanoelektronik

2.2.1.Hesaplama, hız ve enerji arasındaki ilişki

Haberleşme devriminin habercisi olan Claude Shannon'un meşhur mahkemesinden sonra bilgi, gürültü, enerji ilişkilerinin fiziksel temelleri daha iyi anlaşılmıştır. Bugün biliyoruz ki tersinmez hesaplama yapıldığında entropi artacağından 1 Bit'lik bilginin, Boltzmann sabiti ve ortam sıcaklığının çarpımı kadar bir enerji farkı vardır. Yani oda sıcaklığında 1 Bit'lik hesap yapıldığında yaklaşık 10⁻²¹ joule enerji harcamak termodinamik olarak zorunludur. Günümüz masaüstü bilgisayarlarındaki işlemciler

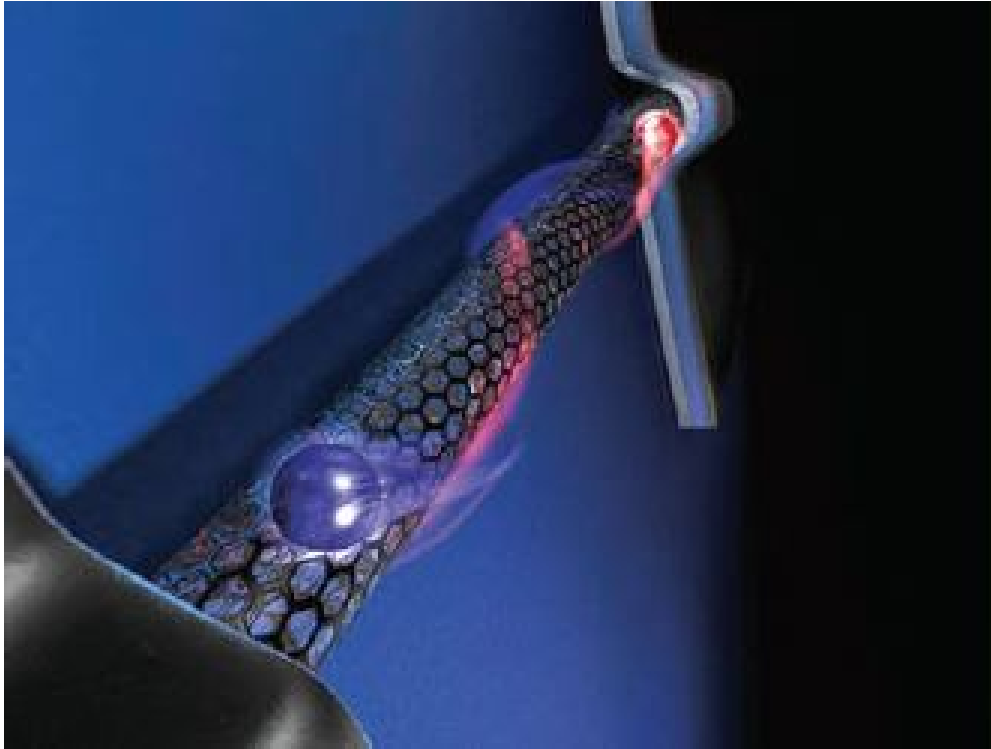
(Intel Pentium 4 gibi), yaklaşık 40 Milyon transistör içermekte ve 2 GHz civarında çalışmaktadır. Eğer termodinamik sınırlarda çalışmak mümkün olsa bu işlemcilerin 100 mikrowatt güç harcaması beklenmektedir. Günümüz işlemcilerinin 100 Watt civarı güç harcadığı düşünülürse, gelecek bilgisayarlarının bir milyon kat daha az güç harcayarak aynı işi yapması beklenmektedir. Bu da cep telefonumuzda bugünün süper bilgisayarları kadar güçlü işlemcileri gezdirebileceğimiz anlamına gelmektedir. Bunun olabilmesi için transistör düzeyinde nanoelektronikğin getireceği yeniliklerden, hafıza ve sistem tasarımı alanında beklenen gelişmelerden bahsedilmesi gerekmektedir.

2.2.2.Nanotransistörler

Yarıiletken teknolojisi ve evlerimizde kullandığımız bilgisayarlar büyük oranda silisyum CMOS transistörlerden ve mantık elemanlarından oluşmaktadır. Bir mantık kapısı açılıp kapandığında milyonlarca elektron yer değiştirerek sinyalin işlenmesini sağlamaktadır. Çalışma voltajı (birkaç volt) ve geçen akım (mikroamper civarında) bir işlemi mikrowatt güç harcayarak yapmamızı sağlamaktadır. Güç harcamayı veya hızı etkileyen en önemli faktörlerden birisi aygıtın kapasitansı (sığası)'dır. Aygıt küçüldükçe sığa küçülür ve daha az akımla daha hızlı çalışabilmektedir. Transistörlerin olduklarından daha fazla küçültülememesinin sebebi ise, boyut küçüldükçe kuantum etkilerinin devreye girmesi ve aygıtın çalışma prensibinin farklılaşmasıdır. Malzeme özellikleri küçük boyutta değişmektedir. Örnek olarak, şu anda kullanılan malzemedeki kaçaklar kabul edilemez derecede artmaktadır. Bu sebeple nanometre boyutundaki transistörlere, uygun malzemeler ve farklı modellere göre düzenlenmiş tasarımlar gerekmektedir.

Nanotransistörlerde, milyonlarca elektron yerine tek bir elektronun hareketi ile bilgi işleme gerçekleştirilebilir. Bu da enerjiden büyük oranda tasarruf etmeyi mümkün kılmaktadır. Buna ek olarak küçük olduğu için milyonlarca transistör bir santimetre kareye sığdırılabilir ve daha hızlı çalıştırılabilir. Transistörlerde kullanılacak malzemeler içinde karbon nanotüpler ilgi odağı olmayı sürdürmektedirler. Karbondan yapılmış milimetrenin milyonda biri kalınlığında olan bu boruların elektriksel özellikleri silisyum gibi yarıiletkenlere göre çok farklı ve yerine göre avantajlı olabilmektedir.

Nanotüplerde yüklerin hareketliliği silisyuma göre çok daha fazladır. Bu sayede hem düşük voltajlarla çalışmak hem de daha yüksek hızlara ulaşmak mümkün olacaktır. Laboratuvar deneyleri ile üretilmiş olan bu tip transistörlerin ticari üretim aşamasına yaklaşıldığı bilinmektedir (Şekil 2.1.) (Bilim ve Teknik Dergisi, Aralık 2006).



Şekil 2.1. Nanotransistör.

Karbon nanotüpleri takiben, silisyum, germanyum yarıiletkenlerinden yapılan nanotellerde de olağanüstü elektronik özellikler gözlenmiştir. Bu konulardaki teorik ve deneysel çalışmalar hızlanarak devam etmektedir.

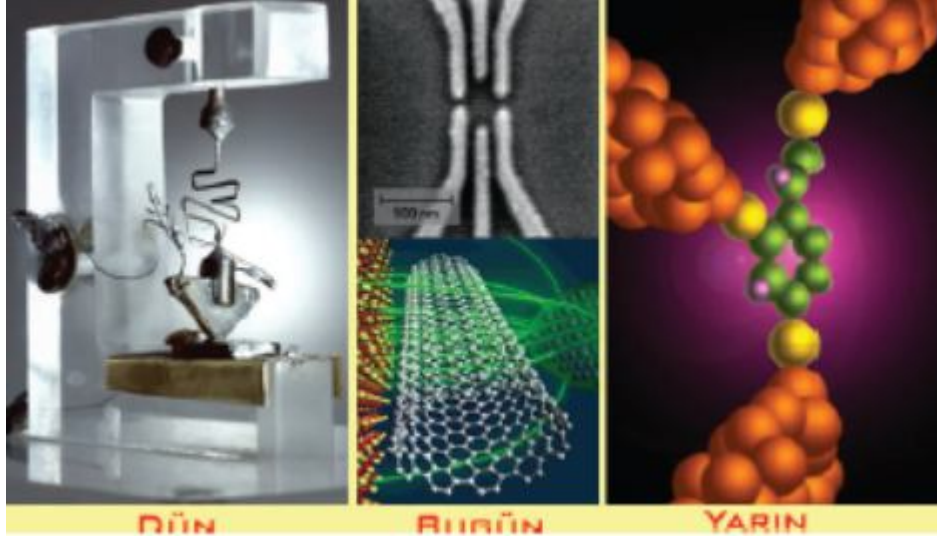
Gelecekte tek molekülden oluşan transistörlerin yapılması mümkün olabilecektir. Bu sayede tek elektronla çalışabilen, hızlı, az enerji harcayan ve çok ucuza üretilen bilgisayarlar cebimize girebilecektir. Fakat bunun mümkün olabilmesi için işlemci yapısında ciddi değişikliklere ihtiyaç duyulmaktadır.

2.2.3.Hata kabul eden (Fault-Tolerant) işlemci yapıları

Günümüzde mikroelektronik alanında üretim yapmak için olağanüstü temiz koşullarda çalışma gerekmektedir. Üretim ortamları temiz oda denilen tozdan arındırılmış ortamda özel elbiseler giyen personel tarafından yapılmaktadır. Bunun da en önemli sebebi üretim esnasında 40 milyon transistörden birinin üzerine düşebilecek bir toz parçasının devreyi işlemez hale getirmesidir. Bu tür üretimlerin yapılabilmesi için milyarlarca dolarlık sermaye ve çok gelişmiş laboratuvar ortamları gerekmektedir. Yarıiletken teknolojisinin önündeki engellerden birisi de budur. Günümüzde tasarımlar, bu engeli aşmak için, hataları kısmen kabul edilebilir şekilde yapılmaktadır. Elektronik devrenin bazı kısımlarının birden fazla kopyası bulunmakta ve test sırasında çalışan kısımların belirlenip onların kullanılması sağlanabilmektedir.

Bu ve benzeri yaklaşımlar nanoelektronik için daha büyük önem taşımaktadır. Çünkü moleküler seviyede hata ihtimali giderek artmaktadır. Transistör sayısının da artmasıyla problem daha ciddi bir hal almaktadır. Nanoelektronik, hataları göz ardı edebilen bir elektronik tasarım metoduna ihtiyaç duymaktadır.

Bu konudaki çalışmalar, nanoteknolojiden bağımsız olarak kurumsal olarak devam etmektedir. Bu çalışmaların bir örneği Hewlett-Packard Laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiş olan Teramac sistemidir. Bu sistemde kasıtlı olarak hatalı ve ucuz üretilmiş bir milyon parçanın saniyede bir milyon işlem yapması ile 1000 GİpS'lik bir işlem gücü elde edilmiştir. Tasarım ve üretim sonrası programlama ile de çalışmayan kısımları sistemin bütününe olan etkisi ortadan kaldırılmıştır. Teramac'in yapısal sistemi nanoelektronik için önemli bir temel oluşturur. Bu çalışılan ilk transistör, 1957 yılında yapıldı ve büyüklüğü santimetre boyutlarına yaklaşıyordu (Şekil 2.2.).



Şekil 2.2. Transistörün dün, bugün, yarını.

Teramac sisteminin önemli özelliklerinden birisi de bilgi işleme teorisinde önemli bir yeri olan işlem gücü/hafıza ilişkisinin hesaba alınmasıdır. Bir hesabı yapmak için çok sayıda işlem ihtiyacı duyulur. Mesela 10 milyara kadar olan asal sayıları hesaplamak isteyelim. Bu işlem için basit bir formül olmadığından çok sayıda çarpımlara ayırma yapmamız gerekecektir. Eğer elimizde çok geniş bir çarpım tablosu varsa o zaman çarpımları tablodan bakarak işlemi çok hızlandırabiliriz. Ama bu, büyük miktarlarda hafıza kullanmayı gerektirir. Bir hesabı yapmak için gereken işlem gücü ile hafıza arasındaki ilişki burada görülebilir. Çok hafızanız varsa işlem gücünden taviz verebilirsiniz.

Hafıza konusunda da nanoteknoloji yardımı koşturmaktadır. Tek bir elektron hafıza kutusunda bulunup bulunmamasına bağlı olarak çalışan hafızalar nanokristaller yardımı ile üretilebilmektedir. Nanokristallerin yakın gelecekte Flash ve RAM bellek gibi çalışabilen evrensel hafızaların geliştirilmesinde kullanılması beklenmektedir. Ucuz ve daha kirli üretim ortamlarında yapılabilen nanokristal hafızalar, nanotransistörler ve

hata kabul eden tasarımlar sayesinde bilgi işleme teknolojilerinde yüzyılın devrimi gerçekleşebilecektir.

UNAM bünyesinde devam eden projelerde nanokristal belleklerin yüklenme ve yük tutma özellikleri çalışılmaktadır. Kullanılan malzemelerin, dielektrik katsayısının, nanokristal boyutunun, nanokristal yoğunluğunun ve aygıt geometrisinin yük taşıma özelliklerine olan etkisi deneysel ve kuramsal olarak incelenmektedir. Bu sayede, RAM bellek hızında çalışabilen fakat bilgiyi yıllarca saklayabilen hafızaların üretimine katkıda bulunmayı ümit etmekteyiz. Bunun yanında karbon nanotüp ve nanoteller kullanılarak transistör yapılarının geliştirilmesi de önümüzdeki yıllarda çalışacak olan konulardandır (Bilim ve Teknik Dergisi, Aralık 2006).

2.2.4.Yarıiletken nanokristaller

Yarıiletken nanokristaller de uzun yıllardır camlara renk vermekte kullanılmaktadırlar. Bu tip yarıiletken nanokristaller arasında CdSe (kadmiyum-selenit), CdS (kadmiyum-sülfid) en bilinenleri olup; bunlar artık şişelerde bile satılmaktadır. Mordan koyu kırmızıya kadar gökkuşağının bütün renklerinde ışıyan bu nanokristaller çok farklı uygulamalarda kullanılmaktadırlar. Bu tip nanokristallerin yüzeyi gerek kimyasallar, gerek biyolojik, gerekse başka yarıiletken veya yalıtkan malzemelerle kaplanabilmektedir. DNA'dan nanotüplere kadar birçok malzemeye eklenen nanokristaller, morötesi ışık altında ışıyarak bağlandıkları malzemelerin görüntülenmesinde önemli roller üstlenebilmektedirler. Örneğin, bir nanokristale hücrenin belirli bir proteinine bağlanacak moleküller eklendiğinde, bu parçacıklar hücre içinde farklı bölgelere bağlanmakta ve hücre içi işleyiş hakkında ayrıntılı bilgi verebilmektedirler. Hücrenin boyutlarıyla kıyaslandığında, bir nanoparçacık, araba içerisinde kaybolmuş bir karınca gibidir. Dolayısıyla bu fosforlu parçacıklar hücre içinde rahatça dolaşabilmektedirler.

Nanoparçacıklara bu şekilde değişik moleküler grupların bağlanabilmesi, oldukça fazla tıbbi uygulamada kullanılmalarına izin vermektedir. Örneğin, yakın zamanda yapılan çalışmalarda, nanoparçacıkları nanoboyutlu "Truva Atı" olarak kullanarak,

kanserli hücreleri içten çökertmenin mümkün olduğu gösterilmiştir. Bir nanoparçacığın bir nanokristalden CdSe nanoparçacıklar, morötesi ışıkla aydınlatıldığında, boyutlarına bağlı olarak farklı renklerde ışımaya yapmaktadır (<http://nanoteknolojinedir.com/?p=819>).

2.3.Nanotıp ve Biyoteknoloji

Nanoboyutlarda madde büyükten küçüğe doğru molekül-atom-atom çekirdeği şeklinde sıralanır. Maddenin fiziksel özelliklerini, atomların cinsleri ve kristal yapı içinde sıralanışları belirler. Örneğin elmas, kömür ve grafit aynı atomlardan (karbon) yapılmıştır; ancak fiziksel özellikleri birbirinden çok farklıdır. Dolayısıyla atomların kristal yapı içindeki sıralanışlarını düzenleyerek istenilen özellikte madde yapmak prensip olarak mümkündür. Çeliğin dayanıklılığını iki katı artırıp ağırlığını yarıya indirmek, kompozit malzemeler de olduğu gibi malzemeyi atomik boyutlarda kontrol edebilmekle mümkün olmaktadır. Bu özelliklere sahip çelik uzay ve havacılık sanayinde talep edilmektedir.

Hydroxyapatite kemiği meydana getiren moleküldür. Bir kalsiyum bileşiği olan bu molekülün kristalin yapısında nano boyutta değişiklikler yaparak çelik kadar dayanıklı kemik elde etmek teorik olarak mümkündür ve üretimi planlanmaktadır. Nanoss olarak bilinen bu kristal boyutları 100 nm civarındadır ve şu anda ticari bir sırdır; yakın bir gelecekte karşımıza ekonomik bir değer olarak çıkacaktır. Uygun miktarda kalsiyum fosfat ve hidroksit iyonlarının kimyasal tepkime sürecindeki asidik vasatı, sıcaklığı ve reaksiyon hızını kontrol ederek dayanıklı kemik üretilmektedir. Kemik hücreleri içinde istenilen büyüklükte, şekilde, saflıkta ve noktada nanoss kristallerini çoğaltmak mümkün olabilecektir. Hücre bu kristalleri yutarak kemik oluşturabilmektedir. Belli bir süre sonra nanosslar doğal kemikten farklı olmayan özellikleri ile kemik yerine kullanılacaklardır. Yakın bir gelecekte yaşlı veya genç kemikte meydana gelebilecek kırık çatlak gibi durumlarda nanoss transplantasyonu ve doğalından farklı olmayan kemik üretimini mümkün hale getirecektir.

Yaşayan hücre nano boyutta işlevini sürdüren biyolojik bir sistemdir. Nanoteknoloji ise bu sistemin işleyişini canlıya yarar sağlayacak şekilde kontrol altına alma çabasıdır. Nanoteknoloji sözcüğü ilk olarak Massachusetts Institute of Technology (MIT) öğretim üyelerinden Eric Drexler'in 1986 yılında yayınladığı "Yaradılışın Motoru" (Engine of Creation) adlı kitabında yer almıştır. O tarihlerde Dr. Drexler atom ve moleküllerin cinslerini ve kristal içinde sıralanışlarını düzenleyerek istenilen özellikte malzeme üretmenin mümkün olabileceğini ileri sürmüştür. Bu iddia ortaya atıldığında şüphe ile bakılmış ve bir bilim kurgusal öneri olarak değerlendirilmiştir. Zaman geçtikçe Dr. Drexler'in iddiasının bir fantezi değil gerçekleşme olasılığı yüksek bir teknoloji olduğu ortaya çıkmıştır. Canlı hücre içinde belli işlevleri yerine getirebilen moleküler boyutta biyolojik motorlar yapılmıştır (<http://www.hurriyet.com.tr/teknoloji/10734746.asp?gid=234>).

Nanobiyoloji veya nanotıp (nanomedicine) denilen bu yeni araştırma alanı hücreye, bileşenleri nanometre boyutta olan doğal bir motor gibi bakar. Doğal motor biyolojik süreçlerde proteinleri, proteinler ise hücrenin gereksinimlerine göre molekülleri ayırıştıran veya birleştiren enzimleri üretirler. Görüldüğü gibi hücre nanoboyutta üretim yapılan bir laboratuvar gibidir. Bu doğal laboratuvarın kurallarına göre oluşturulan yapay düzenekler istenilen işlevleri yerine getiren birer nanorobot gibi çalışırlar. Nanotıp bu mantık üzerine kurgulanmıştır.

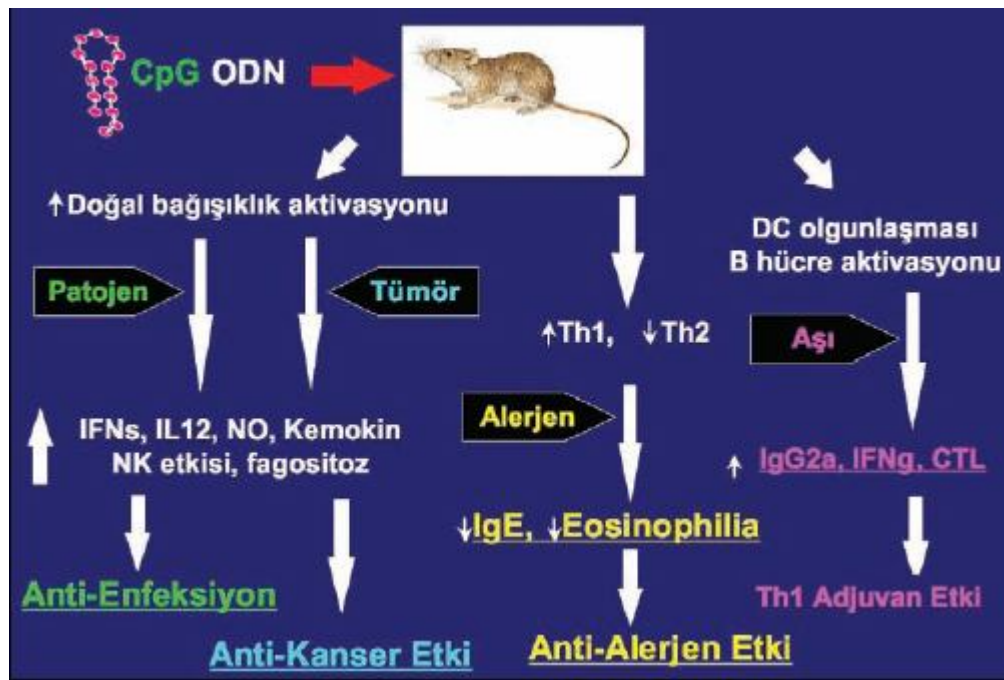
Bu yaklaşımın en tipik örneği Boston Üniversitesi öğretim üyelerinden Dr. Tejal Desai'nin şeker hastalığı için tasarladığı yapay pankreastır. İnsülin pankreasta islet hücreleri tarafından üretilir. Kobaylardan alınan bu hücrelerin insan vücudundaki yaşam süreleri sadece bir dakikadır. Dr. Desai kobaylardan alınan islet hücrelerini, gözenekleri 7 nm. olan bir zar içine yerleştirmiştir. Gözenekli zar klasik fotolitografi yöntemi ile elde edilir. Kan nano gözeneklerden geçerek islet hücreleri ile etkileştiğinde hücre insülin üretir;7 nanometre çapındaki gözenekler, ensülin ve glikozun geçmesine izin verirken boyutları 7 nm'den daha büyük olan ve islet hücrelerini öldüren vücut bağışıklık sisteminin salgıladığı antikorların geçmesine izin vermezler. Bu özelliğe sahip gözenekli zarlara sarılıp elde edilen kapsüller diabetik deney hayvanlarına transplante edildiğinde hayvanların insülin verilmeksizin yaşamlarını sürdürdükleri

gözlenmiştir. Bu tekniğin yakın bir gelecekte insanlarda uygulanacağına kesin gözü ile bakılmaktadır. Dünyadaki şeker hastalarının sayısı göz önüne alındığında, nano kökenli ilaçların ne büyük sosyal ve ekonomik değer taşıyacakları ortaya çıkmaktadır. Dünya ticaretinin önemli bir kısmını oluşturan ilaç endüstrisinde devrim niteliğinde bir değişim gerçekleşecektir. Ayrıca nano kapsüllerin gözenek çapları ayarlanarak, ilaç moleküllerinin kapsül içinden sadece ilacın taşınması gereken bölgede dışarı çıkması sağlanacaktır (<http://www.hurriyet.com.tr/teknoloji/10734746.asp?gid=234>).

Biyoteknoloji ise, hücre, doku ve organ kültürü, moleküler biyoloji, fizyoloji, biyokimya, mikrobiyoloji, moleküler genetik gibi doğa bilimleri ile temel mühendislik ve bilgisayar bilimlerinden yararlanarak, genetik ve moleküler DNA teknikleriyle bitki ve canlıların genetik haritalarını çıkartmak, çoğaltmak, ıslah etmek, değiştirmek, geliştirmek, yeni ve az bulunan ürünleri yine canlılara (organizma, hücre ve dokulara) üretmek veya bunları daha fazla elde etmek için kullanılan teknolojilerin tümüdür. Bu nedenle biyoteknoloji, doku kültürü ve genetik mühendisliği olmak üzere iki ana kola ayrılmaktadır.

Doku kültüründe hücre doku ve organlar, genetik mühendisliğinde ise DNA temel hedefdir. Tüm canlıların DNA'nın işleyişi ve temel mekanizmaları bakımından birbirine hemen hemen benzer olduğu düşünülürse, temel genetik mühendisliği tekniklerini iyi bilmek her türlü biyolojik materyal ile çalışabilmeye imkan verirken, doku kültürü uzmanlığı daha geniş bir alan istemektedir. Çünkü insan, hayvan, bitki ve mikroorganizmalarda hücre, doku ve organ işleyişi ve mekanizmaları bakımından derin farklar olabilmektedir. Oysaki bu canlıların herhangi birisinin DNA'sı bir diğerine uyum gösterebilmektedir. Dolayısıyla, canlılar hatta bir türün bireyleri arasında bile doku, hücre, organ vb. uyumsuzluklar görüldüğü halde, canlılar arasında DNA bakımından uyumsuzluk görülmemektedir. Bu da DNA'nın temel molekül olduğunu göstermektedir (<http://www.biyoteknoloji.gen.tr/biyoteknoloji.htm>). Ayrıca, kanser hücrelerinin sağlıklı hücrelere zarar vermeden öldürülmesi üzerine nanobiyoteknoloji grubu olarak çok yeni ve farklı metodlar üstünde ve sadece dünyada birkaç laboratuarda sürdürülen çok ileri düzeyde araştırmalar sürdürülmektedir. Örneğin; Bakteri DNA'sı bizim DNA'mızdan yapısal farklılıklar gösterdiğinin keşfiyle DNA moleküllerinin

bağışıklık sistemi üzerine olan uyarıcı etkisinden yararlanarak yeni DNA kökenli ilaçlar tasarlanmaktadır. Örneğin bu ilaçları yeni jenerasyon aşı geliştirmekten, anti kanser ve anti alerjik uygulamalara ve aşısı olmayan hastalıklardan immün koruyucu ajan olarak kullanmaya kadar geniş bir yelpazedeki biyo yararlılığının tesbiti için bizim bulgularımızı temel alarak klinik faz çalışmaları yurt dışındaki bazı merkezlerde başlatılmıştır (Şekil 2.3.) (Bilim ve Teknik Dergisi, Aralık 2006).



Şekil 2.3. DNA'ların değişik uygulamaları.

2.3.1. Doku mühendisliği ve nanoparçacıklar

Doku mühendisliği, hiç kuşkusuz günümüzde biyotıpta en popüler alanı oluşturmaktadır. Doku mühendisliğinin temel hedefi, doku ve/veya organ hasarı veya kaybı durumunda kullanılmak üzere laboratuvar koşulunda organ veya doku oluşturmaktır. Böylelikle, yakın bir gelecekte, mühendislik harikası dokular sayesinde organ nakline gerek kalmayacaktır. Hücrelerin kültür ortamında dokuları oluşturacak şekilde geliştirilmesi, birkaç saniye sürebileceği gibi haftalarca uzayabilen bir işlemde

olabilir. Bu da, dokunun tipiyle ve boyutlarıyla yakından ilişkilidir. 0.0001 cm'den 10 cm'ye kadar değişebilen boyutlarda doku üretilmesi mümkündür.

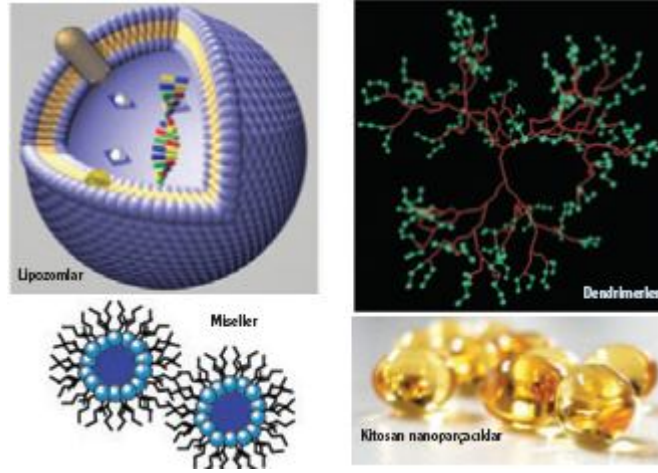
“Doku Mühendisliği” terimi ilk olarak 1987'de California Üniversitesi'nden (San Diego) Dr. Y. C. Fung tarafından NSF'nin (National Science Foundation) bir toplantısında dile getirilmiştir. Bilimsel çevrelerin “doku mühendisliği” konusuna odaklanmasında ise iki makale çok etkili olmuştur. Bunlardan biri Neren tarafından 1991'de “hücre mühendisliği” konusunda, diğeri ise Langer ve Vacenti tarafından 1993'te Science dergisinde “doku mühendisliği” başlığı altında yayınlanmıştır. Temel bilimciler, malzeme bilimcileri, mühendisler, hücre biyologları ve klinisyenlerin ortak çabaları ile günümüzde doku mühendisliği bütünüyle disiplinler arası bir alan haline gelmiştir. şuanda doku mühendisliğinde başlangıç aşaması geride bırakılıp klinikte kullanılabilecek çeşitli ürünlerin üretilbileceği aşamaya gelinmiştir. Doku mühendisliğinin ilk ticari ürünü olarak nitelendirebileceğimiz deri dokusu, içlerinde ABD ve İngiltere'nin de yer aldığı pek çok ülkenin market raflarında yerini almıştır. Kıkırdak, geçici karaciğer-destek sistemleri ve pankreas konusunda klinik çalışmalar halen devam etmektedir. Kemik, karaciğer, kornea, sinir, kalp kapakçıkları, boşaltım sistemi, damarlar ve diğer birçok yumuşak doku üzerinde araştırmacılar yoğun biçimde çalışmalarını sürdürmektedirler.

Doku mühendisliği için değişik tanımlamalar yapılmaktadır. Ancak, en kabul gören tanım, biyomalzeme, hücre ve biyosinyal moleküllerini tek başlarına veya birlikte kullanarak canlı dokuların tamiri veya yeniden yapılanması için biyoloji, kimya ve mühendislik ilkelerinin uygulanmasıdır. Bu tanıma göre doku mühendisliği için dört yaklaşım mevcuttur. Birinci yaklaşım, yeni dokunun oluşumu için yalnızca biyomalzeme kullanırken, “hücre nakli” olarak adlandırılan ikinci yaklaşım, yalnızca hücreleri kullanarak tedaviyi gerçekteştirmeyi amaçlamaktadır. Doku mühendisliğinde kullanılan hücreler, canlı dokulardan yalıtılan hücreler olabileceği gibi, genetik olarak işlem görmüş hücreler de (bu durum gen tedavisi olarak adlandırılır) olabilir. Üçüncü yaklaşım da, biyomalzeme ile biyosinyal moleküllerini (yapışma ve büyüme faktörleri) kullanılmaktadır. En çok üzerinde çalışılan yaklaşım dördüncü yaklaşımdır. Dördüncü yaklaşım, biyomalzeme, hücre ve biyosinyal moleküllerinin üçünü bir arada

kullanarak doku oluşturmaya hedeflemektedir. Hücre üremesini yeni doku veya organları oluşturacak şekilde yönlendirmek ve gerekli mekanik desteği sağlamak için biyomalzemelerden 3-boyutlu doku iskeleleri (tissue scaffold) üretilmektedir. Ayrıca gerçek doku mikro çerçevesindeki mekanik kuvvetlere benzer etkilerin sağlanabilmesi için çeşitli biyoreaktörler kullanılmaktadır. Dolayısıyla doku mühendisliği için dört temel bileşenin gerekli olduğunu söyleyebiliriz. Bu dört temel bileşen ise; doku iskelesi, işlevsel hücreler, biyosinyal moleküller ve dinamik kuvvetlerdir.

Çok yakın bir zamana kadar gerçek boyutta organ sistemlerini oluşturmak üzere doku mühendisliği çalışmaları yalnızca “makro ölçekte” gerçekleştirilmiştir. Hücrelerimiz genelde 10 mikrondan (1 mikrometre=1000 nanometre) büyük boyuttadır ve doku iskeleleri de 100 mikrometre üzerindeki boyutsal ayrıntılara sahiptir. Fakat dokunun işlevsel birimlerini oluşturmak için hücresel boyutun altında yapılar (0.1-10 mikrometre arası) ve nanoyapılar (1-100 nanometre) gereklidir. Böylelikle hücresel çevre, hücre-hücre ve hücre-molekül etkileşimleri kontrol edilebilir. Nanoteknolojiyi kullanarak biyolojik ve fiziksel özellikleri kolayca tahmin edilebilen doku mühendisliği ürünleri üretilebilir. Bu nedenle doku mühendisliğinin nanoteknolojik boyutta gerçekleştirilebilmesi büyük önem taşımaktadır (Şekil 2.4.).

Tıp ve elektronik alanda yaygın kullanıma sahip olan nanoparçacıklar, doku mühendisliğinde kullanılan nanoyapıların da başında gelmektedir. Boyutları 100 nm'den küçük olan bu yapılar, kan dolaşımında çökmeden hareket edebilmekte ve mikrovasküler yapılardan rahatlıkla geçebilmektedirler. Bu özelliklerden dolayı, doku mühendisliği çalışmalarında, büyüme faktörlerinin taşınmasında ve salınımında sıklıkla tercih edilmektedirler. Yine boyutlarından dolayı, hücre içine çok kolay alınabildiklerinden, hücrelerin işaretlenmesinde de nanoparçacıklar kullanılmaktadır. Yapılacak çalışmanın amacına göre, geniş yüzey alanına sahip bu yapıların çeşitli malzemelerle kaplanarak yüzey özelliklerinin değiştirilmesi ve seçilen antikor ya da peptid yapılarının yüzeye bağlanması söz konusu olabilmektedir. Böylece nanoparçacıkların sadece hedeflenen hücre ve dokularla etkileşmesi sağlanmaktadır.



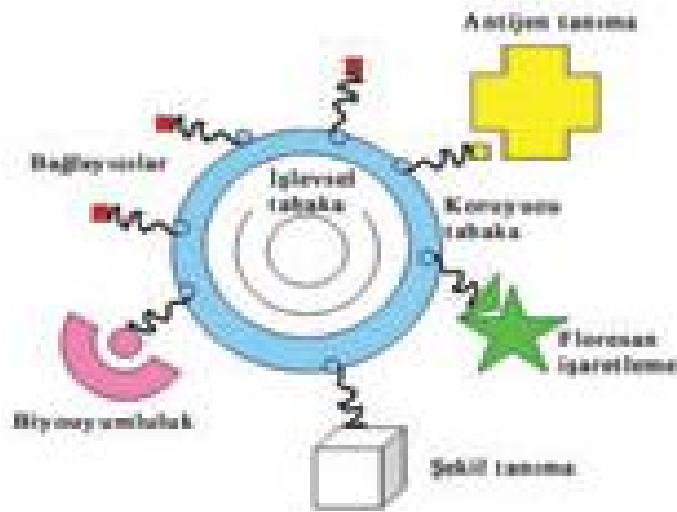
Şekil 2.4. Doku mühendisliğinde nanoparçacıklar.

İnorganik malzeme veya polimerden oluşan bir merkezi kısma sahip olan nanoparçacıkların şekilleri çoğunlukla küresel fakat silindir veya diğer şekillerde de olabilmektedir. Miseller, lipozomlar, dendrimerler, polimerik kapsül ve küreler tipik örnekleridir. Nanoparçacıkların birçok karakteristik özelliklerinden olan boyutu, biyolojik uygulamalar için tek başına yeterli olmamaktadır. Bu nedenle, nanoparçacıklar, optik, manyetik ve tanıyıcı özellikler kazanmak üzere modifiye edilebilmektedir ve ayrıca biyoyumlu hale getirilebilmektedir. Bu amaçla her iki ucunda reaktif gruplar bulunan bağlayıcı moleküller kullanılmaktadır. Uçların biri nanoparçacık yüzeyine bağlanırken, diğerleriyle amaca uygun moleküllerin (örneğin biyoyumlu gruplar, antikolar, floroforlar vb.) yüzeye bağlanması gerçekleştirilmektedir (Bilim ve Teknik Dergisi, Ekim 2007).

2.3.2.Kemik implantları

Kemik, kollajen içerikli organik matris içinde bulunan hidroksiapatit (HA) kristallerinden oluşan bir malzemedir. Mekanik olarak sert ve aynı zamanda plastik olan bu yapı dış müdahaleler karşısında kendini iyileştirebilmektedir. Doğal kemik yüzeyinde yaklaşık 100 nm büyüklüğünde pürüzler bulunmaktadır. Kemik doku hasarlarında yaygın olarak kullanılan kemik implantlarının yüzeylerinde bu tür nano ayrıntıların yer alması çok önemlidir. İmplant yüzeyi pürüzsüz olursa, vücut implantı

reddetmeye çalışacaktır. Çünkü pürüzsüz yüzey, implant yüzeyini kaplayan ipliksel doku üretimini tetikleyecektir ve oluşan bu tabaka kemik-implant etkileşimini azaltarak implantın dayanımının azalmasına ve ileri aşamada da enfeksiyona neden olabilecektir. Kalça ve diz protezlerinin yüzeyinde nano büyüklükteki parçacıkların oluşturulmasıyla, vücudun implantları reddetme riskinin azaldığı ve ayrıca osteoblast (kemik büyümesini ve gelişimini sağlayan hücreler) üretimini teşvik edildiği araştırmacılar tarafından kanıtlanmıştır (Şekil 2.5.) (Bilim ve Teknik Dergisi, Ekim 2007).



Şekil 2.5. Tıbbi ve biyolojik uygulamalarda kullanılan nanoparçacıklar.

Titanyum, ortopedide ve dişçilikte yaygın biçimde kullanılan en iyi bilinen bir kemik onarıcı malzemedir. Yüksek kırılma dayanımına, işlenebilme özelliğine ve yüksek ağırlık/dayanım oranına sahiptir. Ne yazık ki, yeterli biyoaktiviteye sahip olmadığından hücre yapışmasını ve büyümesini desteklememektedir. Öte yandan apatit kaplamaların biyoaktif olduğu ve kemiğe bağlandığı bilinmektedir. Bu bilgi ışığında, titanyum üzerine apatit kaplama yapmak üzere birkaç teknik kullanılmıştır. Ancak bu kaplamalar kalın oluşları, homojen dağılmayışları, zayıf yapışma ve düşük mekanik dayanım gibi dezavantajlar içermektedirler. Başarılı bir yaklaşım, vücut-benzeri sıvı (synthetic body fluid, SBF) ile etkinleştirilen titanyum yüzeyinde nano yapıli apatit

filmin büyütülmesiyle gerçekleştirilmiştir. 60 nm boyutlu kristallerden oluşan film kararlı bir nano yapı sergilemiş ve biyoaktivite göstermiştir. Bu şekilde hazırlanan apatit kaplamalar yalnızca implant malzemelerin iyileştirilmesinde değil, kemik dokusunun oluşumunda kullanılan doku iskelelerinin geliştirilmesinde de etkindir (Bilim ve Teknik Dergisi, Ekim 2007).

2.3.3.Biyotehiste Nanoyapılar

Nükleik asit dizilimi her organizma için (bakteri, virüs veya patojen) özgüdür ve çeşitli hastalıkların teşhisi için kullanışlı bir hedeftir. Hızlı dizi analizi olanaklarının gelişmesi sayesinde birçok hastalık ve ayrıca biyoterör saldırıları için DNA dizi bilgisi elde edilebilmektedir. Bu hastalıklarla tıbbi alanda daha etkili bir mücadele ve biyoterör saldırılarına karşı daha hızlı cevap için, DNA işaretlerinin erken ve doğru teşhisi çok önemlidir. Bu alanda kimyacılar, biyokimyacılar ve fizikçilerden oluşan disiplinlerarası araştırma grupları “moleküler florofor” (flofor: floresans yapan maddeler) tayinine bağlı polimeraz zincir tepkimesi (PCR) ile etkin olarak rekabet edebilecek, nanomalzemeleri kullanan tayin yöntemleri geliştirmeye çalışacaktır. PCR, yani olası hedefin parçalarını çoğaltmaya yarayan teknoloji, duyarlılık bakımından hassas bir yöntemdir. Ancak kontaminasyonlara duyarlı ve karmaşık olması, maliyeti, taşınma sorunu ve aynı anda birçok analize olanak vermemesi gibi dezavantajlara sahiptir. Birçok araştırmacı bu teknolojiyi, örneğin bir doktorun muayenehanesinde, savaş alanında, üçüncü dünya ülkelerinde ve biyoteröre karşı ilk savunma aşamasında kullanmanın güçlüklerini yaşamıştır. Bu kısaltmalar ucuz, tek kullanımlık, hızlı ve doğru sonuç veren ve kullanım becerisi gerektirmeyen teşhis yöntemlerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Nanomalzemelerin nükleik asit tayininde PCR ve moleküler flofor teknolojileriyle yarışabilmesi için bu sorunların çözülmesi gerekmektedir. Bazı proteinlerin anormal miktarları sıklıkla çeşitli kanser türlerinin ve diğer hastalıkların varlığını işaret etmektedir. Ancak, mevcut yöntemler, sadece proteinlerin belirli bir eşik düzeyini aşmalarının ardından teşhise olanak vermektedir. Genellikle de bu düzeylerde hastalık önemli derecede ilerlemiştir. Protein işaretlerinin daha erken dönemde teşhisine olanak verecek daha duyarlı bir yöntemin geliştirilmesi, hastalıkların tedavisinde, hastalıkların yaşam sürelerinin uzatılmasında ve ölüm

oranlarının azaltılmasında muhtemel bir devrim niteliğinde olacaktır. Protein teşhisi alanında mevcut yöntem, pikometre düzeyinde tayin olanağı sağlayan, florofor etkisiyle de çalışabilen enzim bağlı immünosorbent testidir (ELISA). Protein teşhisi alanında PCR'a eşdeğer bir yöntem mevcut değildir. Ancak, moleküler floroforların tayininde pahalı cihazlara ihtiyaç duyulması önemli bir dezavantaj olmaktadır. Bu kısıtlamalar nedeniyle daha ucuz ve taşınabilir sistemler kullanışlı olacaktır. Protein teşhisi alanında nanomalzemelerin, rekabetçi olması için moleküler floroforların kullanımıyla ortaya çıkan bu kısıtlamaları aşması gereklidir.

Tüm floroforlar biyoteşhis ölçümleri için uygun ajanlar olmadığı gibi, tüm nanomalzemelerin de biyotayin için avantajlı olduğu söylenemez. Bazı nanomalzemeler, küçük boyutları (1-100 nm) ve buna bağlı olarak geniş yüzey/hacim oranları; kimyasal olarak değiştirilebilir, boyut, bileşim ve şekil gibi fiziksel özellikleri; olağanüstü hedef molekül bağlama kapasiteleri; dayanıklılıkları nedeniyle oldukça çekici adaylardır. Nanomalzemenin içyapısına göre boyutu daha önemlidir. Çünkü hedef molekülün bağlanması nanomalzemenin fiziksel özelliklerinde önemli değişiklikler yapar ve böylelikle sinyal üretimi içyapıdan bağımsız olarak sağlanabilmektedir. Değiştirilebilir fiziksel özellikler, nanomalzemelerin önemli bir özelliğidir. Aslında nanomalzemeler ile biyoloji, nanoparçacıkların biyobağlanma ve hücresel etiketleme ajanı olarak kullanıldığı uzun bir geçmişe sahiptir. Ancak, nanomalzemeler için yeni sentez, işleme ve karakterizasyon yöntemleri, boyutları, şekilleri ve bileşimleri ile ilgili değişikliklerinin, dolayısıyla özelliklerinin kontrolünün mümkün olduğunu ortaya koymuştur. Nanomalzemelerin fiziksel özelliklerinin kontrol edilebilmesi, biyoteşhis uygulamalarında kullanılabilmesi için gereklidir. Metal nanoparçacıklar ve kuantum noktalarının boyut, şekil ve bileşimleri sistematik olarak değiştirilebilmektedir ve özgün emisyon, soğurma ve ışık saçılma özelliklerine sahip, çoklu analizlere uygun yapılar oluşturulabilmektedir. Nanotel ve nanotüp gibi nanomalzemelerin bileşimi de kontrol edilebilmektedir ve dolayısıyla hedef analit varlığında iletkenlik özelliklerindeki değişimin ölçülmesine olanak sağlanmaktadır. Ayrıca, yüzey modifikasyonu için geliştirilen araçlar ve yöntemler, biyomoleküllerin nanoölçekli analizinde ilerlemeler sağlamıştır. Bu olanakların her biri araştırmacıların PCR ve ELISA'nın moleküler florofor temelli yöntemleriyle rekabet edecek yeni

analizlere ve gelişmiş sinyal iletim yollarına yönelmelerini sağlamıştır (Bilim ve Teknik Dergisi, Mart 2010).

2.3.4.Nanorastalar

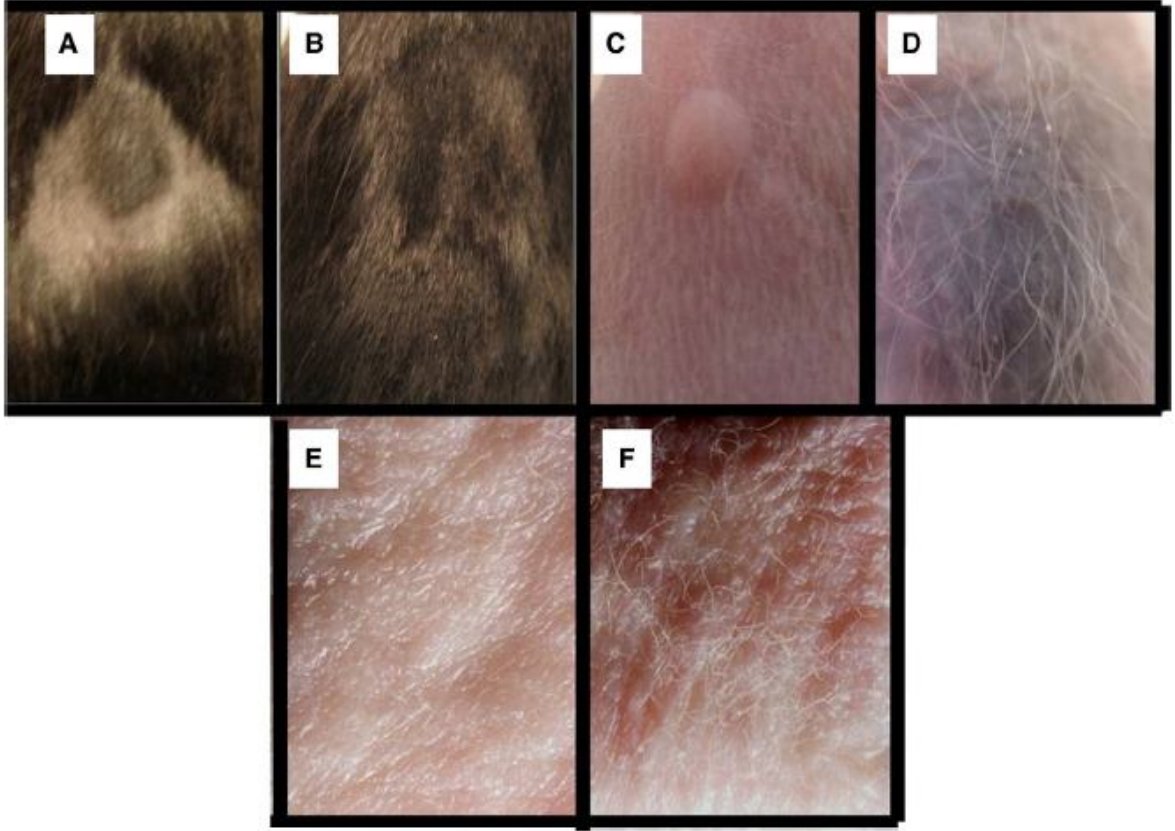
Nanorastalarla çalışan bilim adamı Aizenberg'in en çok ilgisini çeken olgulardan biri de doğadaki, değişen çevresel işaretlere cevaben davranışını optimize eden, uyum sağlayabilen malzemelerdir. Deniz kestaneleri ona bu konuda esin kaynağı olan canlılardan biridir. Bu canlılarda sürekli açılıp kapanarak canlıyı kirlenmeye karşı koruyan, mikro çiçek olarak tabir edilen yapılar bulunmaktadır. Aizenberg ve ekibi bu olgudan esinlenerek, uçucu bir sıvıya batırıldığında kendiliğinden kıvrılarak düzgün sarmal demet dizileri oluşturan nano tüyler geliştirmişlerdir. İşleme epoksi reçineden ürettikleri, 300 nanometre kalınlığında, 4-9 mikrometre uzunluğundaki nano tüylerle başlamaktadır. Bunlar bir etil alkol su karışımına batırılıp çıkarılarak kurumaya bırakılmaktadır. Sıvı buharlaştıkça sıvının yüzey gerilimi, kılcallık etkisi sonucu tüyleri bir araya getirmektedir. İlk önce dörtlü bir tüy grubu birbirine sarılmakta, sıvı daha da buharlaştıkça bu dörtlüler ve sırasıyla onların oluşturduğu sarmallar da birbirine sarılarak daha geniş sarmallar oluşturmaktadır. Aizenberg bunu ıslak kıvrıcık saç demetlerinin bir araya gelip kıvrılarak rastalar oluşturmalarına benzetmektedir, hatta bu nedenle oluşan yeni yapılara nanorasta denilmektedir.

Aizenberg ve ekibi nano tüylerin geometrisini özel şekilde tasarlayarak nano tüylerin kıvrılma yönünü (yani saat yönünde ya da tersi oluşu) de kontrol edebilmektedirler. Tutarlı bir kıvrılma yönü Aizenberg'in düşündüğü bazı uygulamalar için önem taşımaktadır. Bu sarmalların boyutları görünen ışığın dalga boyuyla (yaklaşık 400-700 mikrometre) karşılaştırılabilecek kadar küçük olduğu için sarmal demetlerinin ışığı ilginç biçimlerde etkileyebileceğini düşünmektedirler. Nitekim Aizenberg ve ekibi sarmallar oluşurken malzemede renk değişimleri gözlemlemişlerdir. Nano tüylerle yaptıkları başka deneyler sonucunda bu yapıların küçük kürelerin etrafını da sarmaladığını görmüşlerdir. Bu özelliğin de yeni yapışkan malzemeler geliştirmede ya da ilaçları vücuttaki belirli bölgelerde salınmak üzere hapsetmede kullanabileceğini düşünmektedirler.

Aizenberg bu tip yapıların ileride ayrıca çevre koşullarına uyum sağlayabilen mimari yapılarda da yararlı olabileceği, örneğin yağmur işlemeyen, buz tutmayan ya da sıcaklık değişimlerine göre kalınlaşıp incelebilen bina kaplamalarının tasarlanmasına imkan verebileceğini düşünmektedir. Üstelik bunların renk değiştirme özellikleri de bulunabileceğini, bununda sadece estetik açıdan değil örneğin hasarlı kısımları belli edebilme gibi işlevler açısından da faydalı olabileceğini öngörmektedir (Bilim ve Teknik Dergisi, Mart 2010).

2.3.5.Nanomalzemelerle saç gelişimini etkili hale getirmek

Saç dökülmesi bireylerde genellikle stresten kaynaklanmaktadır. Bu çalışmanın amacı fullerene nanomateryalinin saç gelişimi üzerindeki etkisini incelemektir. SKH-1 traş olan farelerde “kel” kullanılmaktadır. Fullerene tabanlı birleşimi saç gelişiminde (saç uzaması) kıl köklerini etkileyebilmektedir. Sadece vehkül (ilacın içilmesini kolaylaştıran, şurup v.s.) alan farelere göre fullerenes ile gelişimi arttırmak için traş olan farelerle karşılaştırılmıştır. SKH-1 tüysüz farelerde kullanıldığında belirgin saç uzaması olduğu gözlemlenmiştir. Bu fulerene tedavisinde saç köklerinde önemli bir artış ile paralel olarak bu gelişmeler yalnız taşıyıcılar ile karşılaştırılmıştır. Bu deney ayrıca fullerenes ile insan derisinde saç gelişimini arttıran kültür ortamında yapılmaktadır. Saç dökülmesi ile ilgili geniş çaplı araştırmalar yapılmıştır. Önde gelen nedenlerden biri olan kemoterapi dahil olmak üzere, saç dökülmesinin nedenleri kimyasal reaksiyonlardır (Şekil 2.6.) (Experimetal, Nanomedicine, Medicine, www.nanomedjournal.com).



Şekil 2.6. Saç dökülmesi.

Saçın gelişimi üç aşamada gerçekleşmektedir. Bu aşamalar; büyüyen bir gelişme fazı olan anagen, dönme fazı olan catogen ve dinlenme fazı olan telogendir. İnsan saç derisinin gelişimi 3-6 yıl arasında değişmektedir. Her aşamasında dönüşümler vardır. Yerel sinyal ortamlarındaki değerler ile kontrol ifadeleri çeşitli sitokinler içindeki aktivitesine dayalı değişiklikler; hormonlar, nörotransmitter ve enzimlerdir. Bunlar saç kökü döngüsüne sebeptir. Saçın, saç kökleri kontrolleri oldukça geniş klinik muayene ile ilgilidir. Çünkü saç dökülmesi erkek ve kadınlarda ortak sebep ve hastalık sonucu terapi tedavisi amaçlanmaktadır. Saç kaybının nedeni belirli hastalıklardır. Saç dökülmesi diye basite indirgenen döngünün ana kontrol noktası moleküler mekanizmadır. Şimdiye kadar saç kökleri oluşumunu başlatmak için hiçbir şey bilinmemekteydi. Fullerenes karbon küredir ve gerçek özellikleri (vücut içerisinde olan değişmelerle meydana gelen) bu tedavi edici potansiyel için bir bozukluk oluşturabilmektedir. Bu saç gelişimine ve saç köklerinin yeniden oluşumuna ön ayak

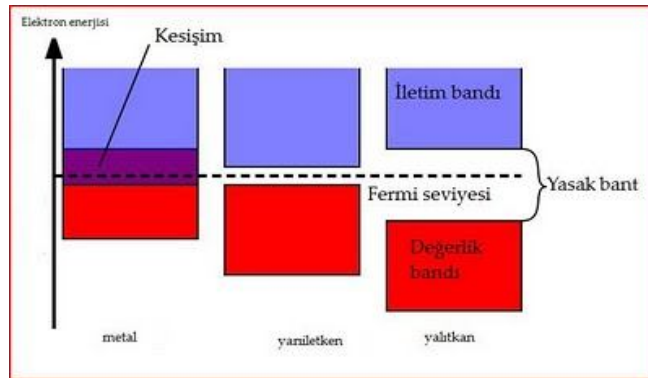
olan asıl sebep altında yatan fullerenes etkileri olabilir. Moleküler sinyallerin çokluğu göz önüne alınarak etkileri olabilmektedir. Burada insan dersinde ve farede tüylerin uzamasına bağlı olarak fullerene türevlerinin hızlandırılması anlatılmaktadır. Ancak bu moleküller, saç köklerini arttırmak amacıyla uygulanan fare derisinin genetiğinde yetersiz kalmıştır (Bilim ve Teknik Dergisi, Mart 2010).

2.4.Kuantum Nanoparçacıkları ile Nanobiyoteknolojik Uygulamalar

Basit bir tanımla başlarsak; kuantum noktacıkları ya da nanokristaller büyüklükleri 2-10 nm arasında değişen bir yarıiletken türüdür. Boyutlarının küçük olmasından dolayı kuantum noktacıklarının özellikleri üzerinde kolayca oynanabilmekte ve bu parçacıklar yeni uygulamalarda kullanılabilirler. Kuantum noktacıklarının özellikleri en çok boyut ve içerdiği atomlara bağlıdır.

2.4.1.Değerlik bandı

Katılarda değerlik bandı mutlak sıfırda elektronların bulunduğu yerlerdeki elektron enerjilerinin oluşturduğu aralıktır. Yarıiletkenlerde ve yalıtkanlarda, iletkenlik bandının üzerinde yasak bant ve bu boşluktan sonra iletkenlik bandı vardır. Yasak bant, ise serbest elektronun bulunma olasılığının sıfır olduğu yasak enerji düzeylerinin tümünün adıdır. Metallerde iletkenlik bandı ile yalıtkanlık bandı arasında boşluk yoktur (Şekil 2.7.).



Şekil 2.7. Metaller, yarıiletkenler ve yalıtkanlarda enerji-bant diyagramları.

Yarıiletkenlerde ve yalıtkanlarda düşük seviyede iletkenlik görülmesi değerlik bandının özelliğinden dolayıdır. Elektronların sayısı ile değerlik bandındaki durum sayısı eşit olduğundan, bir elektrik alan uygulandığında elektronlar iletim bandına geçemezler, yani enerjilerini artıramazlar; sonuç olarak akım oluşmaz (<http://nanoturkiye.blogspot.com/2008/06/nano-101-kuantum-noktaciklari-2.html>).

2.4.2.İletim bandı

Yarıiletkenlerde ve yalıtkanlarda, iletim bandı değerlik bandından daha yüksekte olan ve elektrik alanı uygulandığında elektronları hızlandırmaya yarayan, yani elektrik akımı üretmeye yarayan, elektron enerjisi aralığıdır. Doğal bir yarıiletkende, elektronların çok az bir kısmı iletim bandında, geri kalanı (çoğunluk) ise değerlik bandında bulunur. Değerlik bandındaki bir elektronun iletim bandına geçebilmesinin tek yolu, yasak bandı geçecek kadar enerji almaktır. Normal halde hiçbir elektron bu seviyede bir enerjiye sahip değildir. Isı, voltaj, foton uygulayarak bazı elektronların iletim bandına geçmeleri sağlanabilir. İletim bandına geçen elektronlar orada çok az durur ve hemen gene değerlik bandına dönerler. Elektronun değerlik bandındaki eski yerine ise “hole (delik)” denir. Bu animasyon delik kavramını daha iyi açıklamaktadır.

2.4.3.Eksiton

Enerji verilerek iletim bandına geçen elektronla, “delik” çiftine verilen addır. Büyük ve direkt geçişli yasak enerji aralığına sahip II-VI bileşikleri farklı uyarma biçimleri altındaki floresans davranışlarını incelemek için çok sık kullanılmaktadır. Bu materyallerin en önemli özelliği bağlarında eksiton oluşmasını teşvik eden iyonik malzeme olmaları ve yalnızca n-tipi olmaya yatkınlıklarıdır. Böylece banttan banda geçiş şeklindeki rekombinasyonun gerçekleşme olasılığı en aza inmektedir. Bunun yanında serbest eksiton, bağlı eksiton, serbest elektron-akseptör ve donör-akseptör geçişli rekombinasyonlar da azalmaktadır. Uyarılmamış durumda fosforun iletkenlik bandında serbest elektronlar bulunacak, fakat serbest boşluklar bulunmayacaktır. Optiksel uyarma ile yaratılan boşluk azınlık taşıyıcıları II-VI materyallerinde kısa ömre sahiptirler ve bir boşluk bir eksiton oluşturarak bir elektrona bağlı hale gelmektedirler.

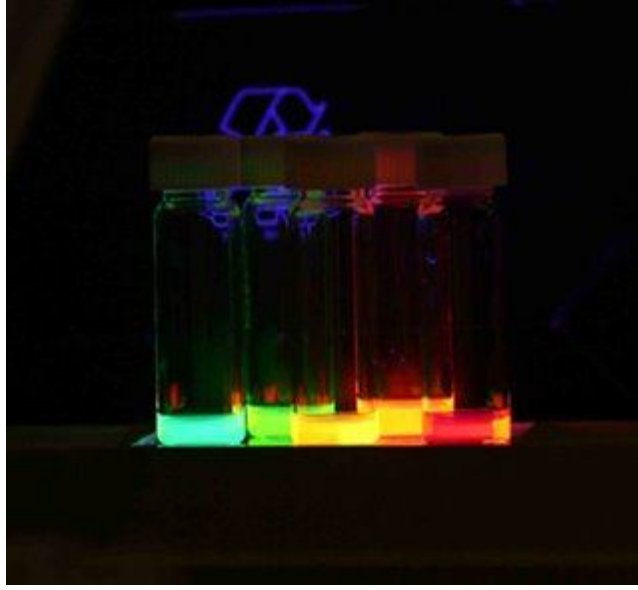
Eksiton absorpsiyonunda, elektron ve boşluk birbirine bağlı olarak kalır. Bunların ayrılması için gereken enerji serbest elektron ve boşluk yaratmak için gerekli enerjiden daha küçüktür (sciart.karaelmas.edu.tr/bolumler/fizik/kisisel/T.../Materyal6.doc).

2.4.4.Kuantum hapsi

Eksitonları oluşturan elektron ve delik arasındaki uzaklığa Eksiton Bohr yarıçapı (0.529 A^0) denir. Bu uzaklık her malzeme için farklıdır. Büyük boyutlarda, yarıiletkenin kristali Eksiton Bohr yarıçapından çok daha fazladır; böylece eksiton doğal büyüklüğündedir. Eğer yarıiletkenin kristal boyutu Eksiton Bohr yarıçapına yaklaşırsa, o zaman enerji seviyeleri sürekli yerine ayrık kabul edilmektedir. Artık enerji seviyeleri arasında küçük ayrıklar vardır. Bu ayrık enerji seviye durumuna kuantum hapsi denir. Bu koşullarda yarıiletken malzeme artık büyük boyutlardaki hali gibi davranmayı bırakır ve kuantum noktacığı olarak adlandırılır.

2.4.5.Enerji seviyeleri ile oynanması

Kuantum noktacıklarının enerji seviyeleri ayrık olduğu için kuantum noktacığına atom ekleyip çıkarma yasak bölgenin sınırlarını değiştirmektedir. Kuantum noktacığının yüzey geometrisini değiştirmek de yasak bölge enerjisini değiştirmektedir. Atom ekleme çıkarma yöntemi ile istediğiniz renkte kuantum noktacığı oluşturulabilmektedir. Şekil 2.8.'de tüplerin içinde aynı malzemenin farklı renkteki halleri gösterilmektedir (<http://nanoturkiye.blogspot.com/2008/06/nano-101-kuantum-noktaciklari-2.html>).



Şekil 2.8. Nanotüp içindeki aynı malzemenin farklı renkteki halleri.

2.4.6.Kuantum mekaniği ve nanoparçacıkların tıpta kullanımı

Bildiğimiz birçok molekül de nanoyapı tanımına girmektedir. 20. yüzyılın başlarında maddeyi oluşturan parçacıklardan, örneğin elektronların hem parçacık hem dalga gibi davrandığı, yine bu ölçeklerde belirsizlik kuramının geçerli olduğu saptanmıştır. Bu temel öğelerden doğan kuantum mekaniği sayesinde atom ve moleküller doğru olarak algılanıp anlaşılmış olup, temel bilimler ve ilgili teknolojiler hızla gelişmiştir.

Kuantum mekaniği sayesinde, atomun enerji durumlarının neden kesikli olduğu, katıların klasik parçacık kuramı kullanarak hesaplanan bazı temel elektronik ve manyetik özelliklerinin neden gözlemlerden büyük sapmalar gösterdiği, artık bir bilmece olarak kalmaktan kurtulmuştur. Kuantum mekaniğine paralel olarak 20. yüzyılın ilk ve ikinci çeyreğinde makine imalat sanayinde de önemli gelişmeler yakalanmıştır. Bu gelişmelerden daha sonra yeni bir sanayi devrimi ortaya çıkmıştır. Klasik mekaniğin geçerli olduğu imalat sanayinde kullanılan malzemelerin atomsal yapısı, mekanik, elektronik ve manyetik özellikleri ancak kuantum mekanik sayesinde anlaşılmıştır. Bu bilgiler ışığında yeni malzemeler de geliştirilmiştir. En önemlisi,

yarıiletken malzemeler, özellikle silisyum teknolojisi önem kazanıp, mikroelektronik sanayi hızla gelişmeye başlamıştır.

Nanoparçacıkların dışının kaplanması, onları hücre için daha az zararlı hale getirmektedir. Nanoparçacıklar, dış yüzeylerine eklenen proteinler yardımı ile değişik proteinlere bağlanarak hücre içi işlevsel görüntülemeye kullanılmaktadırlar. Tümör hücreleri büyük bir iştahla folik asiti emerken, beraberinde zehir moleküllerini de içeri alırlar ve bu yolla sağlıklı hücrelere çok daha az zarar vererek, yalnızca kanserin tedavi edilmesi yolunda adımlar atılmıştır (www.saglikhayat.net/nano-teknoloji-ile-kansere-erken-teshis.html).

Emory Kanser Nanoteknoloji Merkezi Direktörü Prof. Dr. Shuming Nie, son araştırmasında nadir kanser hücrelerini tespit etmeyi başarmıştır. Nanoteknoloji ile kanser görüntüleme, moleküler tanı ve hedefli tedavi uygulamaları için yaptığı araştırmalarla dikkati çeken ve ABD Ulusal Kanser Enstitüsünün de destek verdiği Prof. Dr. Shuming Nie, ABD-Türkiye İleri Araştırmalar Enstitüsü'nün Antalya'nın Kumluca ilçesine bağlı Adrasan beldesinde düzenlediği "Global Sağlıkta Fırsatlar ve Zorluklar" konulu foruma katılmıştır. Türkiye'ye ilk kez gelen biyomedikal ve kimya mühendisi Prof. Dr. Nie, milimetrenin milyonda biri büyüklüğündeki yapılara yeni sentez özellikleri kazandıran nanoteknoloji ile kanserin erken teşhisi ve tedavisi için değişik ülkelerdeki laboratuarlarda yürütülen çalışmaların devam ettiğini söylemiştir. Araştırmalarıyla nanoparçacıklarının tıpta kullanımına büyük katkı yapan Nie, kanser hastalarında erken teşhisin önemine işaret etmiştir. Moleküler seviyedeki yeni teknolojilerin kanserin erken teşhisi ile birlikte tedavisi için de umut taşıdığını belirten Nie, "Tedavide iki şey yapmak istiyoruz; ilki ameliyat sırasında sadece tümörleri vücuttan kazımak, ikincisi ise kişiden alınan moleküllerle ona özel ilaç geliştirmek" olduğunu söylemiştir. Nano parçacıklar ile geliştirilecek kişiye yönelik ilaçların sağlık harcamalarını da düşüreceğini ifade eden Nie, nanoparçacıkların kanserin erken teşhisine yönelik ilk klinik uygulamalarına başlamıştır. Nanoteknolojinin tıpta kullanımının politik malzeme yapılmamasının önemine işaret eden Nie, her ülkede bu tanı ve tedavilerin standardize edilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Prof. Dr. Nie, son olarak hodgkin (hoçkin) hastalığı olarak da bilinen hodgkin lenfomanın erken teşhisine

yönelik çalışmasıyla dikkati çekmiştir. Nie'nin de aralarında bulunduğu Emory ve Georgia Tech bilim adamları, kuantum noktalar olarak bilinen ayarlanabilir floresan (fosforlu) nano parçacıkların nadir görülen kanser hücrelerini tespit edebildiklerini ispatlamışlardır.

Farelerde yapılan araştırmada, antikora bağlanan çok renkli kuantum noktalarının, hodgkin lenfomasının karakteristik özelliği olan reed sternberg hücrelerini nasıl ayırt ettikleri gösterilmiştir. Kuantum noktaları ışıkla etkileştiklerinde değişik renklerle kanserli fare hücrelerini göstermiştir. Kullandıkları çok renkli kuantum nokta lekeleme metoduyla kötü huylu kanser hücrelerinin, heterojen doku örneklerinden hızlı ve doğru bir şekilde ayırt edildiğini belirten Nie, bu yöntemin hodgkins ile sınırlı olmadığını, kanser kök hücrelerinin teşhisini de sağladığını kaydetmiştir. Nanometrik büyüklükte yarı iletken kristaller olan kuantum noktalarının benzersiz kimyasal ve fiziksel özellikler taşıdıklarını dile getiren Nie, bunların kanserli hücrelerin yüzey veya içyapılarındaki moleküler oluşumu saptayan antikora kimyasal yolla bağlanabildiklerini söylemektedir. Nie, kuantum nokta ile yüzey veya genetik esaslı kanser hücrelerinin ayırt edilebileceğini, bunun da hedefe odaklı tedavi için iyi bir gelişme olacağını sözlerine eklemiştir (www.cnnturk.com/2010/saglik/07/...nano.teknoloji.../index.html).

2.4.7.Kuantum Noktacıklarının Üretim Yöntemleri (Kollidal Üretim)

Kolloidal yarıiletken kristaller diğer kimyasal süreçlerde olduğu gibi çözülmüş öncül bileşiklerden üretilirler. Kolloidal kuantum noktacıklarının üretimi 3 bileşenden oluşur; öncül maddeler, organik yüzey gerilim artırıcılar ve çözücüler. Reaksiyonlar daha yüksek sıcaklıklarda gerçekleşirse, öncül maddeler monomere dönüşür. Monomerler yeterli yüksek aşırı doygunluğa ulaştıkları zaman, çekirdeklenme sebebiyle nanokristaller oluşur. Nanokristal üretimi için gerekli optimum şartları belirlemede ortam sıcaklığı çok önemli bir faktördür. Atomların yer değiştirmesine yetecek kadar yüksek, kristal büyümesini devam ettirecek kadar düşük olmalıdır. Diğer önemli bir faktör ise monomer konsantrasyonudur. Yüksek monomer konsantrasyonunda kritik büyüklük (kristallerin ne küçüldüğü ne de büyüdüğü büyüklük) küçüktür, böylece eşit

büyükte parçacıklar oluşur. Bunun sebebi ise, küçük parçacıkların, büyük parçacıklardan daha hızlı büyümesidir. Optimum monomer konsantrasyonunda oluşan kristaller, kritik boyuttan biraz büyüktür. Monomer konsantrasyonu azaltıldığı zaman, kritik boyut, oluşan parçacıklardan büyük olmaktadır ve bunun sonucunda daha büyük parçacıklar oluşmaya başlamaktadır. CdSe, CdS ve InP koloidal yöntemle üretilen nanokristallerden bazılarıdır. Koloidal yöntem şu ana kadar geliştirilmiş en ucuz nanokristal üretim yöntemidir ([http://nanoturkiye.blogspot.com /2008/06/nano-101-kuantum-noktaciklari-2.html](http://nanoturkiye.blogspot.com/2008/06/nano-101-kuantum-noktaciklari-2.html)).

2.5.Nanodesenleme

Mikroelektronik teknolojisinden faydalanarak geliştirilen yüzey-desenleme teknikleri (mikrolitografik teknikler), hücresel işlevleri etkileyen biyosinyal moleküllerinin (yapışma ve büyüme faktörleri) kontrollü bir geometride biyomalzeme yüzeyine yerleştirilmesine ve biyomimetik olarak tasarlanabilmesine olanak sağlamaktadır. Böylelikle hücre şeklinin ve yayılmasının kontrolü, üreme, farklılaşma ve hücre göçü gibi hücresel işlevler yönetilebilmektedir. Topografinin mikro ya da nano ölçekte oluşu da önemlidir. Bu nedenlerle doku üretiminde kullanılacak yüzeylerin biyolojik işlevli desenlerin yanı sıra nanotopografik desenlere sahip olacak şekilde tasarlanmasında nanolitografik teknikler gündeme gelmektedir. “Litografi” nin sözlük anlamı “taş baskı”dır. Kireç taşı üzerine yağlı mürekkeple çizilmiş şekil ve yazıların basım sanatı litografi olarak adlandırılmaktadır ve kullanımı tarihin eski çağlarına kadar uzanmaktadır. Bu sanatın teknolojideki ilk uygulaması “fotolitografi” tekniğidir.

2.5.1.Fotolitografi

Fotolitografi tekniğinde, bir maske üzerinde bulunan geometrik şekiller ultraviyole (UV) ışık kullanılarak malzeme yüzeyine aktarılmaktadır. Kullanılan maskeler deseni oluşturan bölgelerde UV ışını geçirmeyen ince krom tabakayla kaplı kuartz plakalardır. Fotolitografi tekniği ilk olarak yarıiletken özelliğe ve düz yüzeye sahip silikon malzemelerin fabrikasyonunda kullanılmıştır.

2.5.2.Nanolitografi

Nanoaletler kullanılarak molekül ve atom düzeyindeki malzemelerin bir yüzey üzerine biriktirilmesi veya yüzeyden uzaklaştırılması yaklaşımına nanolitografi denilmektedir. Bu teknikte çok kısa dalga boylu ışınlar kullanılarak 100 nm'nin altında şekiller elde etmek mümkündür. Nanolitografi, yarıiletken entegre devreler veya nano elektromekanik sistemlerin üretiminde kullanılmaktadır.

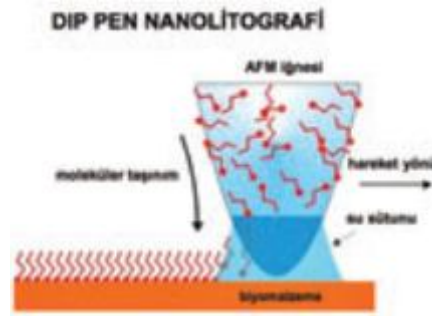
2.5.3.Elektron demeti litografisi

Elektron demeti litografisi, desenlenmek istenen yüzeyler üzerine elektron demeti gönderilmesi ile yüzeylerin üzerinde nanoboyutta desenlerin oluşturulmasında kullanılan en önemli tekniktir. Elektron dalga boyunun 0.1-1 nm mertebesinde olması sayesinde elektron demetlerini nanometre boyutlarında odaklamak teorik olarak mümkündür. Bu şekilde odaklanmış elektron demeti ile uygun fotorezist malzemeleri kullanarak nano boyutta desenler elde etmek mümkün olmaktadır.

Teknikte öncelikle silikon tabakalar üzerine polimer kaplanmaktadır ve elektron ışınları yüzeyi taramaktadır. Bilgisayar kontrollü ışın demetlerinin kullanıldığı uygulamalarda, ışınların yüzeyi taraması elektrostatik ve manyetik lensler ile kontrol altında tutulmaktadır. Polimer matris ve elektron ışınları arasındaki etkileşimler sonucu elektron ışınlarına maruz kalan bölgelerde polimer parçalara ayrılır ve fotolitografideki benzer yıkama işlemi ile yüzeyden uzaklaştırılır. Böylelikle yüzeyler üzerinde desenli bölgeler elde edilir. Tekniğin uygulanması sırasında maskeleme işlemine gerek duyulmamaktadır. Bununla birlikte kullanılan ışık kaynağı litografi tekniklerine göre çok daha pahalıdır. Elektron ışınları ile litografinin gerçekleştirildiği ticari uygulamalarda kullanılan sistemlerin maliyeti milyon dolarları bulabilmektedir. Fakat araştırma amaçlı yapılan çalışmalarda daha düşük maliyetlerle (~100 bin dolar) bir elektron mikroskobunun litografi sistemi olarak kullanılması mümkündür. Bu tip dönüştürülmüş sistemlerde 10 nm ve daha düşük çözünürlükte desenler elde edilebilmektedir.

2.5.4.Dip Pen Nanolitografi

Dip pen nanolitografi (DPN), atomik kuvvet mikroskobu (AFM) kullanılarak yüzeyler üzerinde nanoboyutta desenlerin elde edilebildiği bir tekniktir. Teknikte atomik kuvvet mikroskobunun iğnesinin ucunda bulunan moleküller bir sıvı sütunu içinden yüzey üzerine nakledilmektedir (Şekil 2.9.).



Şekil 2.9. Dip pen nanolitografi tekniği, atomik kuvvet mikroskobu kullanılarak tek basamakta biyomalzeme yüzeyinde nanodesenlerin elde edilebildiği bir tekniktir.

DPN tekniğinde atomik kuvvet mikroskobunun iğnesini bir “tükenmez kalem” gibi düşünebiliriz. Yüzeye desenlenecek olan ve iğnenin ucunda bulunan moleküller “mürekkep”, desenlenmek istenen yüzey ise “kağıt” olarak düşünülebilir. Teknikte moleküllerin nanoölçekte malzeme yüzeyine transferi sağlanır ve elde edilen desenlerin çözünürlüğü 5 nm’ye kadar düşebilir. Tekniğin en önemli avantajlarından biride litografi işlevinin yapıldığı sistemin aynı zamanda desenleri görüntülemek içinde kullanılmasıdır. DPN tekniği protein moleküllerinin nano-düzenlenmesi ve biyolojik moleküllerin nano-düzenlenmesi uygulamaları için kullanılacak tek basamaklı bir tekniktir.

2.5.5.Plazma Litografi

Plazma maddenin iyonize gaz halidir. Plazma için gerekli parametreler uygun olduğunda polimerlerin ince bir film halinde (nanometreden mikrometreye kadar değişen kalınlıklarda) yüzeyler üzerine kaplanması mümkündür. Bu kaplama işlemi

sırasında malzeme yüzeyine, üzerinde mikro/nano pencerelerin bulunduğu bir maske yerleştirilmektedir ve plazma polimer sadece bu pencerelerin boşluklarında yüzeye kaplanmaktadır. Böylelikle yüzey üzerinde farklı özelliklere sahip iki bölge elde edilmektedir. Plazma ile yapılan çalışmalarda ilgi çekici gelişmelerden biride, plazma ile kaplanan yüzeylerin daha sonra klasik fotolitografi ile desenlenmesidir. Plazma litografide en önemli avantaj, farklı karakterdeki birçok polimerin plazma ortamında yüzeylere kaplanabilmesidir. Bununla birlikte kararlı bir kaplama elde etmek oldukça zordur. En uygun koşulların saptanması zaman alabileceğinden ıslak kimya ile gerçekleştirilen yöntemler uygulanmaya da bağlı olarak daha çekici gelebilir. Ayrıca plazma litografinin biyolojik moleküllerin desenlenerek yüzey kimyasının değiştirilmesinde gelişmiş bir teknik olduğunu söylemek mümkün değildir.

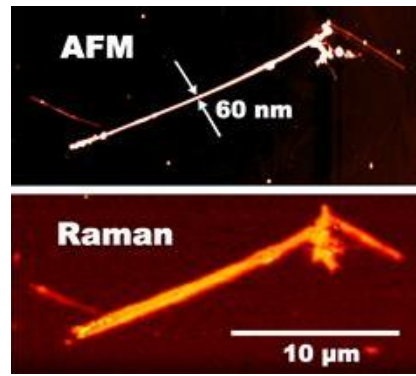
2.5.6. Polimer Karışımları

Bu yöntem geniş nanotopografik yüzeylerin düşük maliyette ve yüksek verimde elde edilmesini sağlamaktadır. İki farklı polimerin karıştırılarak eğirme yöntemi ile silikon yüzeylere kaplandığı bu yöntemde farklı yükseklik ve derinliğe sahip organize topografik yapılar (kabartılar veya adacıklar) elde edilmektedir. Karışımdaki polimerlerin oranı ve derişimleri değiştirilerek topografik şekiller ve boyutları kontrol edilebilmektedir. Polistiren ve poli (4-bromostiren) karışımının kullanıldığı bir çalışmada farklı polimer oranları ve derişimlerinde yapılar hazırlanmış ve elde edilen değişik topografilerde endotel ve fibroblast hücrelerin davranışı incelenmiştir. 13 nm yükseklikte adacıklara sahip yüzeylerdeki hücre yapışması ve üremesinin 95 nm yükseklikteki adacıklara sahip yüzeylere oranla daha fazla olduğu bulunmuş ve hücre iskeletinin şekillenmesinin, lamella oluşumunun ve üremeye ait genlerin ekspresyonunun nano boyuttaki topografiden etkilendiği ortaya konmuştur (Bilim ve Teknik Dergisi, Ekim 2007).

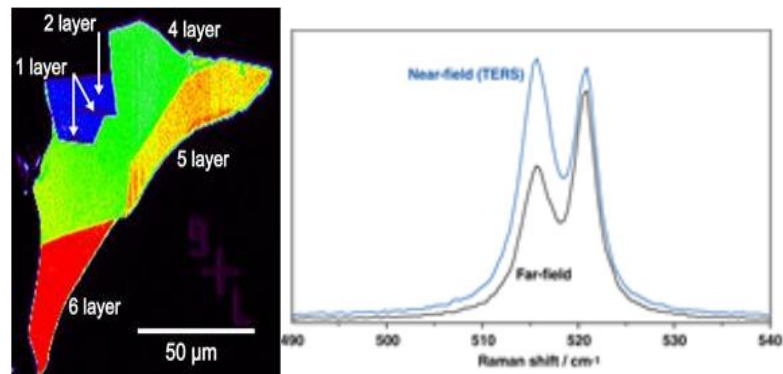
2.6. Nanodünyanın Aletleri ve Metotları

Nanoteknolojide Atomik Kuvvet Mikroskobu (atomic force mikroskop -AFM-), Tarama Tünelleme Mikroskobu (scanning probe mikroskop-SPM-), nanotüpler,

fullerence gibi aletler kullanılmaktadır. AFM; iletken ve iletken olmayan yüzeylerin ölçümü ve yüksek çözünürlükte işlenmesini sağlayan cihazdır. Kör bir insan gibi hissederek bakma mantığıyla çalışmaktadır. Birleşik AFM/Raman araçları (SPM-Raman olarak da bilinirler) malzemelerin kimyasal ve yapısal özelliklerini alt-mikrometre uzaklık ölçeğinde inceleyerek gelişmiş numune analizine imkan sağlarlar (Şekil 2.10.). SPM; sivri tarama ucu ile yüzeylerin iki boyutlu görüntülerini oluşturan cihazlardır. Bir grafin numunesinin Raman analizinde (Şekil 2.11.) tek katman ve iki katmandan oluşan bölgeler dahil, beş ayrı grafin kalınlığı tanımlanmaktadır. Raman verileri, ilgilenilen bölgelerde topografik direnç ve iletim ölçümlerine imkan tanıyarak, SPM deneylerini yönlendirmek için kullanılmaktadır (<http://www.renishaw.com.tr/tr/afm-raman-sistemi-6638>).



Şekil 2.10. Bir grafin numunesinin AFM-Raman analizi.



Şekil 2.11. Bir grafin numunesinin SPM-Raman analizi.

Fullerenceler; 60 karbon atomunun futbol topu şeklinde düzenlenerek oluşturduğu nanoküresel yapıdaki malzemelerdir. Nanotüpler; silindir şekilli ve tek boyutlu fullerencelerdir, karbon nanotüp ve BN nanotüp olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar (<http://www.sanalclub.net/forum/forum/forum-posts.asp?TIP=2459>).

2.6.1.Nanoyapılar elde edilirken uygulanan yöntemler

Nanoyapılar elde edilirken iki ana yöntem kullanılır. Bunlardan biri atomdan atoma, molekülden moleküle olan Bottom-Up (aşağıdan yukarıya) yöntemi, diğeri ise Top-Down (yukarıdan aşağıya) yöntemidir. Top-down daha çok kullanılmaktadır. Bottom-up yöntemi; atom ve moleküllerin daha büyük ve daha karmaşık yapılar yaratmak üzere organize edilmesidir. Top-down yöntemi ise; büyük ve karmaşık yapıların, daha küçük ve temel bileşenlerine ayrılarak nanoyapılar elde edilmesi sürecidir (<http://www.sanalclub.net/forum/forum/forum-posts.asp?TIP=2459>).

2.7.Nanomalzemeler

Nanomalzemeler, nanoteknolojide kullanılan malzemelere verilen genel bir addır. Nanomalzeme bilimi ise malzemelerin nanoseviyede nasıl davrandıklarını inceleyen bir bilim dalıdır. Nanomalzemelerin alan-hacim oranlarının yüksek olması yeni uygulamalara kapı açmaktadır. Örneğin mikroseviyede gözlenmeyen katalitik özellik, nanoseviyede açığa çıkmaktadır. Bu kuantum etkisi olarak da bilinmektedir. Bu durum da biomalzemeler uygulamalarını etkilemektedir. Nanoseviyeye indirilince malzemelerin fiziksel özellikleri değişmektedir. Bakır; nanoseviyede saydam bir element, Platinyum; nanoseviyede katalitik, normalde inert bir element olup, Silikon; makroseviyede yalıtkan iken nanoseviyede iletken olup, Altın; normalde hiç reaksiyona girmez iken, nanoseviyede çok aktif bir elementtir (<http://nanoturkiye.blogspot.com/2008/03/nano-101-nanomalzemeler.html>).

Temel nanomalzemeler; karbon nanotüp, fulleren, grafen, nanoteller olup; bu nanomalzemelerin faydalarının olduğu kadar tehlikeleride bulunmaktadır. Nanoboyutta malzemeler hücre duvarından, kan-beyin bariyerinden geçebilecek duruma gelmektedir.

Bunun insan sağlığına nasıl etkili olacağı belli değildir. Nanomalzemelerin etrafındaki diğer malzemelerin çeşidi, yoğunluğuna göre de özelliklerini değiştirme ihtimali olduğundan dolayı, nanomalzemelerin sağlığa olan etkisini araştırmak sanıldığından daha da güçtür. Günümüzde nanomalzemelerin zararlı olduğunu gösteren çalışmalar olmuştur. Bunlar; nanogümüşün sudaki yararlı bakterileri öldürdüğü, belirli nanotüplerin asbest gibi kanserojen olduğu gibidir. Yıllardır, bilim adamları gümüşün sadece zararlı bakterileri öldürdüğünü düşünüyordular ve bu bilgidен dolayı da antimikrobiyel ürünlerde gümüş nanoparçacıkları kullanılıyordu. Missouri Üniversitesi, İnşaat ve Çevre Mühendisliği Doçenti Zhiqiang Hu, gümüş nanoparçacıkların kanalizasyonlarda amonyağın temizlenmesi ile görevli yararlı bakterileri öldürdüğünü bulmuştur. Gümüş nanoparçacıklar çok zararlı ve bakteri üremesini durdurmaktadırlar (Şekil 2.12.) (<http://nanoturkiye.blogspot.com/2008/04/gm-nanoparcaciklar-aslnda-zararlimi.html>).



Şekil 2.12. Gümüş parçacıkların ayak üzerindeki bakteri oluşumuna etkisi.

Nature Nanotechnology dergisinde çıkan bir makalede bazı nanotüplerin yeteri miktarda vücut içine çekilmesi sonucu asbest kadar zararlı olabileceği anlatılmıştır. Bilim adamları nanotüplerin mezotelyama vücuda bulaştıktan 30-40 yıl sonra anlaşılabilen bir akciğer kanseri oluşturma riskinin olup olmadığı araştırmışlardır. Sonuç ise, uzun ince çok katmanlı karbon nanotüplerin asbest fiberleri gibi davrandıkları ve kanser oluşturma potansiyeline sahip olduklarıdır. Andrew Maynard, “Çalışmamız tam da güvenli ve sorumlu bir nanoteknoloji gelişimi için yapılmış stratejik, odaklı bir çalışmadır. Bir çok alanda kullanılması beklenen bir malzemenin sağlık araştırması yapılmış olmuştur. Bilim adamları yıllardır uzun, ince karbon

nanotüpler hakkında endişelerini dile getirmişlerdir, ama ABD'deki hiç bir araştırmacı bu soruya cevap aramadı." şeklinde açıklamada bulunmuştur. Asbest ile oluşmuş bir salgının ABD'ye 200 milyar \$ masraf yapacağı düşünülmektedir. Anthony Seaton, makalenin bir başka yazarı, bundan sonra karbon nanotüp üretilen yerlerde nanotüplerin nefesle alınımının engellenmesini ve bu konuda vakit geçmeden daha geniş araştırmaların yapılması gerektiğini düşünmektedir. Profesör Kenneth Donaldson, University of Edinburgh'da araştırmayı yöneten bilim adamı, işin tam bitmediğini söylemektedir. Nanotüplerin asbest fiberleri gibi akciğer içine kadar girip kansere yol açabileceği tam bilinmemektedir. Araştırmacılar ayrıca nanotüplerin sadece fiber gibi davranıp davranmadığını incelediklerini, nanotüplerin akciğerlere olan etkilerini incelediklerini önemle vurgulamaktadırlar. Araştırma sonucu iyi bir haber de ortaya çıkmıştır. Bu haber; kısa ve spiral karbon nanotüpler, asbest fiberleri gibi davranmamaktadır. Bu sonuca göre sağlıklı ürünler için hangi tip nanotüplerin kullanılması gerektiği bulunabilecektir.

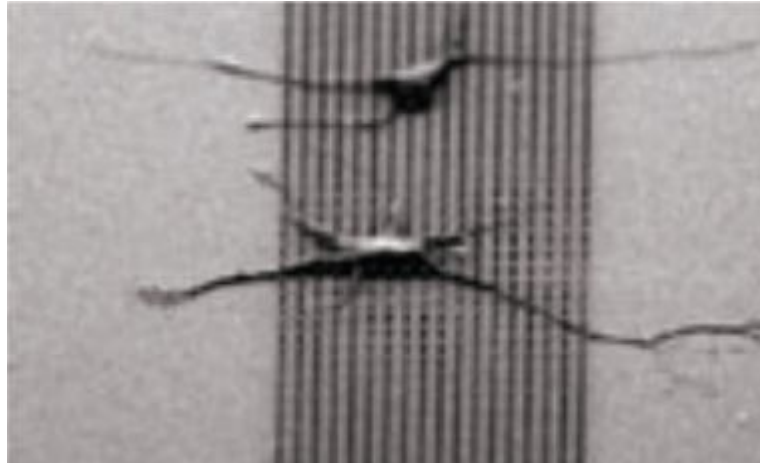
Sağlıkta nanoteknoloji, nanoteknolojinin şu an en önemli alanıdır. Nanoteknolojinin hayatımıza girmesi için nanoürünlerin sağlıklı olduğunu göstermek gereklidir. Ülkemizde de tıp uzmanlarının bu konuya eğilmesi çok mantıklı bir hareket olacaktır. Çünkü dünyada bu konu üzerine çalışan çok az kişi vardır (<http://nanoturkiye.blogspot.com/2008/05/karbon-nanotpler-asbest-gici-kanserojen.html>).

3.NANOTÜP ÇEŞİTLERİ

Nanotüpler, karbon nanotüpler ve bor nitrür nanotüpler olarak ele alınmaktadır.

3.1.Karbon Nanotüpler

Katı bir şekilde, organometalik bileşiklerin ya da metal tuzların seçilmiş yüksek aromalı bileşikler varlığında oluşmuş bileşimlerin termal parçalanması sonucu oluşmuşlardır. Yüksek güç ve düşük ağırlığa sahip ayrıca farklı iletkenlik özelliklerine sahip hafif malzemelerdir. Silindir şeklindeki bir karbon allotropu olan karbon nanotüp sadece karbon atomu içerir. S. Iijima tarafından 1991 yılında bulunmuştur. Karbon nanotüpler; kıvrılmış grafin yüzeyi gibi düşünülebilir. Beyaz kağıdı grafin yüzeyi olarak düşünürsek, boylamasına kıvrırıp elde ettiğimiz silindir karbon nanotüptür. Bunların uçları açık ya da kapalı olabilmektedir. Çok basit bir yapıya sahipmiş gibi görünmesine rağmen çok karmaşık maddeler olan karbon nanotüplerin, uzunluk ve çap değerlerine göre fiziksel veya kimyasal özellikleri çok rahat değişebilmektedir (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Karbon nanotüpler üzerindeki sinir hücreleri.

Karbon nanotüplerin uzunluk-çap oranı 1.000.000'dur. Bu oranı şöyle de hayal edebiliriz: 10 cm çapa sahip 100 km uzunluğunda bir hortumun da uzunluk-çap oranı

1.000.000'dur. Tek sıra karbon atomundan oluşan bir grafin katmanının, silindir şeklinde bükülerek uçlarının birleştirildiği ve grafin içersindeki bağların aynısından oluşturulduğu düşünülürse bu yapı tek katmanlı bir karbon nanotüple aynı yapı olmaktadır (<http://nanoturkiye.blogspot.com/2008/04/nano-101-karbon-nanotubler-1-html>).

Karbon nanotüplerin; elektronik malzeme olarak manyetik ve optik nanoaygıt yapımında, ayrıca hafıza elemanı, kapasitör, transistör, diyot, mantık devresi ve elektronik anahtar yapımında kullanım alanları vardır (<http://www.yaklasansaat.com/dunyamiz/bilim-ve-teknoloji/nanoteknolojide-karbon.asp>).

3.1.1.Karbon nanotüplerin elde edilişi

Bir elektrik akımını veya çok yoğun lazer ışınını, karbon molekülü çok fazla olan gazla dolu bir yüksek basınç odasına yönlendirilmektedir. Böylece nanotüp denilen karbon atomlarından oluşmuş bir silindir ortaya çıkmaktadır. Bu tiplerin kimisi elektrik geçirgen, kimisi çok sağlamdır. Araştırmacılar bu tüpleri güçlü ipliklere, kumaşlara, plastiklere veya elektronik devrelere katmaktadır. Yakında karbon nanotüpler, çok hızlı bilgisayar çiplerinin yerini alabilirler ve TV ekranlarını daha keskin, parlak ve ucuz hale getirebilirler. Sağlık sektöründe ise diyabetten HIV tanısına kadar bütün tanıları yapacak taşınabilen laboratuvarlar üzerinde çalışılmaktadır. İnsan bedenine monte edilecek olan nanomaddeler, vücut ısısını enerjiye dönüştüreceklerdir. Nanohücreler kanser hücrelerini vuracak veya tümörleri besleyen kan damarlarını devre dışı bırakacaktır.

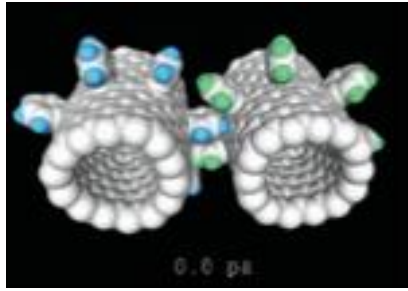
3.1.2.Karbon nanotüplerin çeşitleri

Karbon nanotüpler tek katmanlı ve çok katmanlı karbon nanotüpler olmak üzere ikiye ayrılırlar. Üst üste birkaç grafin yüzeyi koyulup katlanırsa iç içe geçmiş karbon nanotüpler elde edilir ve bunlara çok katmanlı karbon nanotüpler denir. Bir tek grafin yüzeyi kıvrılarak elde ediliyorsa bunlara da tek katmanlı karbon nanotüpler denir. Tek

katmanlı karbon nanotüplerin çapları genellikle bir nanometredir ve iki uçları da kapalıdır.

3.1.3.Karbon nanotüplerin özellikleri

Karbon nanotüpler olağanüstü elektriksel özelliğe sahip maddelerdir. Diğer malzemelere göre üstün rijitlik ve dayanımdadırlar. 2800°C’de vakum altında ısı dengededirler, yapılarına bağlı olarak ya iletken ya da yarıiletkenlerdir. Bakır tele göre 1000 kat daha fazla elektriksel akımı taşıma kapasitesi vardır. Elmasın iki katı termal iletkenlikleri vardır. Dayanımı çelikten 100 kat daha fazla, ağırlığı ise 1/6’sı kadardır (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. Karbon nanotüplerin yoğunluğunun çok düşük ama çelikten 10 kat sert olduğunu gösteren yapı.

İnsan saçından 10000 kez daha ince olup mekanik olarak çok sağlam, kovalent bağla bağlı yapılardır. Farklı yarıçaplarda, çok katlı olabilen, çok kararlı yapıya sahip, yüksek elastik modül içeren, kırılma tokluğu çok yüksek olan ve esnek olduğundan her türlü şekil verilebilen yapılardır (Lloyd Joho R., Nanotechnology; what ’s the Big Deal? University Distinguished Professor, Department of Mechanical Engineering, October 15.2004).

Karbon nanotüpler bir nanometrede dizilmiş çaplarla tamamen karbondan yapılmış boş tüplerdir. Nanotüpler gelecek vaad eden nano ölçekli ışık yayıcılar ve diğer birçok optiksel uygulamalara adaydır. Optiksel konuları için özellikle ilgi alanı kızılötesi dalga boyu bölgesinde olmasıdır. Çünkü nanotüpler hem yarıiletken hem de metalik çapa

bağlı olabilmekte ve sarınımları çok farklı özellikler gösterebilmektedir (<http://www.sanalclub.net/forum/forum/forum-posts.asp?TIP=2459>).

Yarıiletken olan nanotüplerde eksitonik etkilerini içine alan teoriksel yapıların bir değişikliğini kullanan karbon nanotüplerin sadece optiksel özellikleri ayrıntılarıyla çalışılmıştır. Excitonların öneminin ispatı, soğurma tayfları ve excitonic etkiler olmadan karşılaştırılması şeklinde bulunmuştur.

Aynı zamanda eksiton bağlanma enerjisi çok geniş bir aralığa sahiptir ve bu bağlanma enerjisi nanotüplerin geniş dizilimi için exciton enerjilerinin deneysel ölçümleriyle gayet iyi karşılıklı ilişkileri vardır.

Ayrı bir araştırmada lineer olmayan optiksel özellikler ve elektrooptik hesaplanmıştır. Bunlar; lazer, yüksek alanda yayıcılar, emerek soğurmalar ve elektrooptik modülatörleri gibi uygulamalar için çok önemlidir.

Doğru örneklerle açıklanan elektrooptik hesaplamalara karşılık gelen karbon nanotüpler oldukça anlaşılabilir. Nanotüplerin bant aralıkları rezonanslarla (tınılarla) çalışmaktadırlar. Buna ek olarak tamamen analitik tahminler (sonuçlar) elde edilmektedir.

Bieksitonlar iki elektron ve iki boşluktan oluşan dört parçacıklı karışımlardır. Bieksitonlar, yüksek enerji lazerleri tarafından kuvvetli uyarılarla üretilmektedirler. Bu karışımların da nanotüpler için oldukça kararlı ve açıkça fark edilen deneyler olduğu kanıtlanmıştır (Pederson T. Garm, "Variational approach to excitons in carbon nanotubes", Phys. Rev. B67, 073401, 2003).

Yol gösteren deneylere göre şiddetli lazerler tarafından pompalı zayıf ışınlarla incelenen nanotüplerin tepkileri hesap edilmiştir. İncelenen foton enerjisine bağlı olarak azaltılan absorpsiyon (mavi ışınlar) veya ortam absorpsiyonunun (kırmızı ışık) her ikisinin de doğru verilerle incelenen pompa deneyi olduğu görülmektedir.

Biexcitonların gerçektende pompa inceleme spektroskopisine dayanan ölçümler olduğu görülmüştür (Y. Z. Ma et al. Molecular Physics 104, 1179, 2006).

Bir diğer projede, karbon nanotüplerin lineer olmayan optiksel özellikleri incelenmiştir. Özellikle optiksel ikinci uyumlu soy teorik olarak analiz edilmiştir ve bu soyun yakından takip edileceği deneylerle sunulmuştur (Pederson T. Garm, “Variational approach to excitons in carbon nanotubes”, Phys. Rev. B67, 073401, 2003).

3.1.4.Karbon nanotüplerin termal davranışı

Karbon nanotüplerin eşsiz elektrik özellikleri vardır. Karbon nanotüpler ya metalik ya da yarıiletken olup onların kiraliteleri, yani konformasyonel varyasyonları bir dizi deney ve teorik soruşturmalara sahiptir. Onların köklerini anlamak için karbon nanotüplerin elektronik yapıları üzerinde odaklanılmıştır.

Yüksek kalite ve iyi nanotüplerin sentezlenmesinde teknolojiye zorluklar nedeniyle, hala termal iletim ölçümlerini gerçekleştirmekte güçlükler yaşanmaktadır. Bu da termal iletkenliğin teorik öngörüşlerini ve çeşitli kusurlarının etkisini gözlemlemenin önemli olduğunu göstermektedir. Genel olarak, malzeme taşıma özelliklerini hesaplamak için iki yaklaşım vardır. Birincisi; Fenomenolojik-Boltzman denklemi üzerindeki deneylerden hangi parametrelerin çıkarılacağına dayanandır. İkincisi ise; Dalgalanma-Dağıtma ilkesine dayanan üretilebilir doğrusal yanıt teorisine dayanmaktadır (Material and process simulation center, beckman institute California institute of technology pasadena, CA91125 USA. Received, 2 Mart 2000).

3.1.5.Karbon nanotüp etkilenmesindeki hidrojen depolanması

Bu buluş tek duvarlı ve çok duvarlı karbon nanotüplerin etkileri üzerindeki hidrojen depolanmasıyla ilgilidir. Hidrojenin temiz ve yenilenebilir enerji taşıyıcısı olması ve hidrojen enerji sisteminde gelecekte fosil yakıtların yerini dolduracağı beklenmektedir. Sıkıştırılmış gaz nedeniyle kullanılan malzemelerin içindeki alan klasik modelden daha az hacme sahiptir. Hidrojen depolamak için nanotüplerin doğru

kapasitelerinin iyi örneği teoriyle ve deneyler tarafından geliştirilmektedir. Çünkü kimyasal sentezler karbon nanotüp içine alındıktan sonra kapalı tüp yapısı elde edilmektedir. Bu kimyasalların aktive olabilmesi için karbon nanotüpler belirli bir potansiyele gereksinim duyarlar. Tek duvarlı karbon nanotüpler için elde edilen sonuçlar ve tüp içerisinde bulunan yükseltgenmiş farklı yapılar, aktive amaçlı kullanılmaktadırlar. PmPV yardımıyla temizlenmiş çok duvarlı karbon nanotüpler hidrojen depolanmış karışımlar kullanımıyla elde edilmişlerdir. Bütün uygulanan prosesler ve oluşturulan karışımlar depo edilmiş hidrojenin yapımındaki tüm adımları ayrıntılı olarak kapsamaktadır. Karbon nanotüpler içerisindeki depolanan hidrojenin kapasitenin hesaplanabilmesi için denge durumunun öncesinde ve sonrasındaki basınç farklılıkları kullanılmaktadır (Kroto H. W., Heath J. R., O'Brien S. C. R, Curl F, R. Smalley E., Nature 318, 162 ,1983).

3.1.6.Karbon nanotüplerin uygulamaları ve kullanım alanları

Karbon nanotüplerin, elektronik malzeme olarak manyetik, optik ve nanoaygıt yapımında, ayrıca hafıza elemanı, kapasitör, diyot, transistör, mantık devresi ve elektronik anahtar yapımında kullanım alanları vardır. Bunların yanında karbon nanotüpler bilinen en sağlam malzeme olma özelliğine sahiptir. Hasarsız bir karbon nanotüp, kendi ağırlığının 300 milyon katı bir ağırlığa dayanabilecek sağlamlıktadır. Bu sağlamlıkta başka malzeme yoktur. Karbon nanofiberler, çok geniş bir yüzey alana sahiptir. Nanofiberin kütlesi ile alanı arasındaki oran normal malzemelere göre çok büyüktür. Örneğin; kütlesi 1 gr olan bir karbon nanofiberin alanı 300 m^2 'yi bulabilmektedir. Karbon nanofiberlerin bu özelliği sayesinde, nanometre düzeyinde süper kapasitörler, dolayısıyla yapay kas üretimi mümkün olabilecektir. Hidrojen depolamaya da olanak sağlayan geniş yüzey alanı, karbon nanotüp fiberleri, potansiyel enerji depolama malzemesi haline getirmektedir.

3.1.7.Karbon nanotüpler ve doku mühendisliği

Karbon, doğada kristalin olarak üç formda bulunmaktadır; grafit, elmas ve buckminsterfullerene (adını, söz konusu formu keşfeden R. Buckminster Fuller'den

alıyor). Bu üçüncüye “bucky topları” da denmektedir. Bunlar, 60 karbon atomunun bir araya gelmesiyle oluşmuş, yüzeyi tıpkı bir futbol topu gibi beşgen ya da altıgenlerden oluşan doğal kürelerdir. Nanotüpler işte bu “fullerene” ailesine aittir. Tüp şeklinde moleküller ilk olarak 1991’de elektron mikroskobu uzmanı Sumia Iijima’nın ark-buharlaştırması ile fulleren sentezi sırasında katotta biriken malzemeyi araştırmasıyla bulunmuştur. Temel olarak, bir karbon nanotüpü, tüpün içine girecek şekilde kıvrılmış karbon atomlarından oluşmakta ve nanometre çapa sahip olan silindirlere (boyu>100 nm) şekildedir. Tüpler iki değişik biçimde olabilmektedirler; tek silindirden oluşan tek duvarlı nanotüp ve eş merkezli karbon silindirlere oluşan çok duvarlı nanotüplerdir.

Karbon nanotüpler üç ayrı yöntemle sentezlenebilmektedirler; ark-buharlaştırma tekniği, lazer yöntemi ve kimyasal buhar çöktürmesidir. Üçüncü teknik, karbon nanotüp üretiminde en yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu üretimde, hidrokarbon hammadde bir metal katalizörün (genellikle nikel) varlığında yüksek sıcaklıkta (>700 °C) ayrıştırılmasıyla karbon nanotüpler üretilmektedir. Tepkime koşullarına bağlı olarak çeşitli uzunluklarda (nanometreden milimetreye) ve çapta (1-100 nm) karbon nanotüpleri üretmek mümkündür. Ancak işlem sırasında metal katalizör kullanılması nanotüplerde zehirlilik özelliğine neden olmaktadır. Bundan dolayı karbon nanotüpler tıbbi uygulamalarda kullanılmadan önce saflaştırılmalıdır. Saflaştırma işlemi çeşitli şekillerde yapılabilir, ancak nitrik asit gibi oksitleyici bir asit içerisine nanotüplerin yerleştirilmesiyle gerçekleştirilen işlem en çok tercih edilenidir.

Nanotüpler çelikten daha sert ve plastik kadar esnektirler. Tek duvarlı nanotüpler, polimerlerin yapısına katılarak otomobillerdeki plastik aksanı güçlendirmekte ve ayrıca normalde yalıtkan olan malzemeleri iletken hale getirmektedirler. Çok yakın bir gelecekte plastik şirketlerinden yarı iletken şirketlerine kadar ileri malzemelerle uğraşan tüm şirketlerin karbon nanotüpleri kullanacakları ileri sürülmektedir. Bilgisayar ve televizyon üreticileri ekran maliyetini düşürmek amacıyla karbon nanotüpleri kullanacaklardır. Gelecek on yıl içerisinde işlemcileri ve bellekleri oluşturulan transistörlerdeki silikonun yerini nanotüplerin alması beklenmektedir.

Karbon nanotüplerin doku mühendisliği uygulamalarındaki kullanımı üç gruba ayrılabilir; hücresel davranışların algılanması, hücresel davranışların geliştirilmesi ve doku iskeletlerinin güçlendirilmesi. Hücresel davranışların algılanması; hücrelerin işaretlenerek hücresel mikroçevre içerisinde görüntülenmesi ile yalnızca hücrelerin nasıl hareket edip yer değiştirdikleri anlaşılabilir. Bu yaklaşım, başarılı bir doku oluşturmak için yeterli değildir. İyon taşınımı, enzim/kofaktör etkileşimleri, protein ve metabolitlerin salınımı ve hücrelerin yapışması gibi davranışların algılanabilmesi, yeni ve gerçek dokuya yakın yapının oluşturulmasında kuşkusuz çok önemli konulardır. Nanoalgılayıcılar, hücrenin göstermiş olduğu bu davranışların algılanmasında kullanılan en önemli araçlardır. Minyatür ölçekli algılayıcı cihazlar üretmenin özellikle hücresel tepkilerin algılanması için şart olduğu ortadadır. Nanoölçekli ve hücreye yakın temasta bulunan bir algılayıcı, hücre yüzeyi ile algılayıcı arasında çok az mesafe olacağı için incelenmek istenen maddeyi çok daha hassas, dolaysız ve hızlı biçimde algılayacaktır. Elektriksel özellikleri, geniş yüzey alanı, DNA ve diğer proteinleri immobilize edebilme (hapsetme) gibi özellikleri, nanotüpleri ideal nanoalgılayıcılar haline getirmektedir. Karbon nanotüp esaslı birçok biyolojik faktörün ölçülmesi için geliştirilmiştir. Hücresel davranışların geliştirilmesi; karbon nanotüplerin kullanıldığı ikinci alan, doku oluşumu için gerekli önemli bileşenlerin (büyüme faktörleri gibi) salınımı veya üretiminin kontrolüne dayanmaktadır. Karbon nanotüpler, ilaç salınım sistemlerinde ve gen aktarımında kullanılmaktadırlar.

Karbon nanotüplerin küresel nanoparçacıklara göre en büyük avantajı, işlevsellendirilmelerinin mümkün olmasıdır. Karbon nanotüplerin uç kısımları ve duvar kısımları farklı kimyasal reaktivitelere sahiptir. Örneğin, amin grubu içeren antikorlar gibi hedeflenmiş ajanlar nanotüplerin uç kısımlarına, ilaçlar ise biyobozunur bir bağlayıcı molekül ile duvar kısımlarına bağlanabilmektedirler. İlaç, nanotüplerle istenilen hedefe ulaştığında nanotüpten ayrılarak ortama salınmaktadır.

Karbon nanotüpler genetik malzemenin salınımı için de eşsiz malzemelerdir. Gen tedavisi, genetik malzemenin hücre içine taşınarak, istenilen proteinin hücreye ürettirilmesi esasına dayanmaktadır. Bu genetik tedavi yöntemi için çeşitli yaklaşımlar mevcuttur. DNA'nın hücre içerisine taşınması viral vektörlerle veya polimer ve organik

katyonlar gibi viral olmayan vektörlerle gerçekleştirilmektedir. Fakat her iki yaklaşımda da dezavantajlar mevcuttur. Viral vektörlerle DNA'nın hücre içerisine taşınması çok yüksek oranda başarı sağlamasına rağmen bağışıklık sistemi tepkisi ve patojen (hastalık yapıcı) olmasından dolayı tercih edilmemektedir. Viral olmayan vektörlerde ise DNA'nın hücre içine taşınmasındaki başarı çok düşük ve aynı zamanda hücre içi zehir etkisi görülmektedir. Karbon nanotüpler bu sistemlere kıyasla üstünlük taşımaktadırlar. DNA veya RNA'yı elektrostatik etkileşimlerle veya kovalent yolla nanotüplere bağlamak mümkündür. Doku iskeletlerinin güçlendirilmesinde ise; doku iskelesi, doku mühendisliğinde kritik bir rol oynamaktadır. Doku iskelesi üretiminde çeşitli sentetik, doğal polimer veya bunların oluşturduğu kompozitler kullanılmaktadır. Ancak, mevcut malzemelerin pek çoğu yeterli mekanik dayanıma ve reaktif gruplara sahip değildir. Bu açıdan bakıldığında karbon nanotüplerin doku iskelelerinin yetersizliklerinin aşılmasında etkin biçimde kullanılabilirleri söylenilebilmektedir. Tek olumsuzlukları biyobozunur özelliğe sahip olmamalarıdır. Ancak, temel bileşenleri karbon olduğundan hücrelere toksik etki göstermezler ve vücuttan atılabilme özelliğine sahiptirler.

Karbon nanotüplerin çok az miktarının polimer içinde dağıtılmasıyla mekanik olarak dayanıklı doku iskeleleri üretmek mümkün olmaktadır. Laboratuvar ortamında yürütülen çalışmalarda farklı tipteki hücrelerin karbon nanotüpler veya nanokompozit yapılar üzerinde rahatlıkla üreyebildikleri görülmüştür. Örnek olarak, tek duvarlı karbon nanotüplerin katkısıyla hazırlanmış kollajen doku iskelelerinde düz kas hücrelerinin kolaylıkla üredikleri gözlenmiştir. Karbon nanotüp içeren desenli yüzeyler üzerinde sinir hücrelerinin kendiliğinden organize olarak sıkı bir ağ yapısı oluşturdukları belirlenmiştir. Bu ağ yapının taramalı elektron mikroskop görüntüleri, sinir hücreleri veya glia hücrelerinin tercihli olarak karbon nanotüp kaplı bölgeler üzerinde düzenlenmiş geometride ürediklerini göstermiştir. Fotoğraflar, sinir hücrelerinin karbon yüzeyler üzerine doğrudan yapıştığını göstermiştir. Ayrıca, karbon nanotüpler üzerinde büyüyen sinir hücrelerinin elektrik iletkenliğinin de çok yüksek olduğu bildirilmiştir (Bilim ve Teknik Dergisi, Ekim 2007).

Doku iskelelerinin hazırlanışı ise, elektroeğirmeyle hazırlanan nanoliflerin hareketsiz bir topaçla gelişigüzel bir düzende yerleştirilmesi sonucu

“dokunmamış matrisler” in (nonwoven matrices) üretilmesi şeklindedir. Liflerin belli bir yönelime göre düzene getirilebilmesiyle lifli yapı özelliklerinde belirgin iyileştirmelerin sağlanabileceği açıktır. Böylesi bir dizilime izin verecek olan bir üretim tekniği, özel bir mimariye sahip doku iskelelerinin gerekli olduğu doku mühendisliği uygulamalarında ayrıca önem taşımaktadır. Ancak, elektroğirme yöntemiyle oluşturulan liflerin hizalanması, elektroğirme sürecinde oluşan jetin düz bir hat yerine, 3-boyutlu ve son derece karmaşık bir bükülme hattı izlenmesinden dolayı oldukça zordur. Elektroğirmeyle üretilen lifleri hizalama konusunda birçok girişim olmuştur. İlk denemeler hızla dönmekte olan bir silindir topaç kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bir başka denemede ise normal olarak uygulanan gerilimden kaynaklı elektrik alanına yardımcı bir elektrik alanı oluşturularak, hizalamada önemli bir iyileştirme sağlanmıştır. Bir başka başarılı yaklaşımda ise topaç olarak, keskin kenarlı ince bir tekerlek kullanılmıştır.

Elektroğirme süreci “iyi huylu” bir üretim yöntemidir. Bu özelliği sayesinde biyomedikal uygulamalara yönelik yapıların geliştirilmesinde cazip bir yöntem haline gelmiştir. Çalışmalar elektroğirme süreci sırasında liflerin içerisine yerleştirilmiş biyomoleküllerin biyolojik etkinliklerinin korunmasında elektroğirilmiş liflerin önemli bir rolü olduğunu göstermiştir. Çeşitli enzimlerin biyolojik aktivitelerini nanolif yapısı içinde korudukları görülmüştür.

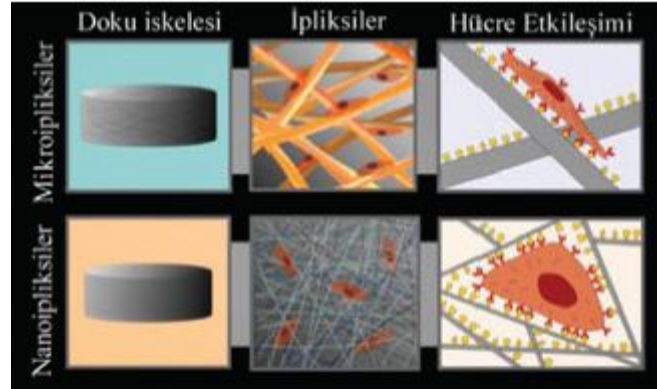
Dokunmamış nanolif matrislerin mekanik özellikleri incelenmiştir. Örneğin, PLGA (polilaktid-ko-glikolid) nanoliflerin çekme dayanımlarının doğal deriye yakın olduğu tesbit edilmiştir. Özellikle lif yoğunluğundaki artıştan dolayı, aynı malzemeden yapılmış olan nanolif matrisler mikrolif matrislere göre daha iyi mekanik özellikler gösterebilmektedir. Hizalanmış nanolif matrislerde ise özelliklerin ölçme yönüne bağlı olarak, farklı yönlerde farklı değerlerin ölçüldüğü görülmüştür. Hizalanmış poliüretan lifli matrislerin en yüksek dayanım kuvvetinin (3520 ± 30 kPa), gelişigüzel eğrilmiş lif matrislerinkinden (1130 ± 21 kPa) önemli ölçüde yüksek olduğu belirlenmiştir.

Elektroğirme yöntemi ile 15 nm’den 10 mikrometreye kadar değişen çaplarda lifler hazırlanabilmektedir. Bu elektroğirme yöntemi 70 yıllık geçmişi olan bir

tekniktir. Ancak tıbbi uygulamalarda ilk kez 1978 yılında kullanılmıştır. 1990'dan beri elektroğirme ile yüzlerce değişik bileşimde doğal ve sentetik polimerden ince lifler hazırlanmaktadır. Bu liflerden de genellikle dokunmamış örgü biçiminde doku iskeleleri üretilmektedir. Hazırlama işlemi sırasında kullanılan çözücünün hücrelere etkisi henüz netlik kazanmamış olmakla birlikte tamamlanmış çalışmalar, elektroğirme ile üretilen doku iskelelerinin avantajlarını sergilemektedir (Bilim ve Teknik Dergisi, Ekim 2007).

Nanoparçalarla kemik doku üzerindeki çalışmalar, doku mühendisliği alanındaki çalışmaların büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu çalışmalar temel olarak üç faktörün bir araya getirilmesiyle gerçekleştirilmektedir; hücre dışı matrisi sentezleyen parenkimal ya da progenitor hücreler, hücrelerin tutunması ve büyümesi için geçici bir zemin oluşturan doku iskeleleri ve kemik oluşumunu uyaran büyüme faktörleridir. Ancak oluşturulan doku iskelelerinin yeterli mekanik dayanıma sahip olmaması ve osteojenik (kemik dokunun oluşumu) farklılaşmayı uyaran büyüme faktörlerinin yeterli miktarlarda sentezlenmemesi bu çalışmaların başlıca eksikliklerini oluşturmaktadır. Bu noktada, eksikliklerin üzerinden gelmek için, nanoparçacık teknolojisi ile doku mühendisliği tekniklerinin birleştirilmesiyle gündeme gelmektedir.

Kemik doku mühendisliğinde sıklıkla tercih edilen biyobozunur polimer ya da seramik malzemeler osteokondaktif (kemik doku oluşumunu destekleyen) ve biyoyumlu özelliklerin yanında yeterli mekanik dayanımlara sahip olmayabilir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda bu malzemelerin mekanik yapılarının artırılmasında nanoparçacıklar kullanılmaktadır. Nanoparçacıkların tercih edilme nedenlerinin başında bu yapıların hücresel ve moleküler bileşenlerle aynı boyut aralığına sahip olması gerekmektedir. Canlı organizmalar genellikle 10 mikron boyutundaki hücrelerden oluşmaktadırlar. Hücreyi oluşturan yapıların büyüklüğü ise mikron alt birimleri mertebesinde (Şekil 3.3.). Boyutları yalnızca 5 nm civarında olan proteinler, insan yapımı en küçük nanoparçacıklar ile karşılaştırılabilmektedir. Aynı zamanda nanoparçacıkların kullanılması, kemik dokuda bulunan organik ve inorganik minerallerin de nanoyapıda olması nedeniyle, vücut içindeki ortamın daha iyi taklit edilmesine olanak sağlamaktadır. Uygun bir yüzey geometrisi ve mekanik dayanım sağlayan bu yapılar malzeme ile çevre doku arasındaki etkileşimi desteklemektedir.



Şekil 3.3. Nanolifli ve mikrolifli yapıların karşılaştırılması.

Hidroksipatit (HA) ve trikalsiyumfosfat gibi biyoseramiklerin kemik doku mühendisliğindeki kullanımı uzun yıllar önce gündeme gelmiştir. Bu yapılar kemik dokuda bulunan doğal minerallerle kimyasal ve yapısal açıdan oldukça benzerlik göstermektedir. Bu nedenle biyoseramikler, osteoblastların çoğalmasını ve buna bağlı olarak osteojenik farklılaşmayı uyarmaktadır. Ancak bu malzemelerin kırılğan olmaları, işlenmelerindeki zorluklar, yavaş bozunma hızları kullanımlarını sınırlandırmaktadır. Bu nedenle HA nanoparçacıkların, polimerler ile birleştirilmesi konusunda çalışılmaya başlanmıştır. Böylece HA'nın osteokondaktivitesi ile polimerin biyobozunur özelliği birleştirilmiştir. Polimer doku iskelesinin içerisine katılan HA nanoparçacıkların, malzemenin yapısındaki gözeneklerin morfolojisini değiştirerek protein emilimini daha uygun hale getirdikleri belirlenmiştir. Bu alanda gerçekleştirilen çalışmalarda, doğal kemik dokusunda bulunan HA boyunun (kemikteki HA parçacıkların eni 2-5 nm arasında, boyu ise yaklaşık 50 nm) taklit edilmesiyle elde edilen üç boyutlu doku iskelelerinin, yeterli mekanik dayanıma sahip olmasının yanında hücre yapışmasını ve göçünü de desteklediği tespit edilmiştir (Bilim ve Teknik Dergisi, Ekim 2007).

3.1.8. Nanoparçacıklar ile büyüme faktörlerinin taşınması

Kemik dokunun yeniden yapılanmasında rol oynayan büyüme faktörlerinin başında; BMP (bone morphogenetic protein), TGF, (transforming growth factor-dönüştürücü büyüme faktörü) ve VEGF (vascular endothelial growth factor-damar

endoteli büyüme faktörü) gelmektedir. Bu büyüme faktörleri tek başlarına ve birlikte hareket ederek osteojenik farklılaşmayı etkilemektedir. Bu nedenle doku mühendisliği uygulamalarında büyüme faktörlerinin kullanımı zorunlu hale gelmektedir. Ancak bu faktörlerin implante edilecek doku iskelesinin yüzeyine doğrudan enjekte edilmesi durumunda, kararsız kimyasal yapıları, yarı ömürlerinin kısa olması ve doku içerisine yeterince alınamamalarından dolayı, etkin sonuçlar elde edilememektedir. Bu nedenle büyüme faktörlerinin taşıyıcılara yerleştirilerek, kontrollü ve uzun süreli salınımı gündeme gelmiştir. Bu amaçla; biyouyumlu, biyobozunur, sentetik veya doğal polimerlerden (kollajen, kitosan, aljinat) ya da inorganik malzemelerden (HA, trikalsiyumfosfat) elde edilen taşıyıcılar kullanılmaktadır. Ayrıca, büyüme faktörlerini taşıyan nanoparçacıklar da taşıyıcı sistemler arasında yer almaktadır (Bilim ve Teknik Dergisi, Ekim 2007).

3.1.9.Nanoparçacıklarla gen taşınımı

Taşıyıcı sistemlerde DNA'yı taşıyan vektörlerin boyu kritik öneme sahiptir. Hedef hücre ve dokuya kolayca tutunacak, aynı zamanda da endozom-lizozom sürecinden kurtularak DNA'nın parçalanması engelleyecek boyutta olmaları nanoparçacıkları uygun taşıyıcılar haline getirmektedir. Viral vektörlerle karşılaştırıldığında bağışıklık cevabı oluşturmaları, enfeksiyon riski taşımaları ve boyutlarına göre farklı konsantrasyonlarda DNA molekülünün yüklenmesine olanak vermeleri, bu yapıların diğer avantajları arasında sayılmaktadır.

Büyüme faktörlerinin yanında kemik dokunun yeniden yapılanması için gerekli bir diğer önemli parametre de kan damarlarının oluşumudur. Bu alanda yapılan bir çalışmada VEGF sentezinden sorumlu gen bölgesini taşıyan plazmid DNA, polimerik nanoparçacık taşıyıcılara yüklenmiştir. Biyobozunur özellikteki nanoparçacıkların kalp kası hücrelerine başarıyla tutundukları ve hücre çekirdeğine ulaştıkları görülmüştür. Ayrıca artan kılcal damarlarla, anjiyogenezin (yeni kan damarlarının oluşumu) uyarıldığı belirlenmiştir (Bilim ve Teknik Dergisi, Ekim 2007).

3.1.10. Manyetik nanoparçacıklar

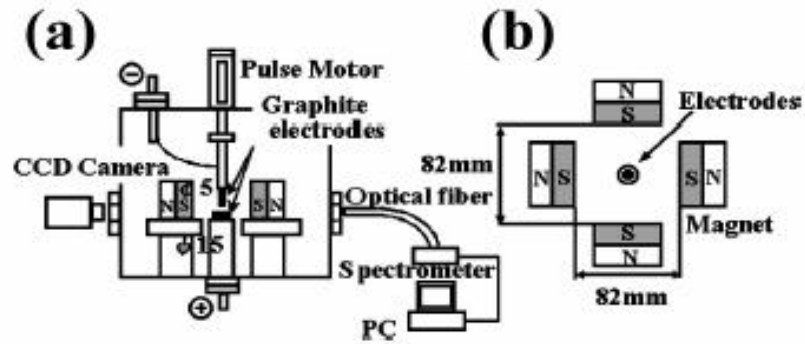
Manyetik yöntemler doku mühendisliği çalışmalarında bir süredir dolaylı olarak kullanılmaktadır. Doku mühendisliği çalışmalarının yürütülmesi için gerekli basamakların başında, istenilen hücrelerin yeterli miktarda ve saflıkta elde edilmesi gerekmektedir. Bu aşamada manyetik ayırma işlemleri devreye girmektedir. Manyetik ayırma geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında oldukça basit, hızlı ve ucuz bir yöntemdir. Ayrıca bu yöntemle hücreler, herhangi bir değişikliğe uğramadan ve yüksek canlılık oranında elde edilebilmektedir. Hücrelerin manyetik olarak işaretlenmesinde genellikle manyetit (Fe_3O_4) ya da hematit (Fe_2O_3) demiroksit parçacıkları kullanılmaktadır. Bu manyetik nanoparçacıkların yüzeyi işlevsel hale getirilmek üzere polimerik yapılar ile kaplanmıştır. Böylece yapıların hücreler üzerindeki toksik etkisi de engellenmiş olur. Daha sonra manyetik parçacık yüzeyine hedef hücreye özgü antikolar bağlanmaktadır ve manyetik işaretler hücre süspansiyonu ile etkileştirilmektedir. Bu etkileşim sonucu hedef hücreler, manyetik işaretler üzerindeki özgül antikolara bağlanmaktadır. Manyetik alan yardımı ile manyetik olarak işaretlenmiş hedef hücreler hücre süspansiyonundan ayrılmaktadır. Son olarak manyetik işaretler uzaklaştırıldıktan (enzimatik ya da mekanik işlemlerle) sonra hücreler istenilen çalışmalarda kullanılmaktadır.

Manyetik nanoparçacıkların çeşitli doku mühendisliği çalışmalarında doğrudan kullanılması ise son zamanlarda gündeme gelen bir konudur. Yeni doku mühendisliği uygulamalarında hücrelerin nanoparçacıklar ile işaretlenmesi ve daha sonra da manyetik bir alan kullanılarak istenilen şekilde yönlendirilmeleri için çalışılmaktadır. Bu amaçla gerçekleştirilen çalışmaların birinde epidermisin ana hücresi olan keratinositler manyetik olarak işaretlenmiştir. Bunun için manyetik katyonik lipozomlar kullanılmıştır. Lipozomların hızla hücre içerisine alındıkları görülmüştür. Daha sonra manyetik işaretli hücreler kültür kaplarına ekilmiş ve kültür kaplarının altına bir mıknatıs yerleştirilerek manyetik alan uygulanmıştır. Hücreler işaretsizken ya da manyetik alan uygulanmadığında, hücre yapışması etkin olarak sağlanamamıştır. Buna karşın işaretli hücrelerin manyetik alan varlığında kültür kabının yüzeyine yapıştıkları

ve yayıldıkları görülmüştür. Daha sonra kültür kabının altındaki mıknatıs uzaklaştırılmış ve mıknatısın yüzeyi polivinilidiflorür (PVDF) zar ile kaplanmıştır. Bu defa mıknatıs, hücrelere yukarıdan yaklaştırılmıştır. Hücreler mıknatısın uygulandığı manyetik alanın etkisiyle kültür kabının yüzeyinden kalkarak PVDF zara yapışmıştır. Böylece herhangi bir enzimatik müdahaleye gerek kalmadan hücreler kültür kabının yüzeyinden tabaka halinde ayrılabilmiştir (Bilim ve Teknik Dergisi, Ekim 2007).

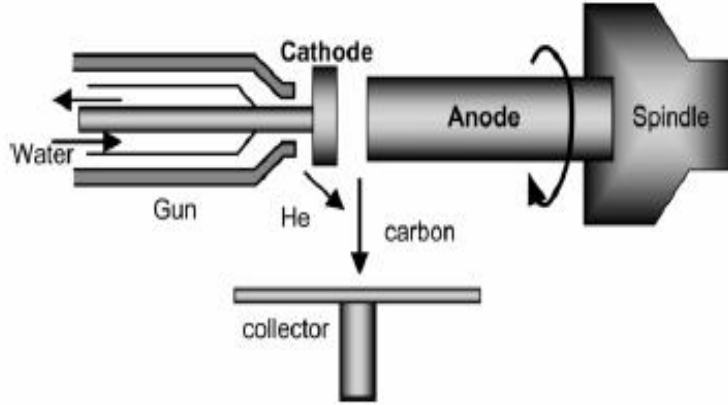
3.1.11. Karbon nanotüplerin muhteşem dünyası

Aşırı derece saf grafit çubuklar (saflık > %99.999) elektrot olarak kullanılmıştır. Son derece saf çok duvarlı nanotüpler (MWNT) (saflık > %95) daha fazla bir arınma olmadan elde edilmiştir (Şekil 3.4.). Bu da MWNT'lerin duvarlarını bozmaktadır.



Şekil.3.4. Manyetik alan içindeki MWNT'nin sentez sistemi içindeki şematik diyagramı.

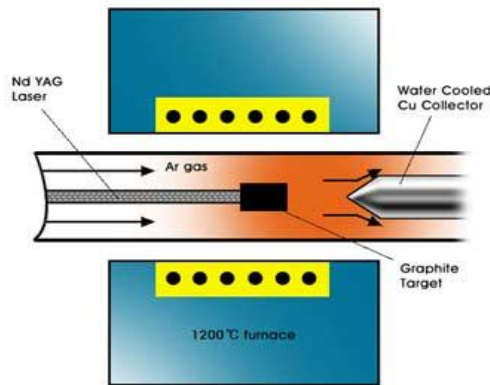
İkinci olarak MWNT'nin seri üretimi için muhtemel ekonomik yol, plazma döndüren ark boşaltımı tekniğidir. Döndürme ile oluşan merkez kaç kuvveti türbülans oluşumuna neden olur ve karbon gazının dikey bir şekilde anoda yaklaşmasını hızlandırır. Ek olarak döndürme işlemi düzgün olarak mikro boşaltımı sağlayarak sabit bir plazma üretir. Sonuç olarak bu işlem plazma hacmini ve plazma sıcaklığını artırmaktadır (Şekil 3.5.).



Şekil 3.5. Plazma ark boşaltımı.

5000 rpm'lik bir dönüş hızında %60'lık bir ürün katalist kullanılmadan 1025°C sıcaklıkta bulunmuştur. Dönüş hızı artırılırsa ve sıcaklık 1150°C'ye çıkarılırsa ürün arınmadan sonra %90'a kadar artmaktadır.

Lazer ısı çekimi, lazer buharlaşma ile karbon nanotüplerinin senteziyle 1995'te Rice Üniversitesi'nden Smalley'nin grubu tarafından rapor edilmiştir. Smalley'nin grubu tarafından kullanılan lazer buharlaşma cihazı (Şekil 3.6.)'da gösterilmektedir. 1200°C'de bir fırında grafit bir hedefi darbeli veya sürekli olarak buharlaştırma için kullanılmaktadır. Darbeli ve sürekli lazer arasındaki ana fark darbeli lazer çok daha yüksek bir ışık şiddeti gerektirmektedir. (100 kW/cm² diğeri ise 12 kW/cm²) Basıncı 500 Torr'da tutmak için fırın, helyum ve argon gazıyla doldurulur. Çok sıcak olan buharlaşmanın oluşturduğu bulutlar çok hızlı dağılır ve soğur. Buharlaşan türler soğurlar, küçük karbon molekülleri ve atomlar daha büyük kümeler (fulerinler gibi)



Şekil 3.6. Lazer buharlaşma cihazı.

oluşturmak için yoğunlaşırlar. Katalizörlerde yoğunlaşırlar fakat başta daha yavaş gerçekleşir, karbon kümelerine bağlanırlar ve bunların kafes yapısını kapatmasını engellemektedirler. Hatta katalizörler bağlandıklarında kafes yapılarını da açabilirler. Bu en baştaki kümelerden, katalizör parçacıkları çok büyük olana kadar boru şeklindeki moleküller, tek duvarlı karbon nanotüplerini oluşturur veya şartlar, karbon artık katalizör parçacıklarının içine veya yüzeyine yayılacak kadar soğumuş olana kadar oluşturur. Ayrıca katalizörlerin karbon katmanı ile kaplanmış olması ve bu yüzden daha fazla emilmeyecek olmaları olasılığından da nanoboru büyümeği durdurur. Olayda oluşan tek duvarlı nanotüp (SWNT) van der waals kuvvetleri ile bağlıdır (“The Wonderous World of Carbon Nanotubes” Eindhoven University of Technology, 27 Şubat 2003).

3.2.BN Nanotüpler

3A grubu elementlerinden Bor (B), bir ametaldir ve gruptaki diğer elementlerden çok daha küçük bir atomdur. Bu durum ametal bor ve metal özellikteki diğer grup elemanları arasında belli farklılıklara neden olmaktadır. BN nanotüpler, karbonun yarar sağlayan birbirine bağlı basit altıgen şekillerinden daha karmaşık şekle sahip olabilmektedirler. Bundan dolayı borun kimyasının oluşturduğu kümes teli şekli kararsızdır. Çok yüksek sıcaklıklarda (2000°C) metallerle reaksiyona giren borlardan borürler oluşur ve bunlar çok serttir. Aynı zamanda kimyasal olarak stabildir ve metalik iletkenliği gelişmiştir.

Bor'un amonyak ve nitrojen ile yüksek sıcaklıklarda bor nitrür (BN) oluşturacak şekilde reaksiyona girmesiyle BN nanotüpler elde edilmektedirler. BN nanotüpler yaklaşık 6 eV'luk bir bant genişliğine sahiptirler ve tüp çapından bağımsız olup manyetik değildirler. BN nanotüpleri yapabilmek için yüksek sıcaklıklarda dayanıklı malzemelerin üretilmesinde chemical vapour deposition (CVD) olarak bilinen kimyasal işlem uygulanmaktadır. BN nanotüpler yalıtkan yağlar, yüksek ısıya dayanıklı yarıiletkenler ve nanokablolu olabilen süper paramagnetizma, fotoluminesans ve coulomb engeli olarak; elektronik, optiksel ve manyetik özellikleri göstermesi

beklenmektedir (<http://www.gyte.edu.tr/default.asp?sira=218&tip=511&hoca=218965&sayfa=1>).

3.2.1. BN nanotüplerin elde edilişi

Elmasta en sert madde olan ametal bor, gri-siyah kristalin veya amorf mikrokristalin, yeşilimsi sarı renkli bir yapıdadır. Başlıca özellikleri, periyodik sırası 5, atom ağırlığı 10.82, izotopları ^{10}B :%19.57, ^{11}B :%80.43, termik nötron absorpsiyon kesiti ^{10}B :40.10 Barn, ^{11}B :07.5 Barn, kristal yapısı tetragonal-hekzagonal olup; yoğunluğu 2.33 g/cm^3 -Amorf; 2.34 g/cm^3 , erime noktası 2190°C (-20°C), sertliği 9.3 Mohs'tur. Bor bileşiklerinin yaygın kullanımları ve borun element olarak erken tanımlanmış olmasına karşın, bor kimyası çalışmaları nispeten kısıtlı bir alanda sürdürülmüştür. Bunun nedenleri; temel olarak bor bileşiklerinin hidroliz veya oksidasyona yönelik stabil olmayan nitelikleri ve malzemelerin birçoğunun kullanımındaki yapısal zorluklarıydı. Nihayet Stock ünlü deneysel vakum tekniğini geliştirince bor kimyasının araştırılmasında yeni bir kapı aralandı. Grup IIIA elementlerinden sadece bor bir ametaldir. Bu gruptaki diğer elementler; alüminyum, galyum, indiyum ve talyumdur. Grup IIIA elementlerinin elektronik dizilimi Çizelge 3.1.'de listelenmiştir ve elementlerin özellikleri ise Çizelge 3.2.'de belirtilmektedir. Bor, gruptaki diğer elementlerden çok daha küçük bir atomdur. Bu durum, ametal bor ve metal özellikteki diğer grup elemanları arasında belirli farklılıklara neden olur. Ga, In ve Tl'un atom büyüklükleri periyodik sınıflandırmada kendilerinden hemen önce gelen elementlerin elektronik iç yapılarından etkilenir (özellikle lantanitten sonra gelen talyum örneği gibi). Bu nedenle de, atom yarıçapı ani şekilde veya standart olarak bu elementlerin artan atom numaralarıyla birlikte artmaz. Bu elementlerin göreceli şekilde küçük oluşları gruptan aşağı inerken bile beklenen şekilde azalmayan nispeten yüksek iyonizasyon potansiyeli içermelerine neden olmaktadır Bu elementlerin hiçbiri en ufak şekilde bile basit bir anyon oluşturma eğiliminde değildir. Elementlerin elektronik konfigürasyonlarının da mantıklı kıldığı biçimde en sık rastlanır oksidasyon seviyesi $+3$ 'tür. Nispeten yüksek olan bu değer, göreceli olarak küçük iyonik yarıçaplarla bir araya gelerek üstün polarize nitelikleri olan tipler ortaya çıkarmaktadır (<http://tr.wikipedia.org/wiki/bor>).

Çizelge 3.1. Grup IIIA elementlerinin elektronik konfigürasyonu.

Z	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	6s	
B	5	2	2	1											
Al	13	2	2	6	2	1									
Ga	31	2	2	6	2	6	10	2	1						
In	49	2	2	6	2	6	10	2	6	10	2	1			
Tl	81	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	2ccc

Çizelge 3.2. Grup IIIA elementlerinin bazı özellikleri (<http://tr.wikipedia.org/wiki/bor>).

	Bor	Alüminyum	Galyum	İndiyum
Erime Sıc. (°C)	2079	2000	29.8	156.61
Buharlaştırma Sıc. (°C)	0194	2519	2204	2072
Atomik yarıçap (pm)	80	125	125	150
İyonik yarıçap Me ³⁺ (pm)	23	57	62	81
1. İyonizasyon enerjisi (kJ/mol)	801	579	579	560
2. İyonizasyon enerjisi (kJ/mol)	2422	1814	1968	1814
3. İyonizasyon enerjisi (kJ/mol)	3657	2740	5953	2692
Hidrasyon ısısı (kJ/mol)	- 4690	- 4703	- 4159	
İndirgenme (Me ³⁺ /Me) potansiyeli (V)	- 1,67	- 0,52	- 0,34	

Buna bağlı olarak, +3 değerli bileşiklerin elementleri baskın şekilde kovalenttir; bu kovalent nitelik ayrıca göreceli olarak elementlerin yüksek ilk üç iyonizasyon potansiyelinden de kaynaklanmaktadır. İstisnai olarak kendi kimyasında ametal olan bor haricindeki diğer IIIA elementleri su çözeltisinde +3 değerlikli iyon olarak bulunmaktadır. Bu iyonlar yüksek oranda su içerirler, ancak hidrasyon ısıları çok yüksektir.

Çok yüksek sıcaklıkta (2000°C) bor birçok metalle reaksiyona girerek borürler oluşturur. Bu madde çok serttir, kimyasal olarak stabildir ve metalik iletkenliği gelişmiştir. Bazı metalik borürlerin kristallerinde bor atomları aralıklıdır, diğerlerinde

zincirler veya bor atomu katmanları (tabakaları) mevcuttur. Magnezyum borür (MgB_2), diğer borürlerden farklı olarak bor hidrür karışımları üretecek şekilde hidrolize formda mevcuttur.

Bor, amonyak veya nitrojen ile yüksek sıcaklıklarda bor nitrür (BN) oluşturacak şekilde reaksiyona girer. Bu malzeme karbonla izoelektroniktir ve grafitte benzerdir, fakat farklı olarak bor ve nitrür atomları içeren kristal bir yapısı vardır. Çok yüksek sıcaklık ve basınçta BN'ün bu modifikasyonu elmas türü kafes (latis) formuna dönüşür ve elmas kadar serttir.

Bor, sembolü B olan atom numarası 5 olan element. Bor üç değerli metalik olmayan bir element olup; boraks ve uleksit bileşiklerinde çokca bulunmaktadır. Bor dünya da serbest element olarak bulunmaz. Boronun bir çok allotropu vardır; amorf katı bor kahverengi renkte bir toz iken, sağlam kiristalli bor siyah, sert (Mohs ölçeğinde 9.3), oda sıcaklığında zayıf iletkenidir. Elementel bor yarıilekten endüstrisinde dopant olarak kullanılır iken, diğer önemli boron bileşikleri hafif yapı malzemeleri, toksik olmayan böcek ilaçları, koruyucular ve kimyasal sentez bileşiklerinde kullanılmaktadır. Bor bitki gelişmesi için gerekli bir madde iken, yüksek konsantrasyonda bor içeren toprak bitkiler için toksik olabilir. Canlı vücudunda çok az bulunan borun, farelerin ve diğer memelilerin sağlıklı yaşamasında rolü olduğu sanılmaktadır.

Kahverengi amorf bor belli reaksiyonlar sonucu üretilirken, birbirleriyle gelişmiş güzel düzensiz bağlanan bor atomlarından oluşmaktadır. Kristal bor ise, çok sağlam, yüksek erime noktasına sahip siyah bir materyaldir. Bor kristallerinin optiksel karakteristik özelliklerinden biri kızılötesi ışık yaymalarıdır. Borun oda sıcaklığında elektrik iletkenliği çok az olduğu halde, yüksek sıcaklıklarda bor iyi bir iletken olarak davranmaktadır.

Bor elementi boş bir p orbitaline sahip olduğu için kimyasal olarak elektronca fakirdir. Bu nedenle genelde lewis asidi olarak davranır, başka bir deyişle elektron zengini bileşiklerle kolayca bağlanarak elektron ihtiyacını giderir. Ayrıca bor metal

olmayan elementler arasında en düşük elektronegativiteye sahip olduğunda reaksiyonlarda genelde elektronlarını kaybeder, başka bir deyişle yükseltgenir.

En yaygın bilinen türevi olan “boraks”, Araplarca “tinkal” olarak da adlandırılmakta olup, 16. yüzyılda eritme işlemlerinde kullanılmaktaydı. Yaygın uygulama alanı bulunan borik asit ilk kez 1808’de Homberg tarafından hazırlanmıştır. Ayrıca 1808’de Davy borik asit elektrolizinden amorf bor elde etmiş ve 1856’da Wöhler ve Sainte-Claire Deville tarafından kristalin modifikasyonu tarif edilmiştir.

Bor mineralleri, sanayide sayısız denecek kadar çok çeşitli işlerde kullanılmaktadır. Bor minerallerinden elde edilen boraks ve asit borik; özellikle nükleer alanda, jet ve roket yakıtı, sabun, deterjan, lehim, fotoğrafçılık, tekstil boyaları, cam elyafı ve kağıt sanayinde kullanılmaktadır, ayrıca çok mükemmel bir kristaldir.

Üretim için kullanılan diğer bir yöntem de; A.B.D. Kaliforniya’da bazı tuzlu su çözeltilerinde %1.5 kadar boraks bulunmaktadır. Borakslı göllerden itibaren sadece bir kristallendirme işlemiyle elde edilen üründe, sodalı su ile yapılan tekrar kristallendirmeler yardımıyla saf hale getirilmektedir. (Borik asidin zayıf bir asit olması nedeniyle boraks, su etkisiyle kısmen hidrolize uğrar; dolayısıyla meydana gelen boraks kristallerinin bir kısmının hidrolizini önlemek için, boraksın sodyum karbonat eşliğinde kristallendirilmesi gerekir.). Türkiye’de büyük çapta boraks üretimi, 1968’de Bandırma’da Etibank Boraks ve asitborik fabrikalarında önce kolemanitten başlayarak yapılmıştır. Öğütülmüş kalsine kolemanit, Na_2CO_3 ve NaHCO_3 ile reaksiyona sokulur, reaksiyon sonucu oluşan CaCO_3 çamurunun süzülmesiyle geriye kalan ana çözelti kristallendirilir, ayrılan kristaller kurutulur ve torbalanır. Bor mineralleri, dünyanın sayılı bir kaç ülkesinde bulunur. Bunlar içinde %72 oranı ile en zengin ülke, Türkiye’dir. Ancak üretimin ve ihracatın sınırlı olması nedeniyle bu maden, yurt ekonomisinde önemli bir yer tutmamaktadır. Başlıca bor yatakları; Balıkesir, Kütahya, Bursa ve Eskişehir’de bulunmaktadır. Bor minerallerini işletmek için Kırka, Emet, Bigadiç, ve Kestelek’te tesisler bulunmaktadır. Değerli bir maden olduğu Bor’un önümüzdeki çağın en popüler madeni olacağı, petrolden bile önemli olduğu, bazı güçlerin Türkiye’deki bor madenlerini ele geçirmek için oyunlar oynadığı görüşü

hakimdir. Stratejik öneminin abartıldığı görüşü Türkiye’de bor üretiminden çok yüksek kazançlar elde edilebileceğinin yanlış bir inanç olduğu, dünyada %66 rezerve sahip olduğu halde, pazarın sadece %25’ini elinde tutan Türkiye’nin bor madenini teknolojide kullanmadan bir katma değer yaratamayacağı düşünülmektedir.

Avrupa Birliği’nin (AB), Türkiye’deki bor madeninin, kısırlık yaptığı için “üremeye olumsuz etkili toksik madde” listesine alması Eti Maden Genel Müdürlüğü’nü harekete geçirmiştir. Genel Müdürlük, iddianın doğruyu yansıtmadığını kanıtlamak için Bandırma’da bulunan Eti Maden İşletmeleri’nde çalışan 100 işçiden alacağı sperm, kan ve idrar örneklerini araştırmıştır. Petrol- İş Bandırma Şubesi Başkanı Recep Gökdeniz, bor madeninin kısırlığa neden olmadığının araştırılması için aralarında Bandırma M. Güven Karahan Devlet Hastanesi Başhekimi Dr. Yalçın Düker’in de yer aldığı, 2 profesör, 1 doçent ve 3 uzman hekimden oluşan ekip oluşturulduğunu söylemiştir. Bor madenlerinin kısırlığa neden olduğu iddiasının gerçeği yansıtmadığını anlatan Recep Gökdeniz “Eti Maden Genel Müdürlüğü konunun üzerine ciddi biçimde çalışmaktadır. Oluşturulan laboratuardaki çalışmalar için şimdilik 500 bin YTL ödenek ayrılmıştır. Tesislerde çalışan 600 kişiden 100’ü üzerinde inceleme ve araştırma yapılmıştır. Bu kişilerin, kan ve idrar numuneleri ile spermleri alınıp incelenmiştir. Bu AB’ye kanıt olarak sunulmuştur. Dünyadaki bor rezervinin %70’i Türkiye’de çıkartılmaktadır. Bandırma’daki tesiste ise 600 çalışanla, yılda 90 bin ton asit borik üretimi yapılmaktadır. 550 milyon dolar değerindeki asit borik, aralarında ABD ve Çin’inde bulunduğu birçok ülkeye ihraç edilmektedir” şeklinde açıklamada bulunmuştur (<http://www.frmt.com/fizik-kimya/2794059-ametel-kimyasi-bor.html>).

3.2.2.BN nanotüplerin uygulamaları

BN nanotüplerin yapısal ve fiziksel özelliklerinden dolayı ağır sanayi makineleri, uçak malzemeleri, dayanıklı inşaat malzemeleri, diyot ve transistör üretimi içinde büyük bir gelişme sağlayacaktır. Bu sayede çok ağır makine malzemeleri daha hafif ve ısıya daha dayanıklı sert malzemelerden üretilebilecektir.

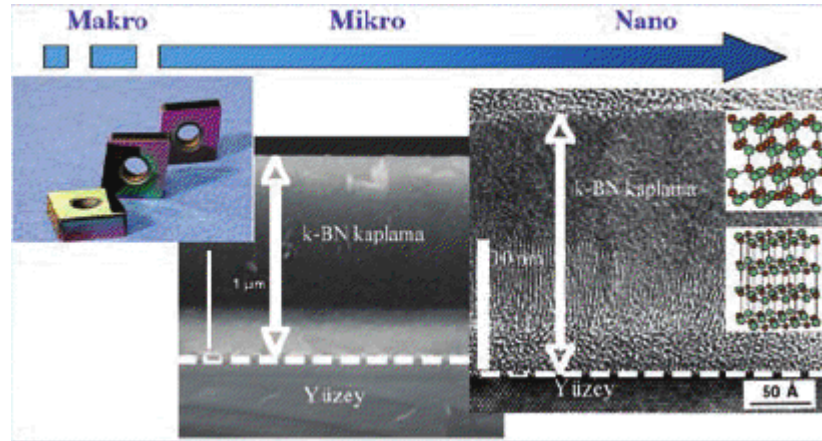
3.2.3.Ultra–sert bor içeren koruyucu kaplamalar

Yüzeylerin alışla gelenden farklı karakterleri bazen bilim ve teknolojinin yararına kullanılabilirken, üstün katalitik özellikleri gibi, diğer yönden de son derece yıkıcı ve aşılması güç sorunlar olarak ekonominin ve endüstrinin önüne çıkabilmektedir. Buna en canlı örnek olarak birbirleriyle etkileşimde olan hareketli iki yüzeyin aşınması, sürtünmenin yol açtığı aşırı ısınma, oksidasyon ve korozyona dayalı olarak malzemelerin bozunması gösterilebilir.

Dr. Peter Jost ve ekibi 9 Mart 1966'da İngiliz hükümetine sundukları, bugün "The Jost Report" ismi ile anılan raporda sürtünme, korozyon ve aşınma kaynaklı kayıpların İngiltere ekonomisine yıllık maliyetinin gayri safi milli hasılanın (GSMH) %4'ü kadar olduğunu belirtmişlerdir. İzleyen 10 yıl içinde benzer çalışmalar A.B.D, Almanya, Kanada ve diğer sanayileşmiş ülkelerde tekrarlanmış, önleyici tedbirler alınması ve yeni dayanıklı yüzeyler geliştirilmesi sayesinde kayıpların bir kısmının önlenileceği kanıtlanmıştır. Koruyucu kaplama teknolojisi, yüzeylerin korunması ve bozunmanın önlenmesi için geliştirilen yöntemlerden en basitidir. Bozunmaya dayanıklı bir malzemenin iki boyutlu ince tabaka halinde korunması gereken yüzeylerin üzerine kaplanması sureti ile yeni ve daha dayanıklı bir yüzey elde edilmesidir. Metal yüzeylerin korozyona karşı boyanması, bakır tencerelerin kalaylanması, veya alüminyum yüzeylerin anodizasyonu gibi işlemler bu tekniğin en basit ve yaygın örnekleri olarak gösterilebilir. Günümüzde yüksek teknolojinin girdiği alanlar genişledikçe yüzey sorununun bir yüzü olan aşınmaya dayanıklılık ve sert kaplamalar konusu gittikçe önem kazanmaktadır. Sert kaplamaların uygulama alanları kalça, diz ve diğer eklem protezleri, jet motorları, sabit diskler, talaşlı imalatta kullanılan delici/kesici/aşındırıcı uçlar, silindir ve piston gövdeleri, rulman yatakları gibi çok geniş bir yelpazeyi kaplamaktadır. Sert kaplamaların endüstriyel rolünü ve önemini anlamamız için şu örneğe dikkat etmemiz lazımdır: Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı (DOE) yeni malzemeler araştırma bütçesinin %59'unu bozunmaya dayanıklı (aşınma, sürtünme, korozyon vb.) malzemelere ayırırken, bunun içinden sert koruyucu kaplamaların araştırılmasına ayıracağı payı %26 olarak açıklamıştır. Aynı çalışmada ultra-sert (>40 GPa), aşınmaya dirençli nano-kristal kaplamaların geliştirilmesiyle yakın

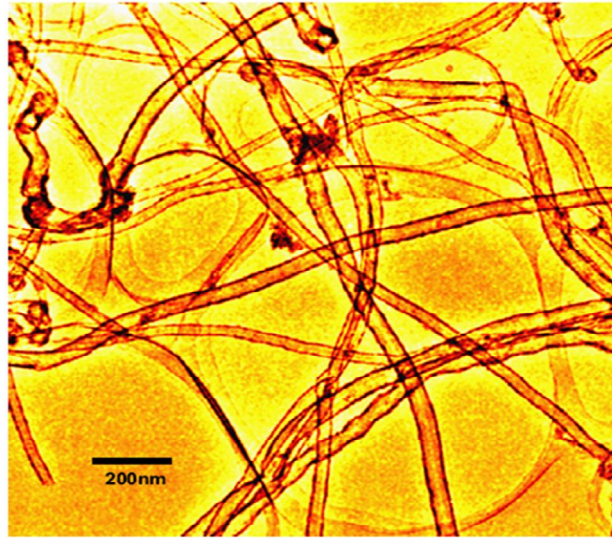
gelecekte senede 2.4 milyar dolarlık enerji kaybının önlenmesi hedeflenmektedir. Son zamanlarda bu konu üzerine yoğunlaşan çalışmalar bor-karbon-azot (B-C-N) üçlü sistemini yaygın endüstriyel kullanıma elverişli ultra-sert ve aşınmaya dirençli kaplamalar yönünden yüksek potansiyele sahip göstermektedir. Özellikle, ülkemizin düşük bir katma değerle yurtdışına sattığı bor madeni daha sonra yurtdışından yüksek maliyetle saflaştırılmış ileri teknoloji ürünü bor içeren bileşikler veya sistemler olarak geri satın aldığını düşünürsek bu çalışmaların önemini daha iyi kavrayabiliriz.

B-C-N sisteminde en popüler kaplamalara örnek olarak kübik-bor nitür, (k-BN) kaplamalar verilebilir. k-BN kaplamalar endüstride günümüzde yaygın olarak kullanılan koruyucu kaplamalardan titanyum nitür (TiN) elmasbenzeri-karbon (DLC) gibi kaplamalardan 2-3 kat daha sert ve 10 kat daha üstün aşınma direncini göstermektedir. Ancak bu yüksek potansiyeline karşın k-BN'ün sentezlenmesinde var olan sorunlar endüstriyel uygulamalarını ciddi bir şekilde kısıtlamaktadır. Bu sorunların aşılması için yazıda daha önce belirtildiği gibi gelişmiş ülkelerde çok ciddi ve yüksek bütçeli çalışmalar finanse edilmektedir (Şekil 3.7.) (Bilim ve Teknik Dergisi, Aralık 2006).



Şekil 3.7. Kübik BN koruyucu kaplamaların endüstriyel uygulamalar için uyarlanması için yapı araştırmaları makro ve mikro seviyelerle yeterli kalmayıp nanoboyutlarda da yürütülmektedir. Endüstriyel uygulamaların önündeki engeller çoğu kez sistemlerin atomik boyutlarda gözlenmesiyle çözülebilmektedir.

Söz konusu çalışmalarda kaplamaların sentezlenmesi sırasında geçen olaylar atom seviyesinde çözünürlük sağlayan taramalı tünelleme mikroskobu (STM) ve geçirimli elektron mikroskobu (TEM) kullanılarak atomlar seviyesinde gözlemlenmektedir (Şekil 3.8.). Bu tekniklerden elde edilen veriler kullanılarak yüksek kalitede ve istenilen özelliklere sahip kaplamaların üretilebileceği fiziksel ve kimyasal ortamlar araştırılmaktadır. Bunun dışında bu tür teknikleri sentez metotları ile eş-zamanlı kullanımı ile büyüme mekanizmalarına anında müdahale mümkün olmaktadır. Daha önceleri deneme-yanılma yolu kullanılarak deney masasından endüstriye uygulanması on yıllar süren bilimsel ilerlemeler bu tür gelişmiş teknikler kullanılarak birkaç yıl içinde gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3.8. BN nanotüpün TEM görüntüsü.

Maliyet-fayda oranı 1.50 olarak belirlenen sert ve aşınmaya dayanıklı kaplamalar konulu araştırmalar gelişmiş ülkelerde artan bir ivme ile devam etmektedir. Hedefi elmadan daha sert ve sürtünme katsayısı hemen hemen sıfır olan kaplamaların geliştirilmesi ve endüstriye uygulanması konulu araştırmalar sürerken Türkiye'nin bu konuya ilgisiz kalması düşünülemez bir durumdur (Ozdogan K. and Berber S., Optimizing The Hydrogen Storage in Boron Nitride Nanotubes by Defect Engineering, International Journal of Hydrogen Energy, 2008).

3.2.4. BN yüzey yapılarının etkili sentezleri, ilgili nanoyapıları ve onların hidrojen alınimleri

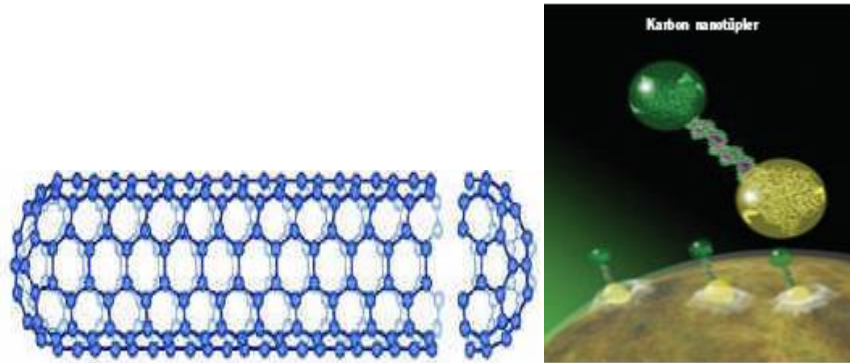
Son on yılda nano inorganik maddeler ortaya çıkan malzeme performansı ile ilişkisi ve kendi önemli nano-morfojileriyle dikkat çekmektedirler. Altıgen bor nitrür (BN) bir SP²-katmanlı yapısı, alternatif B ve N atomları, grafit olarak bilinen C atomları yerine kolayca yorumlanabilmektedirler. Bir katmanlı altıgen BN, kıvrılmış veya farklı şekilde haddelenmiş muhtemel çeşitli nanoyapılarda oluşturulabilmektedir. Sadece BN nanotüpler (BNNTs), C nanotüplerin keşfinden sonra Chopra ve arkadaşları tarafından 1995'te hazırlanmıştır. Bundan sonra diğer BN nanoyapılarda fullerence gibi, nanocones, nanobamboos ve benzerleri keşfedilmiştir. Benzer C tabanlı nanoyapılarda, katmanlı BN'lerin gaz depolama metaryellerinin özellikle hidrojen depolamanın önemli olması beklenmiştir. Çeşitli deneyleri ve teorik çalışmaları gösteren B-N tahvillerinin güçlü ionicityleri nedeniyle, BN nanomalzemeler hidrojen akümülatörler gibi C'lara rakip olmaktadır. Hatta onları geçmeleri beklenmektedir. Bunun anlamı, bir BNNT yüksek termal iletkenliğine ve oksidasyon direncine sahiptir ve bu yüzden bir C nanotüpten daha çok yapısal kararlılığa, aynı zamanda yüksek tedaviler cüretli uygulamalarda da avantajlı olabirliliğine sahiptir.

Şimdiye kadar keşfedilen çeşitli BN nanoyapılarda, sözde çökmüş kabul edilen BN nanotüpler ilk Tang ve arkadaşları tarafından hazırlanmıştır. BN nanotüpler çokça kırık boru şeklindeki kabuk yüzeyleri nedeniyle en yüksek yüzey alanına sahiptirler. Bu tür bir yüzey olarak BN nanotüplerin mükemmel hidrojen depolama yeteneği olduğu gözlemlenmektedir. Sayısız BN parçaları eğrilerinden meydana gelen çökmüş BN nanotüpler, geniş bir yüzölçümüne sahiptirler ve sayısız sarkan bağlar içerirler ki hidrojen molekülleri ve atomlarıyla doygunluk sağlayarak enerjilerinden yararlanmamızı sağlamaktadırlar. Ancak Tang yöntemi ile ilgili bazı sorunlar vardır. İlk olarak nanotüp üretim sırasında katalizör olarak platin kullanılmıştır. Bu nedenle, platinin etkisi gözlenen hidrojen alınımı değerlerinin yadsınması olmaktadır. İkincisi, platin gibi katalizörler sentezi pahalı yapmakta ve bir ürünün ekonomik verimini kısıtlanmaktadır. Böylece, yeni bir sentez yolu olarak bu ilginç BN yüzeylerine nanoyapılarda ihtiyaç duyulmaktadır ve bu yüzden BN nanoyapıların yüzeylerinin

ekonomik üretimi ve yüksek verimi yöntemi ile ilgili bir sentez geliştirilmiştir ve kükürt gazı içeren yüksek reaktivite özelliği dikkati çekmiştir. Çökmüş BN nanotüpler, roman bolan gibi ve yün gibi nanoyapılarda BN nanoyapılarına dahildirler. Hazırlanan BN ürünlerinin hidrojen alınımı ve sentez mekanizması üzerindeki çalışmalarda burada bildirilmektedir (Chopra N.G., Luyken R.J., Cherrey K., Crespi V.H., Cohen M.L., Louie S.G., Zettl A., Science 269 (1995) 966).

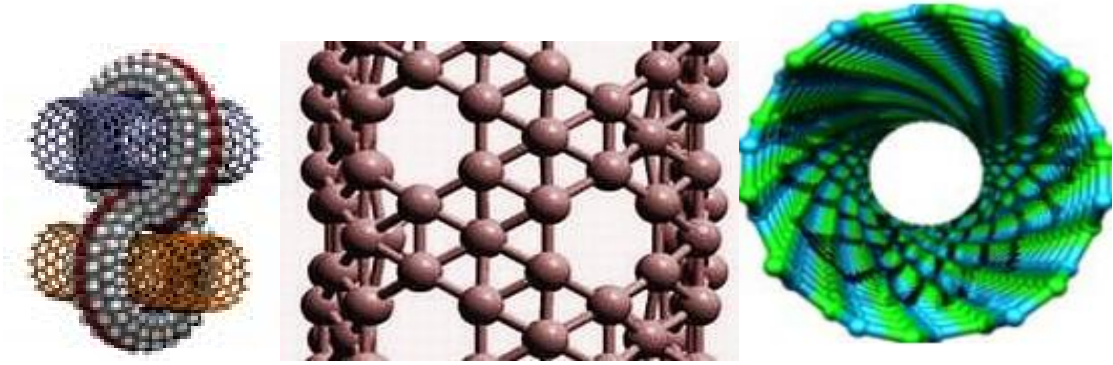
3.2.5. BN nanotüplerin karbon nanotüplerle karşılaştırılması

Karbon nanotüpler bilinen en sağlam malzeme olma özelliğine sahiptir. Hasarsız bir karbon nanotüp, kendi ağırlığının 300 milyon katı bir ağırlığa dayanabilecek sağlamlıktadır. Bu sağlamlıkta başka malzeme yoktur (Şekil3.9.). Karbon nanotüplerle birçok eşdeğer özelliğe sahip olan bor nanotüpler, nano mühendisliğin her alanında kullanılabilir ve hatta bazı elektronik uygulamalarda da karbondan daha iyi bir bileşen olabilmektedirler. Metalik bor nanotüpler, karbondan daha iyi iletken olduklarından çok yararlı olabileceklerdir.



Şekil 3.9. Karbon nanotüp görüntüleri.

Geniş olan BN nanotüpler metalse olabilirken, daha dar olanları yarıiletken olabilmektedir (Şekil 3.10.). Bu halde BN nanotüpler, nanoaygıtlarda hali hazırda bulunan karbon nanotüplerden yapılan diyot ve transistörlere benzer şekilde kullanılabilirler.



Şekil 3.10. Çeşitli BN nanotüp yapıları.

BN nanotüplerin yapısal ve fiziksel özelliklerinden dolayı ağır sanayi makineleri, uçak malzemeleri, dayanıklı inşaat malzemeleri, diyet ve transistör üretimi içinde büyük bir gelişme sağlayacaktır. Bu sayede çok ağır makine malzemeleri daha hafif ve ısıya daha dayanıklı sert malzemelerden üretilebileceklerdir (<http://www.gyte.edu.tr/default.asp?sira=218&tip=511&hoca=218965&sayfa=1>).

4.ETRAFIMIZDAKİ NANOTEKNOLOJİ

Bilimde elde edilen gelişmelerin ve varılan sonuçların, nonometre boyutlarında malzemenin teknolojiye ne kadar büyük olanaklar kazandırabileceği görülmüştür. Otomotiv ve benzeri imalat sanayilerinde, kar marjlarının düştüğü ABD’de iktisatçılar bu olanakları herkesten önce görüp Başkan Clinton’u etkileyerek, nanoteknolojiyi öncelikli alan ilan ettirmişlerdir. 1997’den itibaren konu bütün dünyada hızla gelişmiştir. Şimdi nanoteknoloji, bilgisayar devrimini izleyen ve 21. yüzyıla damgasını vuracak bir teknoloji devrimi olarak değerlendirilmektedir.

Son yıllarda ABD, Japonya, Avrupa Birliği, Kore, İsrail gibi gelişmiş ülkeler de her biri 100 milyon \$ ve üzerinde hacama yaparak çok sayıda ulusal araştırma merkezi kurmuşlardır. Harward, Cornell, Stanford gibi dünyaca tanınmış 13 üniversite de ABD’nin Milli Bilim Vakfı, nanoteknoloji merkezleri kurmuşlardır.

ABD Enerji Bakanlığı sadece 2006 yılında Argonne, ONR, Brookhaven, Sandia, Lawrence-Berkeley’de beş ulusal nanoteknoloji merkezi kurmuştur. İşletme bütçeleri Enerji Bakanlığınca karşılanan bu dev araştırma merkezleri, ABD ünlü üniversitelerince yönetilmektedir. Amerikan silahlı kuvvetleri, MIT üniversitesinde nanoteknolojinin askeri uygulamaları için çok kapsamlı bir araştırma enstitüsü kurmuşlardır. Bu enstitü MIT tarafından işletilmekte ve burada Amerikan ordusunun 2020 yılı için teçhizatı geliştirilmektedir. ABD’nin yıllık toplam 60 milyar \$ AR-GE bütçesi vardır. Bu kadar yatırım yapan ABD’de 2015 yılında nanoteknoloji ürün satışlarının 3 trilyon \$ geçmesi beklenilmektedir. Başkan Bush 2005 yılından itibaren 4 yıl süre ile nanoteknoloji alanında gerçekleştirilen araştırma ve geliştirme projelerinde kullanılmak üzere 3.7 milyar \$ tutarında fon ayrılmasını onaylamıştır.

Basel Üniversitesi’nde kurulan İsviçre Ulusal Nanoteknoloji Merkezi’ne federal hükümet her yıl 10 milyon İsviçre frangı kaynak sağlamaktadır. Kanada’da National Institute for Nanotechnology benzer şekilde kurulmuştur. Ayrıca Avrupa Birliği birçok üniversitede, birlik ülkelerine hizmet vermek üzere nanoteknoloji merkezleri kurmuştur.

Rusya parlamentosu Duma tarafından geçen temmuz ayı başında onaylanan kanuna göre Rusya, 2015 tarihine kadar 7 milyar \$ kaynağı nanoteknoloji araştırmalarına aktaracaktır.

Çin ise bir milyon nano teknoloji uzmanı yetiştirmek üzere yeni bir program başlatmıştır. Çin'in geliştirdiği nanoteknoloji tabanlı tekstil ürünleri geniş yankı uyandırmıştır. İsrail nanoteknoloji uygulamalarına beş yıl için 230 milyon \$ ayırmıştır. Güney Afrika Birliği'nin nanoteknoloji araştırmalarına ayırdığı kaynak 170 milyon \$'dır. Avrupa birliği 7. Çerçeve programında, malzeme bilimi ve nanoteknolojiyi öncelikli alanları arasına alarak 4.8 milyar Euro kaynak ayırmıştır. Hong Kong Bilim ve Teknoloji Üniversitesi ise, yerel ticaret ve sanayi kuruluşlarını desteklemek üzere "İnstitute of Nanomaterials and Nanotechnology" için 100 milyon \$ ayırmıştır. Gelişmiş Ülkelere paralel olarak, gelişmekte olan ülkelerde de ulusal nanoteknoloji merkezleri kurulmaktadır. İran'da National Nanoscience and Nanotechnology Institute adıyla kurulan enstitüde, araştırma ve eğitim programları başlamıştır. İslamabad'da da benzer bir enstitü kurulmaktadır.

Bu yeni teknoloji devriminde yerini almak ve gelişen pazardan pay kapabilmek için ülkeler adeta birbirleri ile yarışmaktadır; çünkü ülkeler bu teknoloji devrimini kaçırmamanın bedelinin ne kadar yüksek olacağını çok iyi bilmektedirler. Nanoteknoloji dünyanın her yerinde hızla popüler hale gelirken, Türkiye'de önce bilim çevrelerinde, daha sonra sanayi kuruluşlarında önemi vurgulanmaya, medyada yer almaya başlamıştır. Bazen bilinen teknolojiler, önüne "nano" kelimesi eklenecek bir anda nanoteknolojiye dönüştürüldü. Türkiye 2007 yılında Devlet Planlama Teşkilatının da desteği ile Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezini açtı. Nanoteknoloji öncelikle malzeme ve biyoteknoloji alanlarında gelişecek 10-15 yıl sonra da elektronik ve özellikle moleküler elektronikte ağırlığını hissettireceğini yetkililer söylemektedirler. Nanomalzemenin olağanüstü özellikleri hemen hemen her alanda; savunma sanayinde, tekstilde, otomotiv sanayinde, inşaatta, yeni tedavi yöntemlerinde ve ilaç sanayinde devrim yaratacaktır.

Artık bilim ve teknoloji politikamızda bir paradigma değişikliğine gitme zamanı gelmiştir. Teknoloji transferinden vazgeçip, ihtiyacımız olan teknolojiyi ortaya çıkaracak bilimi kendimiz, ülkemizde üretmek zorundayız. Baş döndürücü bir hızla ortaya çıkan ve gelişen yeni teknolojilere yaptığımız araştırmalarla katkı sağlamalıyız. Yakın, orta ve uzun vadede sonuçlar alabileceğimiz kritik alanlar belirlenmeli (bu alanların başında nanoteknoloji gelmektedir), kaynakların ayrılmasında bu alanlara öncelik verilerek, ihtiyacımız olan beyin gücü ve altyapı hazırlanmalıdır. Aksi takdirde, yüksek teknolojiye ödediğimiz miktar gittikçe artacak, ülkemizin kaynakları yetersiz hale gelerek gün geçtikçe daha fakir bir ülke haline geleceğiz. Üretim maliyeti 10 YTL’i geçmeyen kalp damarlarına takılan bir stent için 10.000 YTL ödeyen bir çiftçimiz, 7 ton kiraz ihraç ederek bu parayı denkleştirebilecektir. Devamlı kullanmak zorunda olduğumuz bir kutu kanser ilacını almak için her seferinde 5 buzdolabı satmak zorunda kalacağız. Önümüzdeki yıllarda nanoteknolojiye yatırım yapan ülkeler ayakta kalacaklar milli birliklerini koruyabileceklerdir.

4.1.Akıllı Tekstiller, Işıklı Kanser Tedavisi

Değişik elektriksel, fiziksel ve kimyasal özelliklere ve farklı işlevlere sahip katmanlardan oluşan, saç teli inceliğindeki fiberlerin üretimi üzerinde çalışılmaktadır. Bu ürünler akıllı tekstillerin yapımında ve ışıkla kanser tedavisinde kullanılmaktadırlar. Çok ince metal, polimer ve cam katmanların üst üste sarıldığı makroskobik çapta silindir, daha sonra ısıtılarak bir çekme makinesinde saç teli inceliğine getirilmektedir. Bunlardan oluşturulan elektronik devreler kumaşlar içine yerleştirilerek, yaralanmayı üzerine yayılan kanın ıslaklığından “hisseden”, askerin fiziki durumu vb. bilgileri konusunda karargaha bilgi ulaştıran “akıllı üniformalar” yapılabilmektedir.

ABD’de yeni yeni kullanılmaya başlayan ışıklı kanser tedavisi yöntemi de hedefler arasındadır. Türkiye şimdi ABD’den sonra dünyada yüksek enerjili ışığı taşıyabilen fiberleri üretebilen ikinci ülke konumundadır. Bu teknoloji için gereken fiberler ABD’den ithal edilmesi halinde 1 metresinin maliyeti 1000 dolara çıkarken, UNAM’da bu maliyetin 5 doların altında olacağı hesaplanmaktadır. Kanser tedavisi, güçlü karbondioksit lazer ışığının fiber kablo içinden geçirilerek, kanserli dokunun yakılması

biçiminde gerçekleştirilmektedir. Çok ince doku katmanlarının dağlanmasına dayanan teknik, kanserli dokunun alt ve çevresindeki sağlıklı dokulara zarar vermemektedir (NTV Bilim Dergisi, sayı3, Mayıs 2009).

4.2. Işığın İyileştirmek ve Ucuzlatmak

Dünyada hızla gelişen ve enerji kaybı yüksek, tüketimi pahalı tungsten lambaların yerini almaya aday LED (ışık yayan diyot) teknolojisi üzerinde çalışılmaktadır. Bilinen sıradan ampuller ince bir telin, sahip olduğu elektrik direnci nedeniyle ısınması üzerine ışık yaymaktadır. Oysa LED'ler, üzerinden elektrik geçtiği zaman ışık yayan, yani elektriği doğrudan ışığa çeviren malzemelerden yapılmaktadır. Bir tungsten lamba elektriğin %95'ini ısıya, yani kayba dönüştürürken, LED'lerde bu kayıp az olmaktadır.

Dr. İmer, mavi ışığın daha kısa dalga boylu olması nedeniyle yapılması daha zor olan mavi LED'leri üretmeyi başararak kırmızı, yeşil ve mavi ışığın birleştirilmesiyle led teknolojisi için yeni ufuklar açan LED'lere kapıyı açan dünyaca ünlü Profesör Shujii Nakamura'nın yanında California Üniversitesi'nde yapmıştır. Ayrıca genç araştırmacımız UNAM'da çabalarını LED'lerden daha fazla verim elde edilmesi ve fotonik denen yapılarda ışığın çıkışını arttırması üzerine çalışmalarını sürdürmektedir. Dr. İmer ayrıca liselerden başlayarak zaman içinde anaokullarına kadar yayılacak bir program çerçevesinde çocukları ve öğrencileri nanoteknolojiyle tanıştırmayı hedeflemektedir (<http://www.msxlabs.org/forum/tip-bilimleri/10029-tipta-nanoteknoloji-kullanimi.html>).

4.3. Parfüm Kokan Tekstiller

Burada akıllı tekstiller, çok işlevli tekstiller, nanoteknolojide tekstilin uygulama alanları ele alınmaktadır. Tamer Uyar, tekstilleri şöyle adlandırmaktadır; önce nanospinning (nanoeğirme) yöntemiyle nanolifler denen, saç telinden 1000 kat daha ince lifler üretiliyor. Bunun için bir polimer, çözücü içinde çözülüyor. İstedğiniz işleve göre malzeme de eklenebiliyor. Örneğin, nanogümüş parçacıkları mikroplara karşı koruma sağlıyor. Buna voltaj uygulandığında nanofiberler oluşuyor. Nanofiberler

üretmek için sıradan tekstillerde kullanılan polimerik malzemeden yararlanılmaktadır. Ama bunlar, bildiğimiz makara ipliği gibi tek ve uzun lifler halinde değil; rastgele üst üste yığılmış sama çöplerine benzemektedir. Lifler nanoboyutta olduğu için aralarındaki boşluklar da aynı şekildedir. Dolayısıyla bunlardan gaz filtrasyonu, sıvı filtrasyonu ve nanoparçacık filtrasyonunda yararlanılmaktadır. Somut kullanım alanları olarak, hava filtreleri, araştırma laboratuvarlarındaki temiz odaların korunması ve hastane uygulamaları sayılabilmektedir. Önemli bir kullanımı da, alerji yapan maddelerin solunum yollarından uzak tutulmasıdır. Ayrıca nanofiber yüz maskeleri ve araba filtreleri polenleri geçirmemektedir.

Uyar'ın yaptığı araştırmalardan biri de güzel kokan kumaşlar yapmaktır. Bu çalışmalar kapsamında nanofiberlerin üzerine mentol dökülmektedir. Mentolü tutan bir maddenin de eklenmesiyle aslında çok uçucu bir madde olan mentol, 200°C ve üzerinde sıcaklıklarda bile kumaş üzerinde, üstelik bir yıl tutulabilmektedir. Aslında bunlara doğrudan kumaş demek yanıltıcıdır. Çünkü bunlar, film gibi çok ince bir tabaka oluşturdukları için mekanik dayanıklılıkları düşüktür. Ama Uyar'a göre bu tabakanın iki kumaş tabakası arasına yerleştirilmemesi için bir neden yoktur. Akıllı filtreler için nanofiberlere "cyclodextrin" denen bir malzemede eklenmektedir. Nanofiberler, üzerine yerleştirilen cyclodextrinler kovuklu yapıları sayesinde ortamdaki zararlı maddeleri hapsedebilmektedirler. Mentol de, bu kovuklara girdiği zaman, uzun süre kalmakta ve yüksek sıcaklıklara dayanabilmektedir. Hem toluen anilin gibi gaz fazında malzemeler, hem de katı malzemeler bu şekilde tutulabilmektedirler.

Cyclodextrinler kötü kokuları da hapsetmektedirler. Şöyle ki içlerine mentol yerleştirildiğini farz edersek; bunlarla hazırlanan kumaşlardan yapılmış giysileri giydiğiniz ve terlerken, güzel koku saçabileceksiniz. Kumaştaki cyclodextrinler içindeki mentol, terin neminden etkilenerek dışarı çıkarak, kötü kokulu moleküller hapsedilmektedirler (<http://www.msxlabs.org/forum/tip-bilimleri/10029-tipta-nanoteknoloji-kullanimi.html>).

4.4. Denizleri Kirleten Alglerden Otomobil Yakıtı

Biyoyakıt üretimi yapılırken kullanılmak istenen malzeme, mısır, soya, kolza gibi enerji üretimi için geniş alanları gıda üreticisinden koparan bitkiler değildir. Ayşe Begüm Tekinay'ın kafasındaki malzeme, dünyadaki beş canlı grubundan biri olan alglerdir. Bunları, İzmit Körfezi civarlarında yaşayanlar yakından tanımaktadırlar. Bu algler, endüstriyel atıklardan kaynaklanan kirlenme nedeniyle sık sık denizin rengini değiştirecek şekilde ortaya çıkmaktadırlar. Araştırmacının projesi, bir yandan kirliliği ortadan kaldırırken, algleri de yakıtı dönüştürmektir. Tekinay, “alg enerjisinin” (biyodizel), ülkemizin yakıt tüketiminin ciddiye alınabilecek bir bölümü karşılayabileceğini düşüncesindedir. Vizyonu, büyük fabrikaların atmosfere karbondioksit yayan bacalarının yanına inşa edilecek büyük çaplı biyoreaktörlerle üretim yapmaktır. Çünkü algler de bitkiler gibi karbondioksit kullanarak fotosentez yapan canlılardır. Yapılması gerekeni vücutlarında oluşturdukları yağdan, yakıtı dönüştürülecek biyokütle olarak yararlanmaktadırlar. Bunun için alglerin büyük miktarlarda harmanlanmaları, onun için de fabrika bacaları yakınlarındaki biyoreaktörler de çoğaltılmaları gerekmektedir. Ama bunun için de bir 10 yıl geçeceği düşünülmektedir. Şimdilik laboratuvar düzeyinde yapılacaklarsa uygun algleri bulmak ve bunların gen mühendisliği yoluyla optimize etmektir. Yani daha hızlı çoğalmalarını, daha verimli olmalarını sağlayacak genler eklemektir (<http://www.msxlab.org/forum/tip-bilimleri/10029-tipta-nanoteknoloji-kullanimi.html>).

4.5. Doğadan Büyüleyici Nanofotonik Yapılar

Kendilerine hayranlıkla baktıran ve aslında pigmente sahip olmayan bazı kelebek kanatları ve tavus kuşu tüyleri inanılmaz güzel renklere sahiptirler. Hatta kimi canlılar da sabit bir renk olmayıp bakma yönünüzü değiştirdikçe renk değiştiren (yanardöner olan) yapılar bile vardır. Bunlara yüksek çözünürlüklü mikroskoplarla baktığımızda değişik optik özelliklere sahip periyodik yapılar olduğuna ve tüm bu muhteşem renklerin fotonik kristaller sayesinde gerçekleştiğine şahit oluruz. Işığın kontrolünü sağlayan bu yapıların laboratuvara taşınması ise farklı birçok uygulama için önemli

kapılar aralayacaktır. Şekil 4.1.'de, doğadaki nanofotonik kristallere ve bunların insanoğlunun yaşamına olan yansımaları verilmiştir.



Şekil 4.1. Kelebekler ve tavus kuşlarındaki nanofotonik yapılar.

Doğada her şeyin bir rengi vardır, bu görünen bir gerçektir. Ama bu renkler ortaya çıkma biçimine göre farklılık gösterebilmektedirler. Örneğin bitkilerdeki yeşil rengin sebebi klorofil pigmentidir. Klorofilin yeşil olmasının sebebi ise magnezyumun güneş ışığıyla uyarıldıktan sonra dışarıya verdiği ışığın dalga boyuyla aynı olmasıdır. Bu tip renklenme pigmentle renklenmeye bir örnektir. Bunun yanında yapısal renklemeler vardır. Burada ışık, emilim-emisyon sisteminden ziyade, kırılma, saçılma, girişim ve benzeri optik olaylarla belli dalga boylarında geri yansımaktadır; tıpkı sabun köpüğünün üzerinde karmaşık renklerin oluşması gibi. Yapısal renklemeye birçok canlıda rastlamak mümkündür; kelebek ve böcek türlerinin birçoğunda, kuşların tüylerinde ve birçok deniz canlısında. Son yıllardaki görüntüleme teknolojilerindeki gelişmeler ve fotonik kristal yapılara olan aşırı ilgi, canlılarda bulunan nanofotonik yapılar üzerine yapılan araştırmaların artmasına sebep olmuştur (Bilim ve Teknik Dergisi, Aralık 2006).

4.6.Renk Cümbüşü Kelebekler

Kelebekler çok farklı renklere ve desenlere sahip olmaları sebebiyle insanoğlunun her zaman ilgisini çekmiştir. Savunmada ve çiftleşmede önemli rolü olan bu renk ve desenlerde hem pigmentsel hem de yapısal renklemeye rastlamak mümkündür. Kelebek kanatlarında yapısal renklemeyi (girişim ve saçılım mekanizmaları ile) sağlayan küçük pulcuklar vardır. Bu pulların yüzeyindeki damarların kesiti çam

ağacının karakteristik şekline benzemektedir. Bu sayede yüzeyde lamelli bir yapı oluşmakta ve yansıtılan dalga boyundaki ışığın en yüksek değeri artmaktadır; bu da rengin daha parlak görünmesini sağlamaktadır. Bu lameller kütiküllerden (ölü hücrelerden oluşan yapı) olup, kırılma indisi $n=1.56\pm 0.06$ 'dır. Bu da; kompleks kısım soğurulma olduğunu gösterir (Şekil 4.2.).



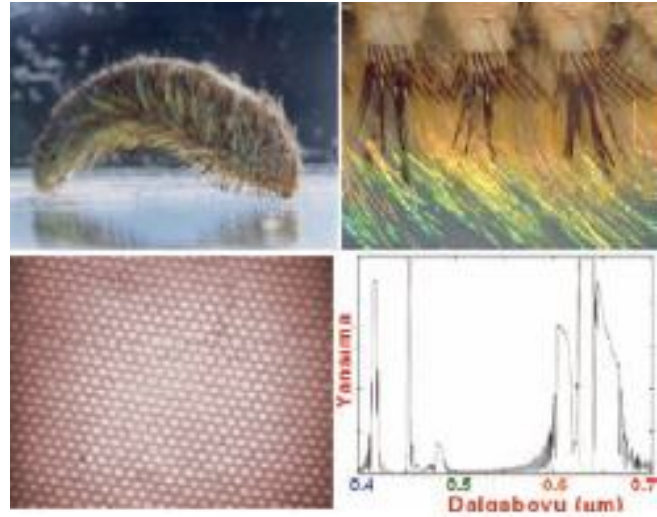
Şekil 4.2. Morpho rhetenor türü kelebek ve kanatlarındaki parlak ve mavi rengi veren fotonik yapı (pullar ve pulların kesiti).

Morpho rhetenor türünde kelebeklerde lameller tabana paraleldir ve pullarındaki temel sayısı 12'ye kadar çıkmaktadır; bu türde mavi ışıkta %80'e varan yansımaya ulaşabilmektedir. Sahip oldukları yüksek parlaklık sayesinde alçaktan uçan bir uçaktan görülmeleri mümkündür.

Kelebeklerin bu özelliklere sahip olmasının sebebi sadece güzel bir renk cümbüşü oluşturmak elbette değildir. Yapılardaki fotonik kristaller birçoğunda belki de henüz bilmediğimiz bir şekilde çevreye uyumlarını kolaylaştırmaktadır. Bilinenlerden gidersek, Lycaenidae kelebek ailesinin bazı türleri sahip oldukları bazı fotonik kristaller sayesinde sabah erken saatlerde hızlı bir şekilde ısınabilmektedirler. Yapılan araştırmalara göre, genellikle yüksek rakımlı bölgelerde yaşayan bu özelliğe sahip kelebeklerin, daha az rakımlı bölgelerde yaşayan türlerle eşit koşullarda karşılaştırıldığında ulaştıkları sıcaklık 1.3-1.5 kat daha büyüktür (Bilim ve Teknik Dergisi, Aralık 2006).

4.7.Nanofotonik Kristallerle Işık Saçan Deniz Faresi

Literatürdeki adı Aphrodita olan deniz faresi sığ sulardan 2 kilometre derinliklere kadar geniş bir yaşama alanına sahiptir. Yaklaşık boyu 15-20 cm ve genişliği 5 cm olan Aphroditanın üzerinde rengiyle düşmanlarını korkutmasının sağlayan dikenleri vardır. Bu dikenler savunmanın yanında, derin sularda yaşayanlar için var olan az ışığın en verimli şekilde kullanılmasına yardımcı olmaktadır (Şekil 4.3.).



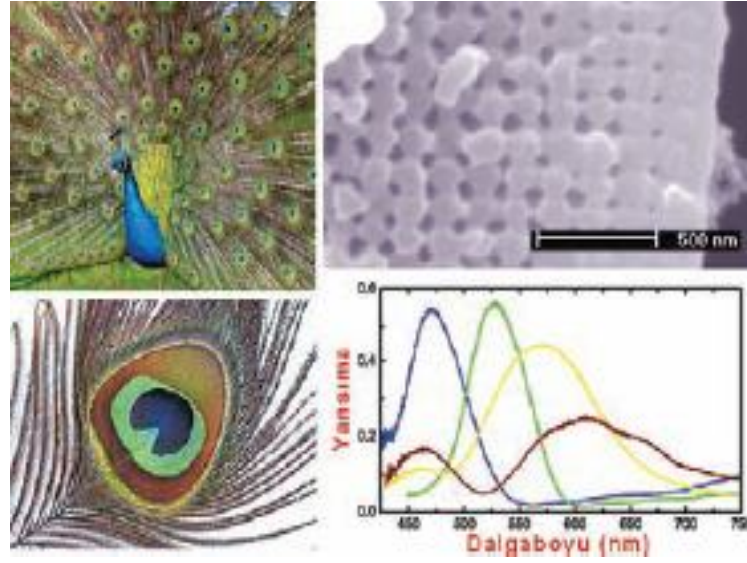
Şekil 4.3. Deniz faresi ve dikenleri. Dikenlerin üstündeki fotonik kristal yapı belirli dalgaboylarındaki ışığı ansıtmaktadır.

Normalde koyu kırmızı olan dikenler eksenlerine dik açıyla gelen ışık altında yanardöner özellik kazanmakta ve resimlerde gördüğümüz muhteşem görüntüyü oluşturmaktadırlar. Dikenlere, eksenlerine dik ışıkta baktığımızda rengarenk, çok ince ve uzunlamasına şeritler görülmektedir. Bu konudaki önemli ilk çalışmayı yapan ve bu çalışmaları 2001 yılında Nature dergisinde yayımlanan Andrew R. Parker ve meslektaşları, Avustralya'da yaşayan deniz faresinin dikeninin kesitini elektron mikroskobu ile incelenmiş ve dikenin içi deniz suyu ile dolu, altıgensel dizilime sahip mikro boyutlu silindirlere oluştuğunu görmüşlerdir. Yaklaşık yarıçapı 20 nanometre

olan bu silindirlerin çeperleri tahmin edileceği gibi bu dikenin yüzeyine doğru kalınlaşmaktadır. Silindirler yüzeye paralel katmanlardan oluşmaktadır. İki silindir katmanı arasındaki mesafe her yerde aynı ve 500 nanometredir. Silindirlerin kenarları kitin olup kırılma indisi 1.54, deniz suyunun kırılma indisi 1.33'tür. Normalde buna benzer fotonik sistemlerde indis farkı genellikle fazladır, hatta yapısal renklenme ve benzeri olaylar fazla indis farkının varlığında meydana gelmektedir. Kitin ile deniz suyu arasındaki fark ise aslında gerektiği kadar fazla değildir. Buna rağmen, dikenin sahip olduğu oldukça düzenli ve harika nanofotonik kristal sayesinde mükemmel renklenmeler gözlenmektedir (Bilim ve Teknik Dergisi, Aralık 2006).

4.8.Tavus Kuşu Çekiciliğinde Nanofotonğin Etkisi

Tavus kuşları renklerini fotonik kristallere borçludur. Dişilerini etkilemek ve hemcinslerini korkutmak amacıyla kabaaran tavus kuşlarının bir türü olan Pavo multicus'un tüyleri dört renkten oluşmaktadır: mavi, yeşil, sarı ve kahverengi. Bu renklerin oluşumu tüyü oluşturan ve tüy sapından yanlara doğru zaman tüycüklerin üzerlerinde bulunan fotonik yapılarla sağlanmaktadır. Bu tüycüklerin üzerinde ışığın alttaki fotonik kristal yapıya saçılarak geçmesini sağlayan yuvarlak, yaklaşık 20-30 mikrometre derinliğe sahip çukurluklar vardır. Tüycüklerin kesitleri taramalı elektron mikroskobu ile incelendiğinde iç kısımda 3 mikrometre çapa sahip bir öz bölgesinin olduğu gözlemlenmiştir. Bu öz, melanin (canlılara koyu kahverengi veya siyah rengi veren pigment) çubukçuklar ve bunları birbirine bağlayan keratinden oluşan iki boyutlu fotonik kristallerle kaplıdır. Buradaki melanin çubukların boyu yaklaşık 700 nm'dir. Bu kristallerin yapısı, tüycüklerin rengi farklı olsa da oldukça benzerdir. Mavi, yeşil ve sarı renkli tüycüklerde melanin çubuklar karesel bir dizilim izlemektedir. Bu dizilimler mavi olanlarda 140, yeşillerde 150 ve sarılarda 165 nm aralıklara sahiptir. Buradan görülmektedir ki melanin katmanlar arasındaki mesafenin yansıtılan dalga boyu, yani görünen renk üzerinde önemli etkisi vardır (Şekil 4.4.).



Şekil 4.4. Bütün çekiciliğiyle seyredenleri büyüleyen tavus kuşu ve kanadından bir tüy. Tüyler üzerindeki fotonik kristal yapı ve tüyün farklı renkli bölgelerindeki fotonik kristallerin yansıtma spektrumları.

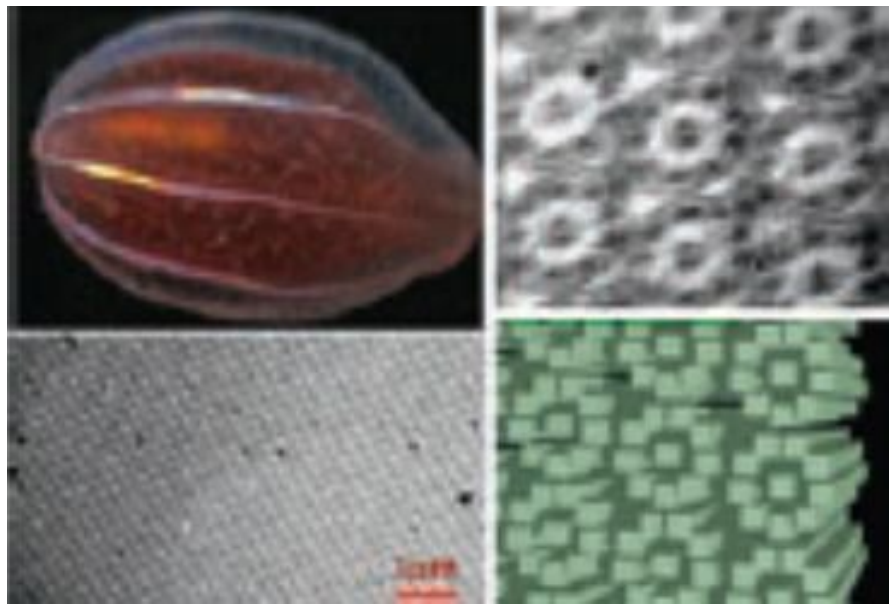
Öte yandan, yapılan araştırmalarda görülmüştür ki mavi ve yeşil renkli tüycüklerde 10 melanin katmanı varken sarı renklilerde 6 katman vardır. Katman sayısı arttıkça renklerin belirginlikleri artmaktadır. Çıplak gözle baktığımızda sarı rengin de mavi ve yeşil kadar belirgin olduğunu görmekteyiz. Bunun sebebi ise sarı renkli tüycüklerde ayrıca Fabry-Perot girişiminin görülmesidir.

Kahverengi tüycükler kristal yapısı bakımından diğerlerinden biraz farklıdır. Dikdörtgensel bir dizilime sahiptirler ve aralıkları tüy yüzeyine paralel doğrultuda ~150 nm, tüyün içine doğru ise ~185 nm'dir. Diğer renklerden farklı olarak kahverenkli tüycüklerde en üstteki melanin çubuklarının arası hava ile değil keratin (saçın hammaddesi) ile doludur ve ilk iki melanin katmanı arası boşluk alt katmanlardan farklı olarak ~235 nm'dir.

Sonuç olarak tavus kuşu sadece tüylerinin güzelliğiyle değil sahip olduğu bu fotonik kristallerle de bizleri kendisine hayran bırakmaktadır.

4.9. Denizanasındaki İki-Boyutlu Nanofotonik Kristal Olan Verimli Işık Saçıcılar

Literatürdeki adı Ctenophore olan bu canlılar hareketlerini sağlayan yapılar üzerinde kirpikler olması sebebiyle “taraklı” sıfatıyla nitelendirilmektedir. Taraklı bir denizanası olan *Beroe cucumis*'in sahip olduğu lokomotif yapılar sekiz sıra halinde olup canlının bir tarafından diğerine uzanmaktadır (Şekil 4.5.).



Şekil 4.5. Denizanasının sahip olduğu iki-boyutlu fotonik kristal yapısı, biyolojik olarak ürettiği ışığı en verimli bir şekilde dışarı vermesine yardımcı olur.

Dokularının kırılma indisi tuzlu suyun indisine oldukça yakın olduğu için fark edilmeleri oldukça zordur. Ancak yoğun ışık altında veya vücutlarında herhangi bir deformasyon varsa görmek mümkün olur. Hareketi sağlayan yapılar ise vücuduna göre daha kolay görünebilir bir yapıdadır ve canlı hareket ettikçe gökkuşağı renklerini göstermektedir. Bunun sebebi üzerine gelen ışığı kırması veya saçmasıdır. *Beroe cucumis* aslında biyo-aydınlatma özelliğine de sahiptir. Yani sahip olduğu optik yapılar sadece gelen ışığı kırmakla kalmamakta aynı zamanda kendi ürettiği ışığı daha iyi yaymasına da yardımcı olmaktadır (Şekil 4.6.).



Şekil 4.6. Fotonik kristallerden ışığın yansımaları.

Victoria Welch ve meslektaşlarının yaptıkları araştırmaya göre Beroe cucumis'in kirpikleri deniz faresinin dikenleriyle boyut ve yapı bakımından benzerlikler göstermektedir. Bu araştırmada, elektron mikroskobu ile alınan görüntülerde yanardöner özelliğe sahip organların iki boyutlu fotonik kristaller halinde yapılandığını gözlemlenmiştir. Görüntülere göre bu yapılar mikro tüplerden oluşan silindirik, daha büyük tüplerden meydana gelmiştir. Mikro tüplerde (yaklaşık çap 40 nm) kırılma indisi çok yüksek olup dolgu maddenin kırılma indisi deniz suyunun kırılma indisine oldukça yakındır ($n=1.34$). Ancak bu mikro tüplerin kırılma indisini ölçmek oldukça zor olduğu için indis değeri 1.57 olarak tahmin edilmektedir. Bununla birlikte silindirik tüpler oldukça düzenli bir dizilime sahiptirler. Her bir silindirik tüp yaklaşık olarak 10 mikro tüpten oluşmakta ve bunların dokuzu yarıçapı yaklaşık 73 nm olup çembersel bir dizilim göstermektedirler. Bu çemberin merkezinde ise yine 40 nm çapa sahip olan başka bir mikro tüp bulunmaktadır (Bilim ve Teknik Dergisi, Aralık 2006).

4.10.Kalıcı Nanobalonlar

Harvard Mühendislik ve Uygulamalı Bilim Okulu mühendisleri ilk defa uzun süre (bir yıl kadar) dayanabilen nanobalon ürettiler. Balonlar glikoz şurubu, sürok stearat ve sudan yapılan köpükten oluşmaktadır. Balonların ileride çabuk dağılan gaz-sıvı ürünlerinin (kişisel bakım ürünleri, ultrasondaki kontrast malzemeleri) kalıcı hale getirilmesinde kullanılması düşünülmektedir. Balonlar beşgen, altıgen ve yedigen parçalardan oluşmaktadır. Bu kadar küçük balonların oluşturulması yüzey gerilmesinden dolayı imkansız gibi görülüyordu. Küçük balonlar büyük balonlardan daha yüksek yüzey gerilim kuvvetine ve gaz basıncına sahiptir (<http://nanoturkiye.blogspot.com/2008/06/kalc-nanobalonlar-retildi.html>).

4.11.Daha Hızlı ve Daha Akıllı Nanosensörler

Karbon nanotüpten yapılmış küçük sensör (5 YKr'un üzerine 500 tane sığıyor) milyarda bir konsantrasyondaki gazları fark edebilmektedir. Ayrıca fark edeceği gaz çeşidi yarım dakika içinde değiştirilebilmektedir. Genelde gazlara karşı çok hassas olan karbon nanotüp ya da nanotel tabanlı sensörlerin özelliklerinin değiştirilmesi saatler sürmektedir.

Araştırmacılar karbon nanotüpleri özel bir kimyasalla kaplayarak, sensörün özelliklerini daha hızlı değiştirmesini sağlamışlardır. Büyük alanlardaki zehirli gazlar ya da hareket eden zehirli maddeler, bu tip sensörlerden çokça kullanılarak tesbit edilebilmektedir. “Zehirli malzemenin ortamda bulunup bulunmadığına bakmaktansa, onların hareketine bakılabilir” diye belirten Michael Strano, MIT Kimyasal Mühendislik Profesörü ve araştırmayı yürüten kişidir.

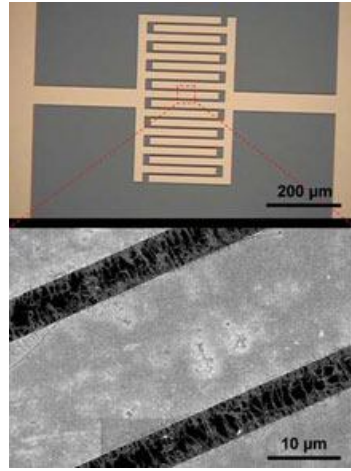
Yeni alet iki parçadan oluşmaktadır. İlk parça çok küçük bir gaz kromotografır (gaz karışımlarını ayırtırmaya yarayan bir alet). Aletin mikroboyuttaki halini yapmak için araştırmacılar 35 cm uzunluğunda zikzak şeklinde silikon bir çip oluşturmuşlardır. Normal gaz kromotograflarında olduğu gibi değişik kimyasallar boru içinden farklı hızlarda geçmektedirler; kimyasal ve fiziksel özelliklerine göre borudan farklı zamanlarda çıkmaktadırlar.

Kromotografin sonuçları nanotüp sensöre verilmektedir. Sensör altın elektrotları arasındaki boşluğu dolduran karbon nanotüplerden oluşmaktadır. Karbon nanotüplerin iletkenlikleri emdikleri gazın miktarına göre değişmektedir. İletkenlikteki değişimi ölçerek, gazlar ayırt edilebilmektedir.

Proteinle kaplı olmayan karbon nanotüplerin gaz emme potansiyeli yüksek olduğu ve emilen gazların çıkarılması saatler sürdüğü için, karbon nanotüplerin proteinle kaplanma ihtiyacı doğmuştur. Araştırmacılar nanotüpleri aminle kaplayınca, gaz ile nanotüp arasında oluşan bağlar zayıflamıştır. Böylece kromotograftan geçen gazlar

nanotüpe sadece birkaç milisaniye yapışmaktadır. Kaplanmış nanotüpleri eski haline getirmek ise 26 saniye sürmektedir.

Değişik araştırmacılar tarafından bu sensörden daha hassas sensörler üretilmiştir. Ama bu sensörün özelliği kromatograf ile sensörü birleştirmiş olmasıdır (<http://nanoturkiye.blogspot.com/.../daha-hzl-ve-daha-akll-nanosensr.html>).



Şekil 4.7. Kromotografтан geçen gazların görüntüsü.

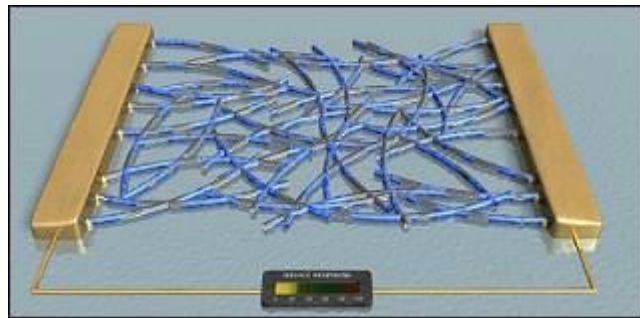
4.12. Nanoteknoloji Üzerine Yarıiletken Endüstrisi Etkisi

Yarıiletken endüstrisinde gelişme laboratuvarları araştırmalarında değişiklik yapılamamakla birlikte temiz ve ihtiyaç duyulan yapıda, inceleme yüzeyleri ve litografi makinaları gerekmektedir. Bu araştırmalar yüksek maliyetli olduğu için yapılması kolay olmamaktadır. Bugün yürütülen çalışmalarda yeterli finansman desteği sağlanırsa geleceğin yarıiletken konusunda gelişimi nanoteknolojik destek ile sağlanacaktır. Yarıiletken endüstrisinin başarısı iki temel esasa dayanmaktadır; paralel işlem ve azaltılan boyutlar ile silikonlu doğrusal transistörlerdir. Ancak bu transistörlerden elde edilen veriler yeterli değildir, yarıiletken endüstrisinde atom boyutundan daha büyük bir çalışma nanometre ölçeğinde bir boyut aralığı içeren çalışmalarla sağlanmaktadır. Projeksiyon litografi yöntemi UV optik dalga boyu azaltılmış ve projeksiyon lenslerinin sayısal açıklığı artırılmış olarak geliştirilmiştir. 100 nm derinliğinde işlem

yapabilmektedir. Ancak projeksiyon litografi yöntemi boyutları küçültme konusunda sınırlıdır. Yeni nesil X-Ray litografi araçları boyutları küçültme konusunda daha iyidir ancak maliyeti daha fazladır azaltılmış doğrusal boyutları akım yoğunluğu ve ısı dağılımı etkisi ile ölçeklendirilmektedir. Ayrıca, doğrusal boyutun azaltılması ile yüzeydeki atom sayısının ölçülen akım yoğunluğu ile artırıldığı görülmüştür. Ancak bu performansı sınırlayıcı bir faktördür. Projeksiyon litografi yukarıdan aşağıya (top-down) bir tekniktir, kullanılan transistörler dışarı etch için inşa edilmiştir. Pahalı nanoyapıların fiziksel faktör, ısı dağılımı, akım kaçakları gibi farklı özelliklerinin incelenmesi kolaylaşmıştır.

4.12.1.Hassas (Hisseden) teknoloji

Hisseden teknoloji, karbon nanotüp ağı üzerine kurulmuş bir nanoelektronik tespit platformudur. Birbirinden ayrı bir veya iki tespit elemanına sahip ince bir tespit çipi içerir. Tespit elemanlarının her biri, özel hedefi (analizi yapılacak madde) çözümlenmek için bağımsız olarak fonksiyonel haldedir. Karbon nanotüplerin kendine has özellikleri ve nanoyapı tescilli üretim tekniklerinin geliştirdiği bu cihaz, az enerji tüketimine sahip, boyutu küçük ve yüksek hassasiyete sahip bir cihazdır (Şekil 4.8.).



Şekil 4.8. Nanotüp ağlardan oluşmuş, nanoelektronik tespit aleti.

Bu teknoloji, nanoyapıların ayrı ayrı yönlendirilmesi yerine, karbon nanotüplerin gelişi güzel ağ kurmasından faydalanmaktadır. Aygıt, analizi yapılacak madde ile etkileşime girmektedir ve gerçekleşen değişimleri elektronik simgelerle izlenecek

hale dönüştürmektedir. Karbon nanotüpler, özgünlük, hassasiyet, dinamikler ve sınıflandırma gibi pek çok karakteristik özellikleri ortaya çıkarabilmek için, çok değişik kimyasal tanıma yöntemleri kullanılarak fonksiyonel hale getirilmektedirler.

Öncelikle, karbon nanotüp ağının, silikon yüzeye entegre edilmesiyle işe başlanmaktadır. Metal elektrotlar, bir tespit aygıtı oluşturabilmek için bağlanmaktadır. Nanotüplerin yüzeyleri, kimyasal tanımda kullanılmaktadır. Bu kimyasal tanıma özelliği, çok geniş ve özel hassasiyete sahip analiz olanağı tanımaktadır.

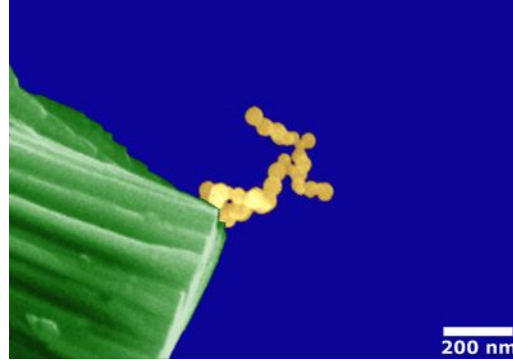
Cep telefonlarından trafik lambalarına yarıiletken malzemeler savunma sistemlerinden, cep telefonuna, uydu sistemlerinden, bilgisayar teknolojisine kadar pek çok uygulama alanı bulmaktadır. Yarıiletken teknolojisi bugün olduğu gibi geleceğin de en önemli teknolojilerinden biri olacaktır. Otomobillerin panel aydınlatmaları, cep telefonlarındaki aydınlatma, trafik ışıkları gibi aydınlatma ve işaretleme artık yarıiletken diyotlarla sağlanmaktadır.

Yarıiletken algılama sistemlerinin yangınlarda gaz analizinde, sağlıkta hızlı ve doğru sıcaklık ölçümlerinde, vücut sıvısı analizlerinde ve çeşitli hastalıkların teşhisinde kullanılmaktadırlar. Aynı zamanda askeri alanda da hedef belirleme ve gece görüş sistemleri gibi pek çok yerde uygulama alanı bulmaktadır.

Yarıiletken dedektör teknolojisinden sivil alanların yanı sıra savunma, havacılık ve uzay teknolojisinin ve bağımsız savunma sistemlerinin gelişmesine katkısı büyüktür. Türkiye’de bu alanda yapılan sınırlı sayıdaki araştırma ve üretim faaliyetlerinin artırılmasının yapılacak ve desteklenecek Ar-Ge çalışmalarına bağlıdır.

Yarıiletken ileri araştırma laboratuvarlarında son teknoloji ile üretilen malzemeler yapılan çalışmalar neticesinde dedektör, lazer algılama ve görüntüleme sistemlerinde kullanılabilir hale getirilmiştir (Dokuz Eylül Üniversitesi Elektronik Malzemeler Güncel Ders Notları Prof. Dr. Erdal Çelik).

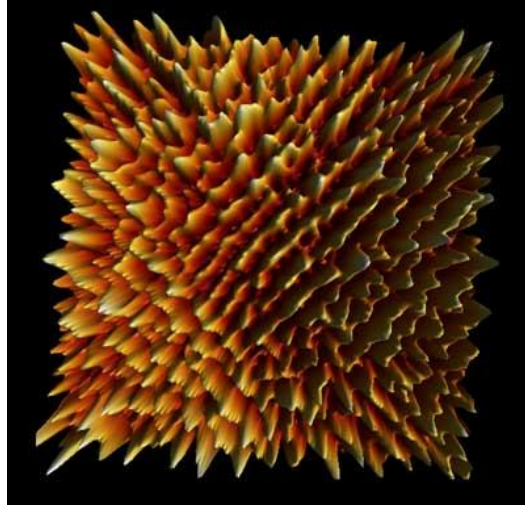
4.13.Önemli Nanoresimler



Şekil 4.9. Yeşil kısım taramalı elektron mikroskobunun ucudur. Bir önceki kullanıcıdan kalan monodispers polistiren kürecikleri, ucun üstünde insan figürü oluşturmuştur. Sandia National Laboratuarlarında Georff Brennecka tarafından çekilmiştir (<http://medikalteknoloji.com/forum-t5192-last.html>).



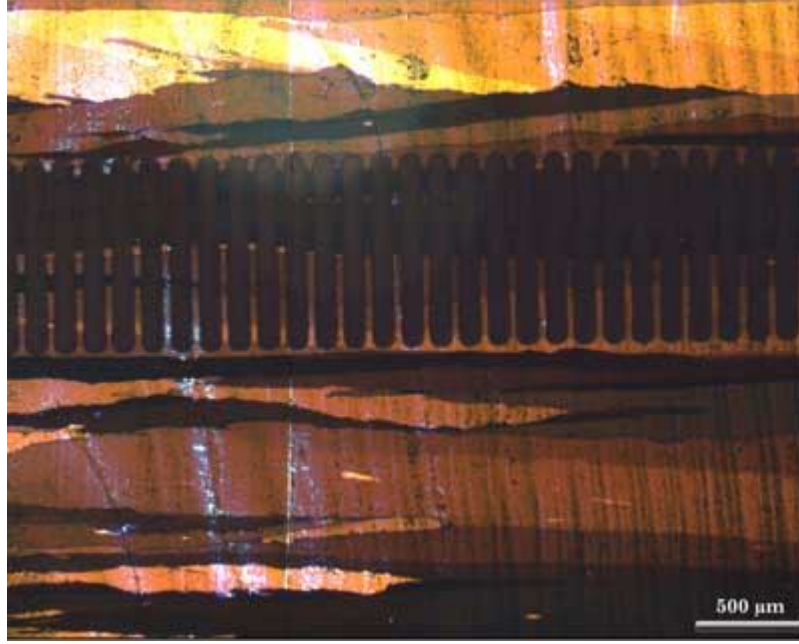
Şekil 4.10. Şekildeki Çin tablosu bir taramalı tünelleme mikrosbu resmidir. ZnO nanoığnesi ile renklendirilmiştir. Nanoığneler bir Çin tablosundaki güzel dağlar gibi gözükmetedir. Nanyang Teknoloji Üniversitesinde Hui Ying Yang tarafından Singapur'da çekilmiştir (<http://medikalteknoloji.com/forum-t5192-last.html>).



Şekil 4.11. Tek bir Au (001) kristalinin Atomik Kuvvet Mikroskobu görüntüsüdür. Madrid’te Violeta Navarro tarafından çekilmiştir (<http://medikalteknoloji.com/forum-t5192-last.html>).



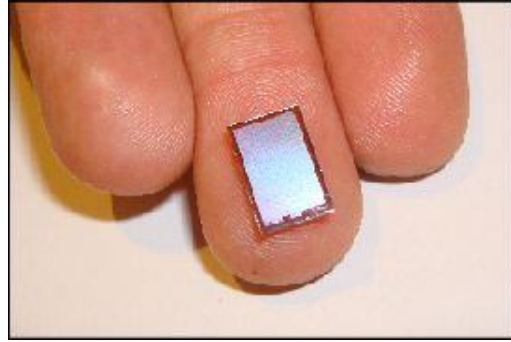
Şekil 4.12. Amorf SiOx nanotelleri kendiliğinden değişik şekiller oluşturulabilmektedir. Nanoteller bu sefer bir ayçiçek şeklini almıştır. Nanotellerin yoğun olarak biriktiği yerler çiçeklerin ortasını; seyrek biriktiği yerler ise sarı yapraklarını oluşturmuştur. Bu da bir taramalı tünellme elektron mikroskobu resmi dir (<http://medikalteknoloji.com/forum-t5192-last.html>).



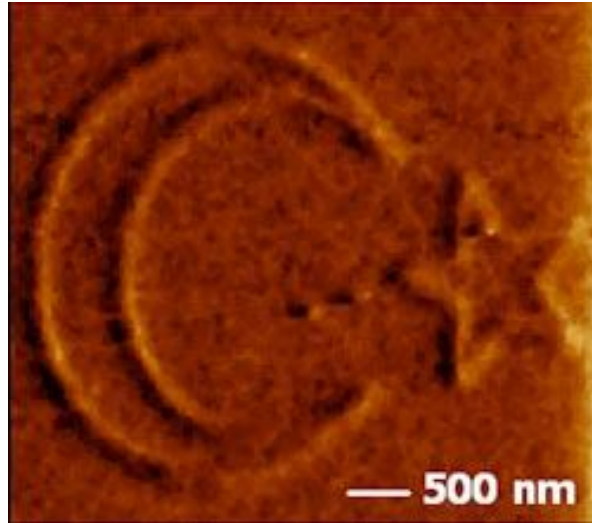
Şekil 4.13 İnce organik film dizinin bir fotoğrafıdır. Bu ince filmin bazı kısımları çite, dağlara, şafak vaktindeki güneşe ve göle benzemiştir. Stanford Üniversitesi'nde Zihong Liu tarafından çekilmiştir (<http://medikalteknoloji.com/forum-t5192-last.html>).



Şekil 4.14. Görüntü geçirimli elektron mikroskobu ile elde edilmiştir. Resimdekiler NiTi mikrodirekleridir. Blythe Gore Clark tarafından çekilmiştir (<http://medikalteknoloji.com/forum-t5192-last.html>).



Şekil 4.15. Boyutları 9.8 mm-5.4 mm Mit Enterprises Limited şirketi tarafından dünyanın en küçük Kur'an-ı Kerim'i üretilmiştir. Üretim tam 2 yıl sürmüştür. Yaptıkları ürüne MEQA (Sanatsal Olarak Kur'an-ı Kerim'in Mikro Mühendislemesi) adını vermişlerdir. Kur'an-ı Kerim'in yüzeyi zedelenmelere karşı kuvarz ile kaplanmıştır (<http://medikalteknoloji.com/forum-t5192-last.html>).



Şekil 4.16. Bilkent Üniversitesi'nden Dr. Ahmet Oral liderliğinde oluşan araştırma grubu, çizgileri 100 nanometre genişliğinde ve 2 nanometre yüksekliğinde olan dünyanın en küçük Nano-Türk Bayrağını çizmeyi başardılar. Araştırma görevlileri, silikon bir çipi tuval olarak kullanarak, yüzeyi kendi geliştirdikleri çok hassas mikroskop ile tararken, atomik düzeyde sivriltilmiş bir iğneden voltaj darbeleri gönderip, silikon yonganın oksitlenmesini sağladılar (<http://www.hossohbet.net/forum/akademik-forumlar/13594-nanoteknoloji-nedir-nerelerde-kullanilir.html>).

5.NANOTEKNOLOJİNİN İNSANLIK İÇİN YARARLARI VE ZARARLARI

Nanoteknoloji ürünleri, beyin damarlarının içerisine dışın içine, vb. insan vücudu içerisinde her yere yerleştirilebilir. Nanoteknoloji ürünü çipler ve özel donanımlar ile canlı organizmalar uzaktan kontrol edilebilir. İnsan saçı içerisine sığabilen özel kablolarla özel bir iletişim sistemi kurulabilir. Cep telefonundan en son bilgisayar işlemcisine kadar günlük hayatımızın bir parçası olan mikroelektronik devre elemanları ve tümleşik devrelerin temel taşı, silisyum kristalidir. Son yıllarda geliştirilen çok saf ve mükemmel silisyum kristali çok hızlı elektronik devrelerin yapılması mümkün olsa da, dolaylı elektronik enerji düzeyi nedeniyle silisyum çok zayıf ışıır. Bu nedenle tümleşik devrelerde verimli silisyum ışık kaynakları yapılamamakta ve aynı yonga üzerinde hem elektronik hem de optik işlevler biraraya getirilememektedir. Uzun yıllardır silisyumun verimli ışması ve ışyan dalgaboyunun seçilebilmesi için yapılan çalışmalar, ancak silisyumun nanokristalleştirilmesi ile mümkün olmuştur. Öte yandan, artan mikroişlemci hızına paralel olarak neredeyse her 18 ayda bir kere mikroişlemci kapasitelerinin ikiye katlanmasıyla (Moore yasası) devre elemanı boyutları nanometrik boyutlara indi ve nanokristallerin bilgi saklama özellikleri ön plana çıkmaya başladı. Silisyum, germanyum gibi yarı iletken nanokristallerin elde edilmesinde çok çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları hızlandırılmış silisyum veya germanyum iyonlarının bir alttaş (genellikle silisyum yonga) üzerindeki oksit tabakalarına ekilmesi ve daha sonra örneklerin tavlansını içermektedir. Tavlama sonrası amorf oksit matris içinde çapları 1-20 nm büyüklüğünde nanokristallerin oluştuğunu yüksek çözünürlüklü elektron mikroskopları ile tespit etmek mümkündür. Benzer şekilde, üzerinde silisyum yonga parçaları bulunan bir oksit tabakasının hızlı iyonlarla dövülmesi ve alttaş üzerinde büyüyen silisyum zengin oksit tabakalarının tavlansıyla da silisyum nanokristaller elde edilebilmektedir. Bilkent Ünivesiteleri Araştırma Laboratuvarı'nda yürütölmekte olunan Avrupa Birliği projesi SEMINANO çerçevesinde silisyum, germanyum ve silisyum germanyum alaşım nanokristallerini, silisyum ve kuvartz gibi alttaşlar üzerinde plazmayla hızlandırılmış gaz fazından büyütölmektedir. Bu yöntemle elde edilen nanokristallerin elektron mikroskopisinde elde edilen Ge nanokristalleroksit matris içinde küreler şeklinde görölmektedir. Oluşan bu nanokristaller elektron mikroskopisine ek olarak optik ve elektriksel yöntemlerle de

karakterize edilebilmektedir. Düşük sıcaklıkta oluşan nanokristaller ile cam gibi ucuz ve basit malzemeler üzerine ucuz şaş hafıza üretilmesi mümkün olabilecektir. Nanoboyutta değişen bir başka özellik de, kobalt ve demir gibi bazı maddelerin manyetik özellikleri; birkaç nanometre boyutlarındaki bu nanoparçacıklar, büyük parçacıklara göre, çok daha güçlü manyetik özellikler gösterebilmektedirler. Bu da sabit disk teknolojisi, yüksek frekanslarda yansıtmayan radar emici kaplamalar gibi alanlarda uygulama bulabilecektir.

Bunun yanında, nanoboyutlardaki manyetik parçacıklara, nano-Truva Atı yönteminde olduğu gibi tümör hücrelerinin sevdiği moleküller bağlanarak, bunların tümör hücrelerinin izlenmesinde ve düşük frekanslı manyetik alanlarla içeriden dağıtılmasında kullanılması mümkün ki; bu da kanser tedavisinde ümit verici sonuçlar doğurabilecektir. Ancak, henüz yan etkileri tam olarak bilinmediği için, bu parçacıkların, aşırı dozda kullanımıyla vücutta birikme yapımları ve beyin gibi bazı hassas bölgelerde işlevsel bozukluklara yol açmaları olasılığı üzerinde durulmaktadır. Ama ümidimiz, uygun tasarımlarla, parçacıkların vücutta erimesi veya dışarı atılmasıyla, bu tür olası yan etkilerin ortadan kalkmasıdır. Nanokristal küreler, bize çok geniş ufku olan bir gelecek sunmaktadır.

Tekstilde; kurşun geçirmez, hafif, sıcak-soğuğa dayanıklı, leke tutmayan kumaş üretimi, ayak kokusunu kesen, vücudu zinde tutan, enerji veren tabanlıklar, çarşaf, yorgan, battaniye gibi tekstil eşya üretiminde, boya sanayinde; 60 kata varan enerji tasarrufu sağlayan, kendini temizleme özelliği bulunan dayanıklı her türlü endüstriyel boyaların üretiminde; su arıtmada; anti bakteriyel su filtreleri, defalarca kullanılabilen su topları, mutfak ve gıda ürünlerinde; teflonun zararlı etkilerinden arındırılmış yemek pişirme araçlarında, nanocell'de; şarja gereksinim bırakmayacak cep telefonu pilleri üretiminde kullanılması beklenilmektedir. Ayrıca, çok hafif ve dayanıklı olacak nanomateryaller yapılarak araba, uçak ve uzay araçları ile çok az enerji tüketimi ile daha uzun ve güvenli yolculuklar yapılabilecektir. Elektronikte; araçların nanometre ölçeklerinde elde edilmesi ile halen kullanılan sistemlerinin işlem hızları ve kapasiteleri birkaç kat artacaktır. Nanoteknolojilerin kullanım alanlarından biri olarak önerilen kuantum bilgisayarların geliştirilmesi ile günümüzün en modern bilgisayarları olan Pentium

bilgisayarlar ile kıyaslanamayacak seviyelerde işlem gücü elde etmek mümkün olacaktır. Havacılık ve uzay araçların üretimi sırasında kullanılan malzemelerin ağırlığı, maliyetlerin yüksekliğinde çok önemli bir yer tutmaktadır. Nanoteknoloji bu malzemelerin ağırlığının önemli ölçüde azaltılması ile maliyetlerin düşürülmesini sağlayabilecektir.

Nanoteknolojinin sunduğu yeni görüntüleme ve gözleme süreci kuantum noktacıları (quantum dot) adı verilen yarıiletken nanokristaller sayesinde mümkün olmaktadır. 5-25 nm boyutunda olan bu kristallerin yüzeyi antikorlarla kaplanarak hedef hücre, doku veya organa yönelik çok hassas görüntüleme yapabilmektedir.

Nanoteknoloji sayesinde, çok küçük boyutlarda üretilen nanorobotlar yapılabilecektir. Günümüzde nanoboyutta fonksiyonel olabilen bu robotları insan kanına verip insan vücudu içerisinde hasarlı organı onarabilecek nanorobotları ile ilgili proje çalışmaları yapılmaktadır. Beynin kılcal damarları tıkanıldığında, nanotüpler ile bu tıkanmalar giderilebilecektir. İnsan beyni içerisinde kimyasallar ve elektronlar bulunan bir yapıda olup beyin hücreleri arasındaki iletişim nanoseviyededir. Beyin damarları içerisinde kan ile hareket eden nanotüpler vasıtasıyla hatasız teşhis ve tedavi yapılabilecektir. Bir tür sinirsel iletişim eksikliğinden kaynaklanan ve genel adı felç olan hastalığa, nanoteknolojiyle üretilen yapay kılcal damarlar ile çare bulunacaktır. Bir süper bilgisayar tarafından kontrol edilen ve vücudumuzun yapay bağışıklık sistemini oluşturacak nanorobot ordularının üretilmesiyle nüfuz edilemez bir bağışıklık sistemimiz olacak ve AIDS virüsleri bile bize etki etmeyecektir. Kılcal damarlarımızda gezinen bu mini robotlar, vücudumuza bir defa enjekte edildikten sonra çalışmaya programlanan nanorobot sürüleri kan dolaşımı ile istenilen bölgelere gidip hasar görmüş bir organı veya dokuyu tamir edebileceklerdir. Tıkanan damarları açabilecek veya hastalıklı hücreleri tahrip edebileceklerdir. Artık kalp krizi riskinden, enfeksiyona bağlı hastalıklara kadar birçok rahatsızlıktan kurtulabilecektir. Hatta bu mini robotlar vücuda ek bir bağışıklık sistemi bile kazandırabileceklerdir. Hedef hücrelerin özellikleri programlandığında, örneğin vücuda giren herhangi bir virüse saldırabilecekler ve bünye hastalanmadan virüs istilasını durdurabileceklerdir. Aynı zamanda vücuttaki her

bulguyu rapor edip doktorlukta yapabileceklerdir ([http:// www.forumturka.net /forum/serbest-mekan/370264-nanoteknoloji.html](http://www.forumturka.net/forum/serbest-mekan/370264-nanoteknoloji.html)).

Nanoteknoloji ve nanomalzemelerin kullanımı gelen her yeni günle beraber artmaktadır. Nanomalzemeler; seramik, katalizör, kaplama, ince filmler, tozlar, vücut bakım ürünleri, makyaj malzemeleri, elektronik parçalar, organik ışık yayan diyotlar, algılayıcılar, optik-elektronik malzemeler, ilaç ve biyo-algılayıcı yapımında, çevre koruma sistemlerinde, savunma ve saldırı silahlarında, robotik teknolojilerde kullanılmaktadır.

Parçacıklar hücre içinde rahatlıkla dolaşabilmekte, gerekli düzenlemeleri yapabilmektedirler. Hedeflenen nokta, hastalıklı bölgeye yönlendirilen atomların süratle nüfuz ederek hasta hücrelerin yerine geçmeleridir. Böylece, acısız ve ağrısız tıbbın kapıları açılmış olacaktır. Vücuda iletilen nanocerrahlar; virüslere, bakterilere ve sinir sisteminde tahribatlara yol açan noksan asitlere meydan vermeden bağışıklık sisteminden daha etkili olacaklardır. Fakat bu atomlardan üretilen basit bir kremin bile deri üstünden insanın vücuduna nasıl hızla nüfuz edip, ciğerlerde büyük tahribatlara yol açacaktır.

Dizel makinelerde, güç fabrikalarında ve ateşli makinelerde kullanılan ultra küçük zerrelere insanların akciğerlerinde büyük hasara neden olabilirler. İçlerinde metal ve hidrokarbon barındırmaktadırlar.

Nanozerreler mikroskobik boyutlarda oldukları için, deriden vücuda, oradan ciğerlere ve sindirim sistemine kolayca ulaşabilirler. Bu da, hücreye zarar veren özgür radikallerin üremesine neden olabilir. İnsan vücudu temas ettiği doğal her maddeye toleranslıdır. Fakat zehir içeren hiçbir maddeye bağışıklığı yoktur.

Gözle görülebilir öldürücü atıklardan yılda üç bin kişi ölmekte iken, tozdan küçük bu zerrelere yüz binlerce insanın ölümüne neden olma riski üzerinde durulması gerekiyor. Kaldı ki, bu teknolojiyle gen transferi, enzim değişimi ve yüzeyler üzerinde

lokal değişiklikler yapabilmek mümkün olsa da, risk, kontrol edilebilir düzeylerin şimdilik üzerinde olacaktır.

Nanoatomlar kendini temizleyen boya, cam ve yüzeyler olarak sanayinin nabzını tutmaya başlamıştır. Ayrıca nanozerrelerden kirli sulardaki zararlı bileşenleri zararsız hale dönüştüren mikro kapsüller imal edilmekte ve çevre tarafından tüm diğer yan etkileri göz ardı edilerek emilmeye bırakılmaktadır.

Normalde beyindeki kan bariyerini hiçbir zerre aşamamaktadır. Fakat nanoatomlar sinir hücreleri aracılığı ile beyne sızabilmektedir. Yine de nanoteknoloji araştırmacıları teknolojinin potansiyel tehlikelerini tespit etmekte pasif kalmaktadırlar.

Nanomateriyallerin besin zincirine geçmesi halinde insan bedenine alınan bu yiyeceklerin zararlarının da incelenme gereği ortaya çıkmıştır. Bilim adamları nanomateriyallerin proteinler üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Sonucunda ise, protein, nanomateriyal yüzeye bağlandığında proteinin yapısının ve fonksiyonun değiştiğini gözlemlemişlerdir. İnsan DNA'sını tamir eden nanorobotlar hasar da verebilirler. Kimyasal silahlar, nanoyapılarla yeniden ele alınmalıdır. Klonlamalar üstün niteliklere sahip askerler ve robot beyinli insanlar yaratabilir (<http://www.yaklasansaat.com/haberdosya/2007-haberleri/h152.html>).

6.SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında; nanoteknolojide kullanılan araçlar, aletler ve yardımcıları tanıtılmıştır. Nanoteknolojinin Türkiye'deki ve dünyadaki durumu ve uygulama alanları hakkında bilgi verilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda detaylı olarak verilmektedir.

Nanoteknoloji kapsamına giren malzemeler; 1-100 nm (10-9-10-7 nm) arasındaki herhangi bir büyüklüğe (uzunluk, en, boy) sahiptirler ve bu malzemeler makro ölçekteki malzemelerden farklı ve üstün özelliklere sahiptirler.

Nanoteknoloji; fizik, kimya, biyoloji ve mühendislik gibi disiplinler arası bir konuma sahip olmasının yanısıra, endüstri, savunma, ilaç, elektronik, tarım, sağlık gibi bütün alanlara potansiyel etkileri bulunmaktadır. Bu nedenle bir çok gelişmiş ülke tarafından kritik araştırma alanı olarak görülmekte ve desteklenmektedir.

Nanoteknoloji bir yandan eski teknolojilere yeni bakış açıları getirirken diğer yandan da, daha önemli ve kritik olan, önceleri imkansız gibi gözüken yeni teknolojilere ve uygulamalara kapı aralamıştır. Örnek olarak, malzemelerin özellikleri nanoteknoloji sayesinde daha iyi anlaşılmış, dolayısıyla bu malzemelerin kullanıldığı uygulamalarda belirgin iyileştirmeler gözlenmiştir. Öte yandan, nanoseviyede işlevselleştirilmiş nanoparçacıklarla kanserli dokuların yok edilmesi ancak nanoteknolojiyle mümkün hale gelmiştir. Nanoteknolojinin disiplinlerarası bir bilim dalı olması; farklı alanlara hakimiyeti, farklı disiplinlerdeki bilim adamlarının müşterek çalışmalarını beraberinde getirdiği gibi, sonuçları itibariyle birçok alanı temelden etkileme potansiyeline sahiptir. Önümüzdeki yıllarda nanoteknolojinin birçok alan için ne kadar vazgeçilmez olduğu daha iyi anlaşılmaya başlanacaktır. Özellikle sağlık, savunma, tekstil, enerji, elektronik ve fotonik gibi alanlarda elde edilecek katma değeri yüksek ürünler insanoğlunun hayatını kolaylaştırması beklenmektedir.

Her geçen gün hayatımızın biraz daha içine giren nanoteknolojinin ne gibi zararları olduğu ya da bu zararlarının nasıl önlenilip nasıl azaltılabileceği tam olarak bilinmese de hücre duvarlarında kolaylıkla delikler açarak hücreyi öldürebildiği ya da yapısındaki

atomik değişiklerden dolayı da kanserojen etkisi var olmaktadır. Nanomalzemeler zararlıdır çünkü insanların akciğerlerinde büyük hasara neden olabilirler aynı zamanda deriden vücuda dolayısıyla ciğerlere rahatlıkla ulaşabilir bundan dolayı hücreye zarar veren hücre üremelerine neden olarak kanser etkisini gösterebilir. Tabi ki nanoteknolojinin zararları bunlarla sınırlı değildir. Birebir insana ve insan vücuduna bu şekilde zararı olacağı gibi dolaylı yollardan da birçok zararı olacaktır. Nanoteknoloji, yediklerimizden giydiklerimize, iletişimden ulaşım, uzaydan okyanusun derinliklerine, ekonomiden sosyolojiye, refaktan savaşa kadar sınırsız bir alanda yerleşik düzenin tüm ilkelerini sarsacağı için iç karışıklığa neden olacak, hatta belki de insanlığın sonunu getirecektir. Nanoteknolojinin karanlık bir diğer yüzü de nanorobotlardır. Bunlar her türlü üretimi çok daha ucuza yapabildiği için insanlara gerek kalmayacak, üretim, bambaşka kavramlarla, nanoboyutlarla ve nanoişçilerle yapılacağı için ekonomide bilinen dengeler ve diğer kavramlar tepetaklak olacaktır. Uzaktan ve uzun zaman önceden programlanabilen nanorobotlar komut geldiğinde trilyonlarca sayıda gözle görülmeyen savaş makineleri olarak çalışacaktır. Kendiliğinden çoğalan silahlar yaratan nanoteknoloji, bedenimize bulunmaz ve görölmez casus olarak sızacaktır. İnsanoğlu'nun en büyük devrimi olarak bilinen nanoteknoloji ile maddi dünyanın bütün sütunları sarsılıp, manevi dünyanın kıyamet senaryoları çağrılacaktır.

Nanoteknoloji sayesinde kanser tamamen yok edilerek birçok hastalığın tedavisi bulunabilecek ve çevre kirliliğinin önüne geçilebilecek gibi görünse de unutulmaması gereken çok önemli bir şey vardır ki, o da insan vücudunun aslında temas ettiği her şeye karşı toleransı yani bağışıklığı olmasına rağmen zehir içeren hiçbir şeye karşı bağışıklığı yoktur. Nanomalzeme ile yapılan bir yapının su ile temasından zehirli maddeler ortaya çıktığı da bilindiğinden ve insan vücudu da aslında zehre karşı bağışıklı olmadığından hastalıklardan kurtulmak yerine daha çok hastalık nedeni olabilir. Aynı şekilde su ile temas eden nanomalzemeli atıkların zehirli atıklar olmasına sebep olabilir. O halde tedavi içermediği gibi çevre kirliliğinin de önüne geçilemez. Ancak nanoteknoloji çevre kirliliğinin giderilmesi veya hastalık tedavisinde kullanılacaksa kesinlikle su ile teması engellenerek insanlığa olan tehdidi azaltılabilir. Bunun içinde nanoatomların kimyasal yapıları değiştirilerek su geçirmez bir hale getirilebilir. Bu sayede de nanoteknoloji ile yapılan her şey daha dikkatli ve bilinçli olarak kullanılabilir.

Geçmişte de icat edilen bir makinenin yapacağı işin insan gücü ile yapılandan daha ucuza mal edildiği görülmüştür. Nasıl matbaa icat edildiğinde el yazması kitaplar insanlığa pahalı geldiği için tercih edilmediyse, nanoteknoloji sayesinde nanorobotların her türlü üretimi çok daha ucuza yapılabileceğinden çok çok daha fazla tercih edileceği apaçık ortadadır. Bu da insanların günlük hareketlerini (yürüyüş, çalışma vb.) kısıtlanacağından hamlaşan ve hareketsiz kalan insan vücutları yeni yeni hastalıklarla karşı karşıya kalabilir. Aynı zamanda insanlar her türlü isteklerini daha kolay elde edebiliş kendi hayatlarını sürdürebilmek için amaç bulamamalarına ve bunun içinde düşünmeyen, düşünemeyen, hiçbir şey için uğraşmayan varlıklar haline gelmelerine sebep olabilir. O halde bunun için ilk olarak nanorobotların kullanım alanları kısıtlanmalıdır. Yani nanorobotlarla kullanım alanlarını kısıtlayacak yasalar çıkarılarak insan gücünün kullanılmasına ihtiyaç duyulması zorunlu kılınabilir böylece amaçsız yaşayan insanlık modelinin önüne geçilebilir, bu sayede de insanların günlük hareketleri aynı tempoda devam ettirilerek ortalama ölüm yaşı da korunabilir. Eğer bir ekmek kırımından mükemmel bir sofraya kurulabilecek olursa insanoğlu tarım ve hayvancılıkla hiçbir şekilde ilgilenmez hale gelecektir.

Günümüzde nesli tükenen birçok canlı türü olduğu gibi, küresel ısınma vb. çevresel sebeplerden dolayı daha fazla tükenen ve giderek tükenecek canlı türlerinin yanı sıra insanların bir ekmek kırımından mükellef sofralar kurma sevdasıyla daha çok canlı türlerinin tükenmesine sebep olabilir. Hatta belki de mükemmel sofrayı kurabilmek için bir ekmek kırımına ya da bir tavuk parçası bile bulamayacak hale gelmesine sebep olabilir. Bunun içinde bütün aile büyükleri çocuklarına geçmişten gelen bazı değerleri aşılışarak onlara tarım ve hayvancılığı bir miras gibi korumaları, bir gelenek gibi sürdürmeleri gerektiğini empoze ederek üreten toplum modeli korunabilir. Aynı zamanda nanoteknoloji ile çıkarılan yasa sayesinde ekonomide bilinen dengelerin tepetaklak olması da engellenebilir.

Nanoteknolojinin sebep olabileceği herhangi bir iç karışıklığa nasıl engel olunabileceği insanoğlunun en büyük sorunudur. Çünkü günümüzde bile ülkeler kendi çıkarları doğrultusunda kendileri dışındaki her şeyi kolaylıkla görmezlikten gelebilecekleri gibi gelişen bilim, değişen zaman ya da bizden kat kat fazla bilgiye sahip

olabilecek yeni nesil bile bu savaşın önüne çıkamayacaktır. Bunun içinde bir anlamda nanoteknolojinin kullanım alanları çok özel ve gizli bir prosedüre bağlı olarak bütün toplumlar arasında fikir birliği sağlanabilirse, toplum dengesi bozulmamış ve refah sağlanmış olacaktır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Bilim ve Teknik Dergisi (Aralık 2006).

Bilim ve Teknik Dergisi (Ekim 2007).

Bilim ve Teknik Dergisi (Mart 2010).

Chopra N.G., Luyken R.J., Cherrey K., Crespi V.H., Cohen M.L., Louie S.G., Zettl A., Science 269 (1995) 966.

Dokuz Eylül Üniversitesi Elektronik Malzemeler Güncel Ders Notları Prof. Dr. Erdal Çelik.

Experimetal, Nanomedicine, Medicine (www.nanomedjournal.com).

Kroto H. W., Heath J. R., O'Brien S. C. R, Curl F, R. Smalley E., Nature 318, 162 (1983).

Loyd Joho R., Nanotechnology; what 's the Big Deal? University Distinguished Professor, Department of Mechanical Engineering, October 15.2004.

Material and process similation center, beckman institute California institute of technology pasadena, CA91125 USA. Recived 2 Mart 2000.

NTV Bilim Dergisi, (sayı3, Mayıs 2009).

Ozdogan K. and Berber S., Optimizing The Hydrogen Storage in Boron Nitride Nanotubes by Defect Engineering, International Journal of Hydrogen Energy (2008).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Pederson T. Garm, “Variational approach to excitons in carbon nanotubes”, Phys. Rev. B67, 073401 (2003).

“The Wonderous World of Carbon Nanotubes” Eindhoven University of Technology (27 Şubat 2003).

Y. Z. ma et al. Molecular Physics 104, 1179, 2006.

<http://nanoteknojinedir.com/?p=819>.

<http://www.hurriyet.com.tr/teknoloji/10734746.asp?gid=234>.

[http://www.ftrdergisi.com./yazilari.asp?yaziid=534&sayiid=.](http://www.ftrdergisi.com./yazilari.asp?yaziid=534&sayiid=)

<http://ogretmenlerodasi.com/index.php?option=comcontent&task=view&id=814&itemid=82>.

<http://www.yaklasansaat.com/haberdosya/2007-haberleri/h152.html>.

<http://www.gyte.edu.tr/default.asp?sira=218&tip=511&hoca=218965&sayfa=1>.

<http://www.yaklasansaat.com/dunyamiz/bilim-ve-teknoloji/nanoteknojide-karbon.asp>.

<http://nanoturkiye.blogspot.com/2008/04/nano-101-karbon-nanotubler-1-html>.

<http://www.sanalclub.net/forum/forum/forum-posts.asp?TIP=2459>.

<http://www.msxlab.org/forum/tip-bilimleri/10029-tipta-nanoteknoloji-kullanimi.html>.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

<http://nanoturkiye.blogspot.com/2008/06/nano-101-kuantum-noktaciklari-2.html>.

www.saglikhayat.net/nano-teknoloji-ile-kansere-erken-teshis.html.

www.cnnturk.com/2010/saglik/07/...nano.teknoloji.../index.html.

<http://www.renishaw.com.tr/tr/afm-raman-sistemi-6638>.

<http://nanoturkiye.blogspot.com/2008/03/nano-101-nanomalzemeler.html>.

<http://nanoturkiye.blogspot.com/2008/04/gm-nanoparcacıklar-aslında-zararlı-imi.html>.

<http://nanoturkiye.blogspot.com/2008/05/karbon-nanotipler-asbest-gici-kanserojen.html>.

<http://www.frmtr.com/fizik-kimya/2794059-ametall-kimyası-bor.html>.

<http://tr.wikipedia.org/wiki/bor>.

<http://nanoturkiye.blogspot.com/2008/06/kalc-nanobalonlar-retildi.html>.

<http://nanoturkiye.blogspot.com/.../daha-hızlı-ve-daha-akıllı-nanosensör.html>.

<http://www.forumturka.net/forum/serbest-mekan/370264-nanoteknoloji.html>.

<http://www.biyoteknoloji.gen.tr/biyoteknoloji.htm>.

<http://www.hossobet.net/forum/akademik-forumlar/13594-nanoteknoloji-nedir-nerelerde-kullanılır.html>.