

**Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
Војна академија Универзитета одбране у Београду**



Назив студијског програма: Војноиндустријско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Наоружање

Предмет: Машински материјали

Број индекса: 520/2012

Немања Д. Борић

НАНОМАТЕРИЈАЛИ И ЊИХОВА ПРИМЕНА

дипломски рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **др Нада Ратковић, доцент – ментор**
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог рада кандидат треба да представи и наноматеријале. То обухвата опис и намену основних карактеристика, структуре, врсте ових материјала, као и технолошке процесе производње истих.

С обзиром на то да је реч о напредним материјалима (материјалима будућности), кандидат треба да опише примену наноматеријала у различитим областима индустрије, па посебним освртом на могућности примене у војној техници и опреми.

Препоручена литература:

- [1] М. Јовановић, Д. Адамовић, В. Лазић, Н. Ратковић: Машински материјали, Крагујевац 2003
- [2] Томислав Филетин: Примена наноматеријала у техници, Загреб 2003
- [3] Наноматеријали: истраживање примене, Elsevier Science, Tokyo 2006

Крагујевац, април 2019.

Ментор:
др. Нада Ратковић, доцент

РЕЗИМЕ

У раду су обрађени наноматеријали, њихов развој кроз време, примена у различитим областима као и сама својства. Такође је обрађена тема наноматеријала у војној индустрији као најсавременија врста материјала.

Кључне речи: Наноматеријали, нанокристали, нанокластери, фулерени, наноботи, нанокоптери, нано војна технологија.

SUMMARY

The paper deals with nanomaterials, their development over time, application in different areas as well as its properties. The topic of nanomaterials in the military industry is also discussed as the most up-to-date kind of material.

Key words: Nano-materials, nano-crystals, nano-clusters, fullerenes, nano-bots, nano-copters, nano-military technology.

Садржај

1. Увод	1
2. Развој наноматеријала	2
3. Структура наноматеријала.....	3
3.1 Нанокристални материјали.....	3
3.2 Наночестице и нанокластер	6
4.Класификација наноматеријала	8
3.1 Класификација на основу величине и морфологије.....	8
4.3 Класификација на основу хемијског састава.....	13
4.4 Угљенични наноматеријали.....	14
4.4.1 Дијамант	15
4.4.2 Графит	15
4.4.3 Фулерен	16
5.Својства наноматеријала	18
5.1 Механичка својства.....	19
5.2 Електрична својства.....	20
5.3 Оптичка својства.....	21
5.4 Магнетна својства.....	22
5.5 Структурна својства.....	24
5.5.1 Полиаморфизам.....	24
5.5.2 Параметри јединичне ћелије нанокристала и кластера	24
5.5.3 Квантне тачке	26
5.5.4 Наночестичне суперрешетке.....	27
5.5.5 Температура топљења нанокристалних честица	28
6. Методе производње наноматеријала	29
6.1 Механичко млевење.....	29
6.2 Синтеза из парне фазе.....	31
6.3 Синтеза из течне фазе	33
6.3.1 Сол-гел процес	33
6.4 Екстремна пластична деформација	35
6.5 Методе формирања <i>in situ</i>	36
6.6 Распршење плазмом.....	36
6.7 Ласерска аблација	37
7. Примена наноматеријала.....	38
7.1 Примена наноматеријала у војној индустрији	38

7.1.1 Нано војна технологија и невидљива оружја.....	39
7.1.2 Наноматеријали као замена за класичне материјале у војној индустрији.....	40
7.1.3 Нанокоптери.....	41
7.1.4 Микроскопске сонде-убице.....	42
7.1.5 Наноботи	43
7.1.6 Одеа за борбене услове	44
7.1.7 Панцири нове генерације	46
8. Примена наноматеријала у осталим гранама индустрије.....	47
8.1 Примена у аутоиндустрији	47
8.2 Примена наноматеријала у медицини	48
8.3 Примена у електроници.....	50
8.3.1 Први транзистор без р-п споја.....	50
Закључак	54
Литература	55

1. Увод

Нанотехнологија је врста савремене технологије чије поље деловања спада у величине реда милијардитог дела метра. То је технологија која манипулише молекулама и са појединачним атомима. Реч је о примењеној науци која се односи на производњу уређаја чије су димензије 100 нанометара или мање.

Може се рећи да је нанотехнологија поље примењене науке засноване на синтези и примени материјала и уређаја реда нано величина. Већ поменута нанотехнологија се може дефинисати и као начин решавања проблема у модерној науци. Такав приступ је нашао примену у свим областима примењене и фундаменталне науке. Стручњаци дефинишу нанотехнологију као вештину израде малих ствари које је могуће посматрати само помоћу најјачих микроскопа. Такође и способност прављења веома малих машина уз помоћ компјутерске технологије, атом по атом. Да би се нагласио тај смисао, често се нанотехнологија назива и молекуларна нанотехнологија. Највећа истраживања у области нанотехнологије обављају се у Русији, Кини, Тајвану, Јужној Кореји, Јапану, Немачкој, Финској, Израелу и САД. Од самих почетака израде материјала радило се на њиховом развоју и унапређењу њихових својстава са циљем омогућавања примене у различитим делатностима. То је довело да се при избору материјала, као и његове примене посматрају његова својства са физичког, хемијског и механичког аспекта. Материјали се према томе разликују по физичким, хемијским и механичким својствима. Већина материјала које користимо показују одређена одступања од идеалног распореда атома. Савремене технологије зависе од развоја материјала, без обзира на врсту. Сви материјали имају одређену унутрашњу структуру која је дефинисана кристалном решетком, односно распоредом честица унутар решетке.

Наноструктурни или нанофазни материјали се односе на оне материјале чије су димензије фаза (зрна структуре, честица или произведених слојева) реда величина од 1 до 100 нанометара. Просечна величина полупречника атома око 0,2 нанометара, тако да би нанометарско зрно требало да садржи око 125 атома. Нанометар је милионити део милиметра – отприлике 100.000 пута мањи од пречника људске длаке.

2. Развој наноматеријала

Реч нано је грчког порекла и значи „патуљак” и представља нешто што на нивоу величина иде ка све мањем и мањем. Наноматеријали се састоје од наночестица, које представљају милијардити део једне целине. Историја наноматеријала почела је одмах након настанка наше планете као наноструктуре у раним метеоритима. Природа је касније развила многе друге наноструктуре као што су шкољке, скелети итд. Наноскалиране честице дима настале су током употребе ватре од стране раних људи. Међутим, научна страна наноматеријала почела је много касније.

Прва примена наноматеријала јавља се у Египту и то за бојење стакла помоћу колоидних наночестица. Римљани су пре више од 2000 година открили да се додавањем честица злата стаклу постиже тамно црвена боја уколико се стакло добро термички обради. Хлађењем на собној температури, злато даје бледо жуту боју стаклу. Слични ефекти се могу постићи помоћу бакра и селена.

Демокрит се сматра праоцем наноматеријала, он први користи реч атом, за нешто што представља најмањи део неке материје. Док Ирски хемичар Robert Boyle је 1661. године закључује да се скоро све материје састоје од малих честица повезаних у целину у различитим комбинацијама и представљају све материјале који су откривени. Прва знанствена опажања малих честица могу се приписати шкотском ботаничару Brownu који је 1827. године радио на разматрању кретања честица. Амерички проналазач Eastman је 1884. године развио први рол филм за камеру где је најважнији део био фотоосетљив слој AgBr (сребро-бромид) наночестица на филму. Важна прекретница за будућа истраживања наноматеријала је био развој електронског микроскопа. Година почетка примене наноматеријала сматра се 1981. Када је H. Gleiter на "Second Riso International Symposium on Metallurgy and Materials Science" у Роксиделу у Данској први конкретно поменуо важност једнофазних и вишефазних поликристала са величином кристалита од 1 до 10 nm. Глитер је имао методу добијања наноматеријала која је била једноставна, односно он је убацивањем материје кроз уску сапуницу у изоловани цилиндар добијао честице помћу којих је израђивао таблете (наноматеријале) који су се могли користити за разна мерења, првенствено механичка. Након 1981. године почели су се користити термини нанокристални материјали, односно наноматеријали.

Једно од новијих истраживања материјала је такозвано математичко моделирање појава на атомском и молекуларном нивоу као и повезивање структуре и жељених својстава. Већ су остварени први производи интеграцијом моделирања према теорији "end-to-end" односно од краја до краја.

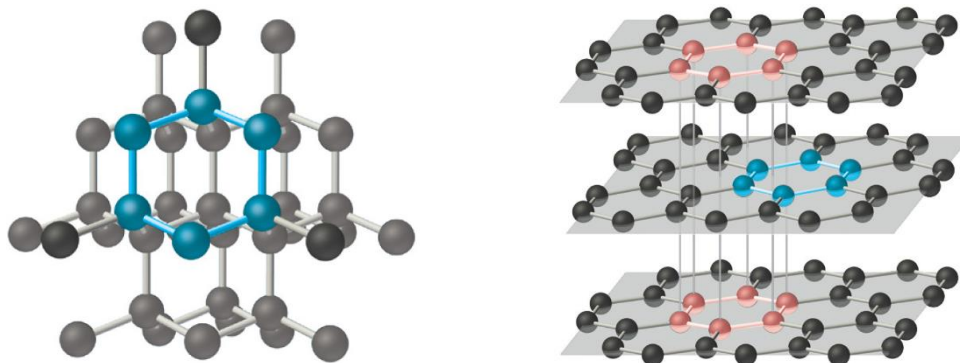
3. Структура наноматеријала

3.1 Нанокристални материјали

Нанокристални материјали су поликристални материјали са величинама кристалита смањује на вредности испод 250 нанометара. Неке материјале можемо сврстати у наноматеријале уколико се релативне димензије материјала или бар једна димензија разликује од оног материјала који има макроскопске димензије. Један од карактеристичнијих примера нанокристала је угљеник. Раније се закључило да је структура граница зрна у нанокристалним материјалима прилично различита од оне у крупнозрнастим материјалима, недавне студије недвосмислено су показале да је структура граница зрна иста у нанокристалним и материјалима са крупним зрном. Својства нанокристалних материјала су често супериорна у односу на конвенционалне поликристалне материјале са крупним зрневљем. Нанокристални материјали показују повећану чврстоћу, повећану дифузивност, побољшану жилавост, смањену густину, смањен модул еластичности, већу електричну отпорност, повећану специфичну топлоту, већи коефицијент топлотне експанзије, мању топлотну проводљивост и супериорне меке магнетне особине у поређењу са конвенционалним материјалима са крупним зрневљем.

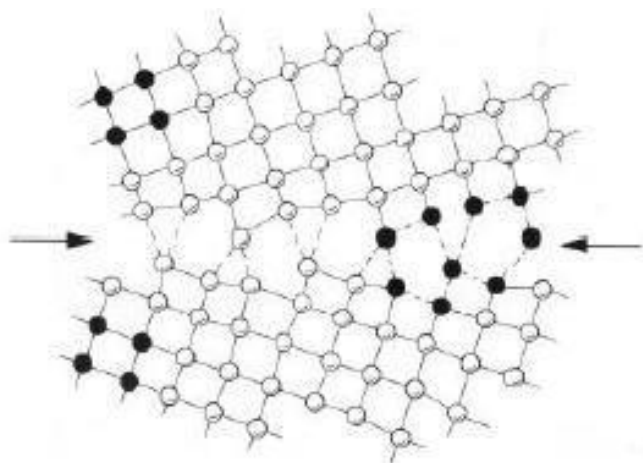
Физичко-хемијска својства поликристала неког материјала су слична, без обзира на величину кристалних зрна, све док се димензије не смање на нанометарске, тада се физичка својства материјала знатно мењају. Физичка својства материјала зависе од координационог броја као и од густине, међуатомских сила које су кратког дмета, односно најближих суседних атома, сходно томе интеракција између најближих атома је један од битних фактора. Код наноматеријала се јавља веома велики број атома.

Наноматеријали имају основу у једном материјалу а он је угљеник. После водоника поседује више једињења него сви остали елементи када се споје. Овакви резултати произилазе из тога што угљеник може своје међусобне атоме повезивати једноструком, двоструком и троструком ковалентном везом на разне начине у ланце или прстенове. Приликом модификације угљеника у дијамант он добија потпуно друге карактеристике и постаје један од најтврђих материјала, што можемо видети на слици 3.1, на којој је приказана кристална решетка угљеника у модификацији дијаманта, док на слици 3.2 је дат пример кристалне решетке угљеника у модификацији графита где везе међу атомима у хоризонталној равни имају јаке ковалентне везе док то није случај код вертикалних које имају слабије везе међу слојевима. Са друге стране угљеник у поступку модификације у графит добија карактеристике такве да је веома мекан материјал у односу на модификацију дијаманта. [3].



Слика 3.1 Угљеник у модификацији дијаманта [6]. Слика 3.2 Угљеник у модификацији графита

Код нанокристала се јављају атоми који сачињавају гранична подручја између појединих кристалита. Таква међукристална подручја се другачије могу називати и интергрануларни простор. На 3.3 слици можемо видети ову појаву на примеру и ту запажамо пуне кругове који сачињавају интергрануларни простор као и празне кругове који представљају атоме у квадратној структури одређених кристала. Унутар границе постоје разлике тако да се не може поистоветити са елементарном ћелијом, такође се у међуграничном подручју координациони број и густина битно разликују од кристалне матрице.

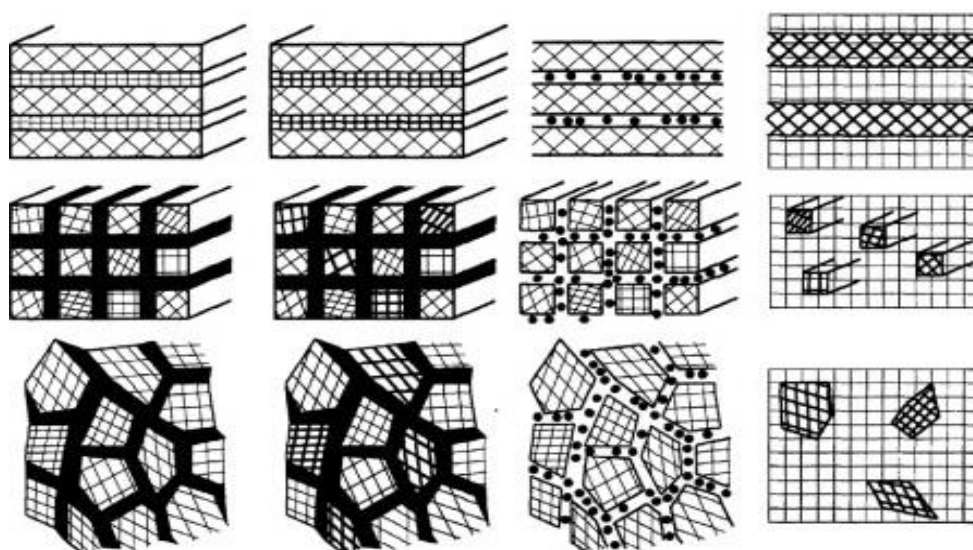


Слика 3.3 Шематски приказ међукристалног подручја између појединих кристалита [3]

Herbert Gleiter је предложио да се наноматеријали разврстају према облику, саставу и расподели нанокристалне компоненте у 12 група. Подела је направљена на основу три облика и то су:

- Слојеви.
- Штапићи.
- Једнолика односно еквиаксијална зрна.

Као и четри врсте по хемијском саставу. Подела је приказана на слици 3.4.

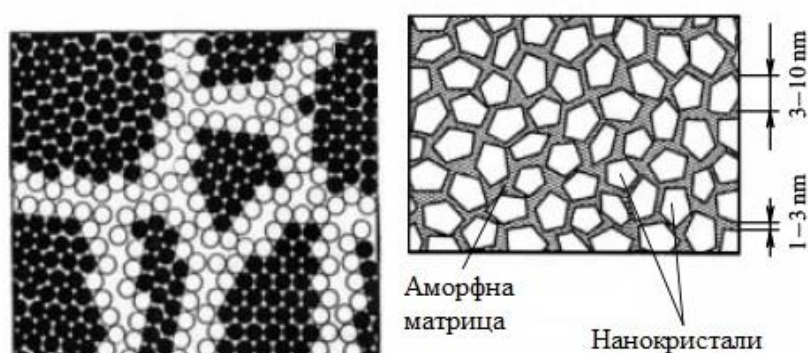


Слика 3.4 Расподела наноматеријала у 12 група [3].

Прва колона представља кристалите и границе које имају исти хемијски састав и материјале у првој колони називамо једнофазним нанокристалима. У другој колони се налазе кристалити различитог хемијског састава. Трећа колона се односи на хемијски састав кристалита и границу која се разликује, док у четвртој колони имамо нанокристалите који су различитих облика који су распршени у матрици различитог хемијског састава. Вишекомпонентни материјали су материјали који су на слици у свим другим колонама сем прве колоне.

Кристалити истог хемијског састава имају различиту кристалну оријентацију што је карактеристично за поликристалне материјале. Када је реч о вишефазним материјалима може се десити да дође до мешања атома у интергрануларном порстору и на границама зрна.

За нанокристале и наностакла можемо корситити синониме наноматеријали и наноструктуре. На слици 3.5 је дат један пример аморфне матрице.



Слика 3.5 Пример аморфне/наноаморфне матрице [3].

3.2 Наночестице и нанокластер

Нанотехнологија је наука која се бави материјама који заузимају милијардити део метра (тј. $10^{-9}m = 1nm$), а такође је и проучавањем манипулације материје на атомској и молекуларној скали. Наночестице су најосновније компоненте у изради наноструктуре и далеко су мање од света свакодневних објеката који су описани Њутновим законима кретања, али већим од атома или једноставног молекула којим управља квантна механика. Генерално, величина наночестице се протеже у опсегу између 1 и $100nm$. Металне наночестице имају различита физичка и хемијска својства од стандардних метала (нпр. ниже тачке топљења, веће специфичне површине, специфична оптичка својства, механичке чврстоће и специфичне магнетизације), својства која се могу показати атрактивним у различитим индустријским применама. Међутим, како се наночестица посматра и дефинише зависи у великој мери од поступка обраде и примене.

Наноматеријали као што је већ речено садрже наночестице којима бар једна димензија у наноподручју односно пречник им је мањи од 100 нанометара. Наночестице се називају суперфиним честицама чија је величина од једног нанометара до сто микрона. Приликом додавања таквих елемената побољшава се чврстоћа, тврдоћа као и друга механичка својства.

Наночестице садрже до 10^8 атома и смањењем димензија честица престаје бити наночестица и добија назив нанокластер или само кластер. Нанокластери поседују структуру која се разликује од структуре узорака нормалних величина, поред тога кластер може бити сложенији од индивидуалних атома или наночестица.

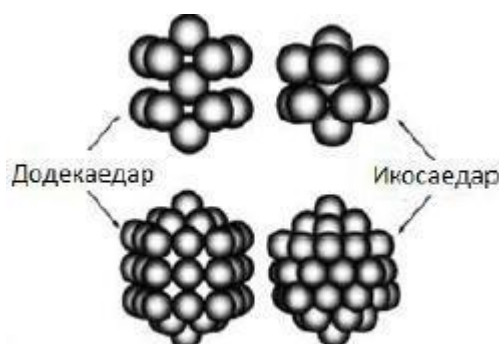
Како би ове појаве боље разумели усвајамо почетни атом или наночестицу и почињемо слагати структуру у облику љуски односно слојева, али тако да поседују што већу густину. Ту можемо приметити да први слој око централног атома има 12 атома, што значи да имамо кластер од 13 атома или 13 наночестица. Слагање је могуће вршити до великог броја атома али скуп од, рецимо 10^8 вероватно би било тешко назвати кластером. На слици 3.6 је приказан укупан број атома кластера.

		Укупан број атома	Површински атоми у процентима
Једна љуска		13	92
Две љуске		55	76
Три љуске		147	63
Четири љуске		309	52
Пет љуски		561	45
Шест љуски		923	39
Седм љуски		1415	35

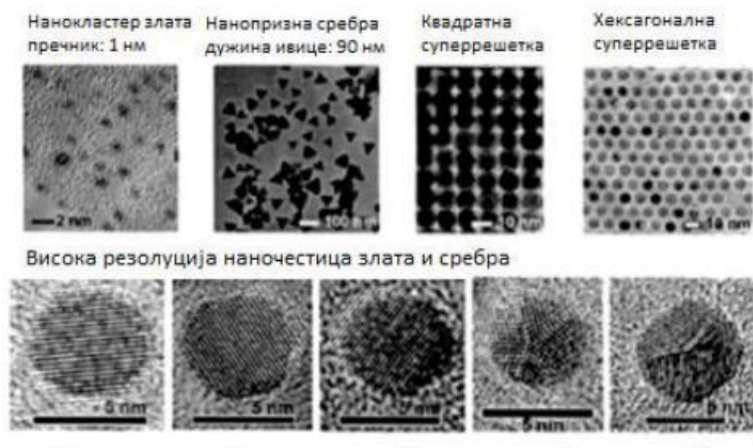
Слика 3.6 Укупан број атома нанокластера [3].

На слици 3.7 се уочава да кристална наночестица може бити један кристалит, а може и да садржи више кристалита.

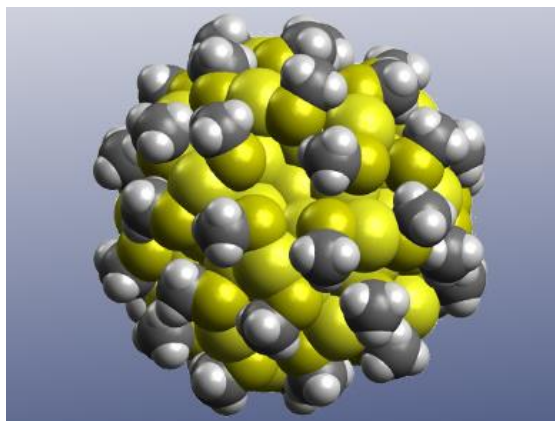
Разлика између наночестица и нанокластера је у величини. Кристалити су већи од 2 нанометара док су нанокластери мањи од 1 нанометра. Слагање слојева или љуски се може појавити у две модификације у случају 55 атома зове се додекаедар или икосаедар приказани су на слици 3.7. Да кластери могу имати различиту структуру него наночестице показано је на примеру злата где су кластери величине 3 до 5 нанометара и имају икосаедарску структуру. Нанокластери и нанокристали су приказани на сликама 3.8 и 3.9. Изглед кластера је дат на слици 3.9. Постоје намерно направљене наночестице и случајно направљене наночестице. Намерно направљене наночестице су фулерени, наноцевчице, квантне тачке.



Слика 3.7 Приказ додекаедра и икосаедар [3].



Слика 3.8 Приказ кристалних наночестица [3].



Слика 3.9 Нанокластер [16].

4. Класификација наноматеријала

Наноматеријали имају изузетно мале величине које имају најмање једну димензију 100 *nm* или мање. Наноматеријали могу бити наноскали у једној димензији (нпр. површински филмови), две димензије (нпр. нити или влакна) или три димензије (нпр. честице). Могу постојати у једноструким, фузионисаним, агрегираним или агломерисаним облицима са сферичним, цевастим и неправилним облицима. Уобичајени типови наноматеријала укључују наноцевчице, дендримере, квантне тачке и фулерене. Наноматеријали имају примену у области нано технологије и показују различите физичке хемијске карактеристике од нормалних хемикалија (тј. сребрни нано, угљеничне наноцеви, фулерен, фотокатализатор, угљен нано, силицијум). Једна од основних класификација наноматеријала је на основу величине и морфологије и хемијског састава.

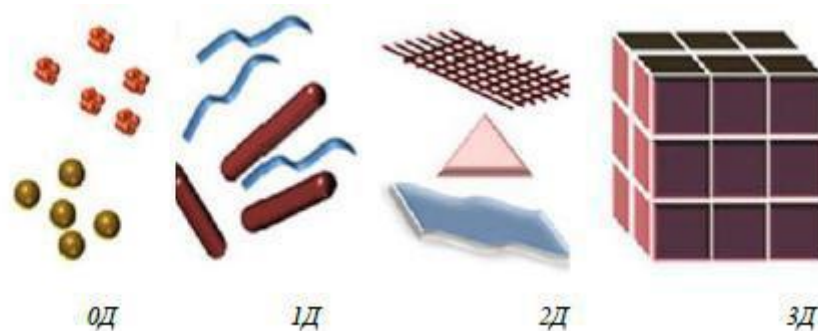
Могуће је класификовати наноматеријале према:

- морфологији и величини,
- према хемијском саставу.

4.1 Класификација на основу величине и морфологије

Рокорівну и Skorokhod су први предложили класификацију наноматеријала на основу величине. На слици 4.1 је приказана класификација наноматеријала према величини и морфологији. Како је величина ових материјала јако битна што показује сам назив нано, наноматеријале можемо сврстати у четири групе и то су:

- нултодимензионални (0Д) ,
- једнодимензионални (1Д) ,
- дводимензионални (2Д) ,
- тродимензионални (3Д) .



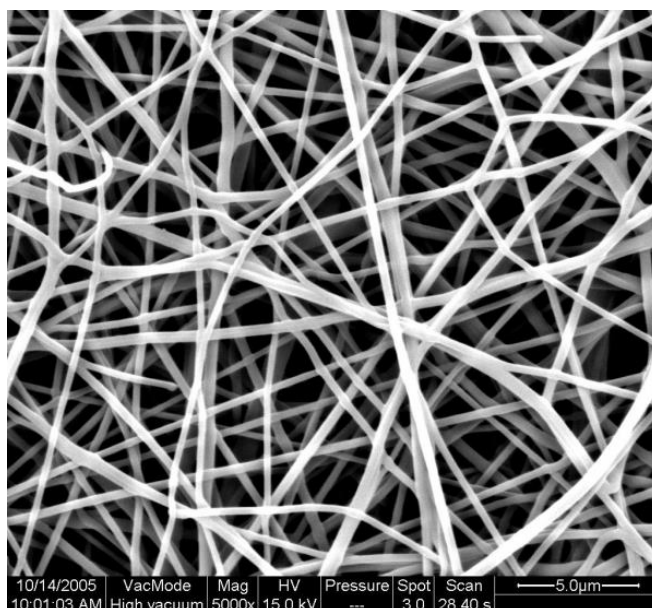
Слика 4.1 Класификација наноматеријала према величини [18].

Нултодимензионалне наноструктуре представљају све димензије мање од 100 нанометара, једнодимензионалне наноструктуре су оне које имају бар једну димензију већу од 100 нанометара. Постоје различити морфолошки облици једнодимензионалних наноструктура од којих су најчешће проучавани:

- нановлакна (nanofibers),
- наножице (nanowires),
- нанотраке (nanobelts),
- нанопрстенови (nanorings),
- наношипке (nanorods) и
- наноцеви (nanotubes)

• Нановлакна

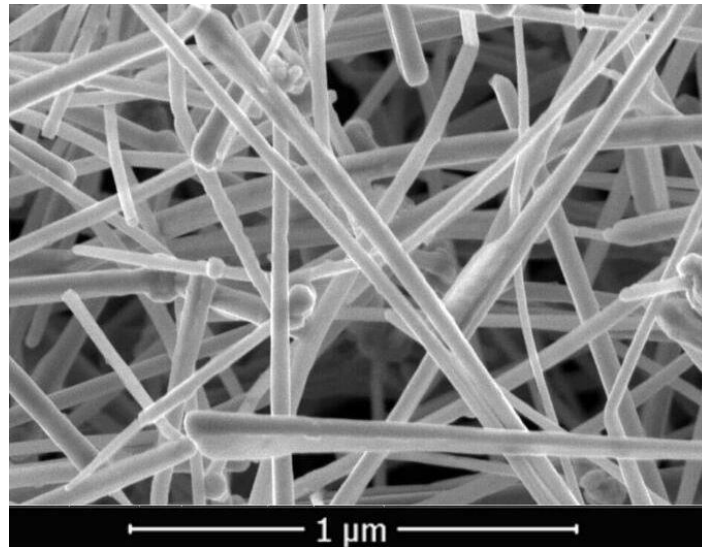
Нановлакна су цилиндричне, једнодимензионалне наноструктуре пречника до 100 нанометара и дужине од неколико микрометара до једног милиметра. Основну структурну јединицу чине графитна плоча која се састоји од sp^2 хибридизованих угљеникових атома који су међусобно повезани у шестоугаоник. Постоје више различитих метода за израду нановлакна, укључујући цртање, електроспинирање, самосастављање, синтезу шаблона и термичко индуковано раздвајање фаза. Електроспинирање је најчешће коришћена метода за генерисање нано-влакана због једноставног постављања, способности масовног производње континуираних нановлакна из различитих полимера, као и способности генерисања ултратанких влакана са контролисаним пречницима, композицијама и оријентацијама. Флексибилност нановлакна омогућује облик и распоред влакана тако да се могу обезбедити различите конструкције у зависности од намене. На слици 4.2 су приказана нановлакна. Угљенична нановлакна настају из графенских плоча које су закривљене под одређеним углом да би формирале слој наноконуса. Вечичине угљеничних нановлакна се крећу од 3.5 nm до неколико стотина nm у пречнику, и неколико μm по дужини.



Слика 4.2 Нановлакна [8].

- **Наножице**

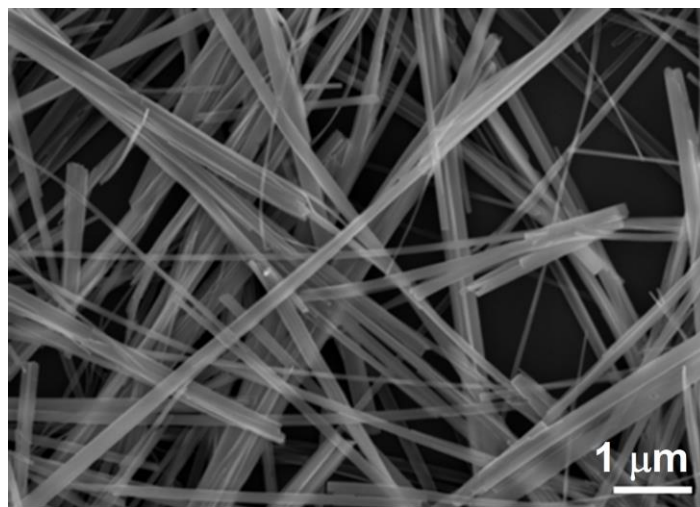
Наножице су наноструктуре, пречника реда нанометра (10^{-9} метара). Такође се може дефинисати као однос дужине и ширине који је већи од 1000. Алтернативно, наножице се могу дефинисати као структуре које имају дебљину или пречник ограничене на десетине нанометара или мање и неограничену дужину. У овим скалама важни су квантно-механички ефекти - који су сковали термин "квантне жице". Постоји много различитих типова наножица, укључујући супроводљиве металне, полупроводичке (нпр. силиконске наножице) и изолујуће. Молекуларне наножице се састоје од понављајућих молекуларних јединица или органских (нпр. ДНК) или неорганских. Наножице су по облику исте као и нановлакна, али се разликују по односу димензија дужина-пречник, то су кристалне структуре проводничких и полупроводничких електричних својстава и састоје се од органских и неорганских молекула који се понављају у низу. Електрони у овим материјалима слободно путују дуж жице, али њихово кретање у друга два правца регулисано је квантном механиком, радикално мењајући својства материјала. На слици 4.3 приказан је увећан изглед наножице.



Слика 4.3 Наножице [9].

- **Нанотраке**

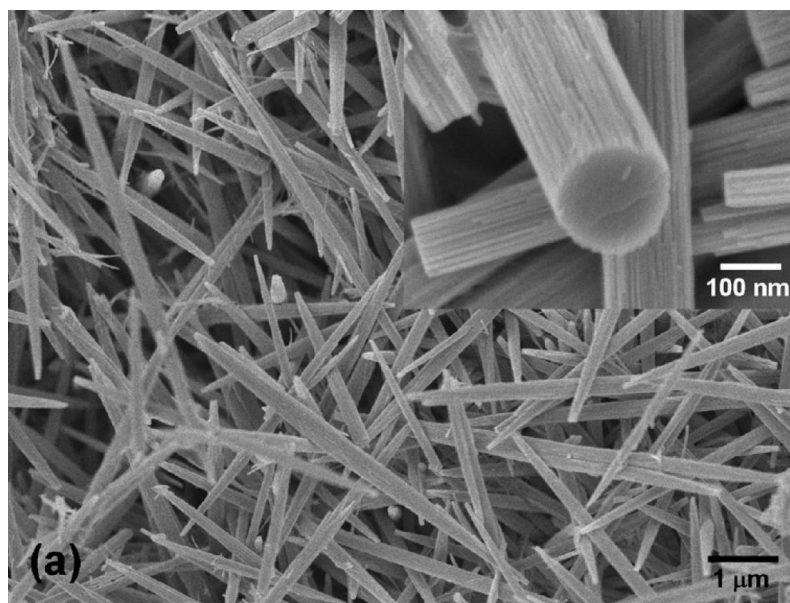
Нанотраке су дводимензионалне структуре у облику трака. Спонтаним увијањем нанотрака настају нанопрстени који налазе велику примену као сензори и поседују пиезоелектрични ефекат. На слици 4.4 су приказане нанотраке.



Слика 4.4 Нанотраке [10].

- **Наношипке**

Наношипке (слика 4.5) за разликују од нанотрака по несавитљивим спољашњим зидовима. Све димензије наношипки се крећу у интервалу од једног до сто нанометара, тачније однос дужина/пречник износи 3-5, наношипке представљају изузетно танке и равне структуре. Синтерују се од метала или полупроводничког материјала и њихова употреба је нађена на пољу ласера и микромеханичких прекидача. Оне су хемијски чисте, структурно униформне, углавном без дефеката са чистим површинама које не захтевају заштиту од оксидације.



Слика 4.5 Наношипке [10].

- **Наноцеви**

Наноцеви поседују велики спектар примене у разним областима науке као и инжењерства. Они су идеални носачи за имобилизацију бимолекула као што су протеини, антигени, витамини, хромни, антибиотици и друго. Наноцеви представљају цилиндричне једнодимензионалне наноструктуре које су шупље. Прво су синтетисане угљеничне наноцеви, а затим и халогенидне, а последњих неколико година добијене су и од керамичких материјала. Угљеничне наноцеви постају један од најперспективнијих материјала у недавно развијеним материјалима због својих супериорних својстава крутости, чврстоће, еластичности, електричне проводљивости и емисије поља. Идеални су носачи зато што поседују велику механичку чврстоћу, одличну термичку и електричну проводљивост као и велики однос површине према запремини и минимална дифузиона ограничења. Наноцеви су нашле примену у авио, текстилној, електронској али и у многим другим индустријама. У природне наноматеријале можемо сврстати фулерен, чађ, макромолекулске колоиде, органске материје. Њихово природно порекло може бити од комета и астероида који су из космоса стигли на површину земље, а могу се и формирати из полицикличних ароматичних угљоводоника из алги у току метаморфозе на температурама између 300 и 500 °C у присуству елементарног сумпора или током природних процеса

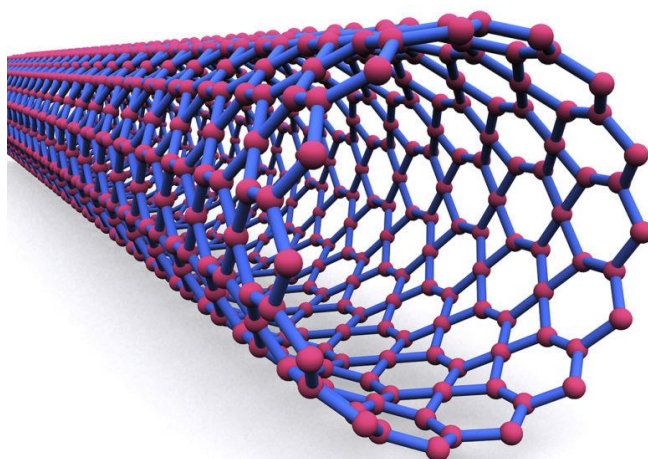
сагоревања. Док наноматеријали антропогеног порекла могу да се формирају случајно током разних активности (производња хране, електричне енергије, дизел горива) или могу бити произведени за различите намене. Једна потенцијална примена наношипки је у технологијама екрана, јер се рефлективност шипки може променити променом њихове оријентације примењеним електричним пољем. Друга примена је за микроелектромеханичке системе (МЕМС). Наношипке, заједно са другим наночестицама племенитих метала, такође функционишу као терагностички агенси. Наношипке реагују у близини инфрацрвених зрака и генерише топлоту када је узбуђен ИР светлошћу. Ово својство је довело до употребе нанорода као терапеутика за рак. На слици 4.6 је приказана наноцев.

Наноцеви се деле на основу слојева на:

- једнослојне,
- двослојне,
- вишеслојне угљеничне наноцеви.

Могу се добити следећим техникама:

- електричним пражњењем,
- хемијском депозицијом из парне фазе,
- ласерском аблацијом.



Слика 4.6 Наноцев [10].

4.3 Класификација на основу хемијског састава

На основу хемијског састава наноматеријали се деле на органске и неорганске. У прву групу тј. у групу органских спадају материјали који садрже угљеник. Један од најзначајних је нано дијамант фулерен C₆₀, угљеничне наноцеви и нановлакна. Угљенични наноматеријали могу бити у облику шупље сфере, елипсоида или цеви. Сферни и елипсоидни се називају фулерени. Физичка и

хемијска својства материјала изузетно се мењају када се број атома који чине материјал знатно смањи, па тако у нано величини, злато више није жуте боје и може да има зелену, црвену, плаву и друге боје. Неоргански наноматеријали су честице базирани на металним оксидима као што су цинк-оксид, гвожђе-оксид, титанијум-диоксид и метали као што су злато, сребро, гвожђе и кобалт.

4.4 Угљенични наноматеријали

Угљеник је био познат још у праисторији. Да је хемијски елемент први је утврдио Антоан Лавоазије. Међународни назив је изведен од латинске речи *carbo* или угаљ.

Цела једна грана хемије, органска хемија, се базира на једињењима која у себи садрже угљеник. Сем органских једињења велики значај имају угљеник(2)оксид (угљен-моноксид), угљеник(4)оксид (угљен-диоксид), угљена киселина, карбиди и карбонати.

У природи угљеник се може наћи у облику једињења или у слободном стању. Угљеник је саставни део биљног и животињског света. Угљеник после водоника има највише једињења у односу на остале хемијске елементе. Разлог тога је што се угљеникови атоми у једињењима могу међусобно повезати једноструким, двоструким и троструким ковалентним везама на различите начине у дугачке ланце и прстенове. Угљеник је у природи веома распрострањен у виду својих једињења. Убраја се у биогене елементе и у људском телу је други по заступљености, са 18%. У елементарном стању јавља се у неколико алотропских модификација. Угљеник је есенцијални елемент у биосфери, те по масеном уделу други најраспрострањенији елемент након кисеоника у живим организмима. Сва жива ткива су састављена из органских једињења угљеника. Међутим, геолошки гледано он се не убраја у најраспрострањеније елементе. Угљеник је заступљен у земљиној кори у количини од 0,087%. Он се налази у неживој природи претежно у облику једињења, али и слободан у облику дијаманта и графита. Главна налазишта дијаманата налазе се у Африци (Јужноафричка Република и Конго) и Русији. Они се често могу наћи у вулканским стенама попут кимберлита. Графит се јавља релативно ретко у метаморфним стенама богатим угљеником. Најзначајнија налазишта су у Индији и Кини. У саставу са кисеоником у атмосфери се налази као угљен-диоксид, у системима као карбонат, најчешће калцијум и магнезијум.

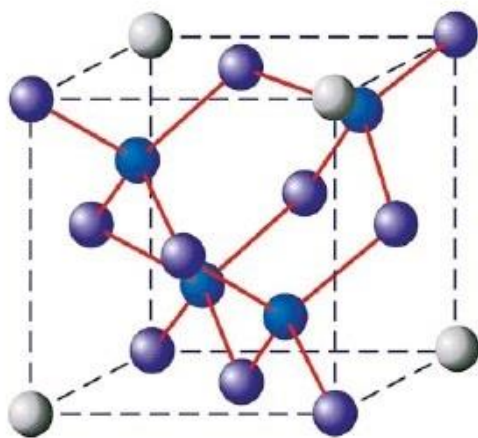
Електрична, физичка и хемијска својства угљеничних наноматеријала су уско повезана са структурном конформацијом угљеника, а тако и са типом хибридизације. У свом основном стању угљеник има шест електрона и електронску конфигурацију $1s^2 2s^2 2p^2$. Мала разлика енергије између 2s и 2p нивоа олакшава побуђивање једног електрона из s орбитале у празну p орбиталу вишег енергетског нивоа. У зависности од везивања са суседним атомима, ово побуђивање доводи до sp , sp^2 или sp^3 хибридизације на угљениковом атому. Енергија добијена из ковалентног везивања са суседним атомима компензује енергију преласка електрона у више енергетско стање.

Као што је поменуто угљеник се јавља у више модификација:

- као аморфни угљеник,
- дијаман и
- графит.

4.4.1 Дијамант

Дијамант се сматра најтврђим минералом који се може наћи у природи. је безбојна, кристална супстанца са великим индексом преламања светлости. Тврдоћа и способност дијаманта да прелама светлост последица су његове структуре. Структура дијаманта одговара sp^3 хибридизацији угљеника. Дијамант је алотропска модификација угљеника. Угљеникови атоми у дијаманту заузимају тетраедарску структуру, сваки атом угљеника има 4 сигма везе. Међутим када се дијамант нађе на атмосферском притиску и собној температури постаје термодинамички нестабилан па конвергира у графит. Та конверзија је веома спора па се дијамант сматра кинетички стабилном супстанцом. Због своје тврдоће, дијамант се користи за резање, бушење, брушење и полирање. Резањем и полирањем се добија брилијант који се користи при изради накита. Због своје изузетно круте решетке, он може да буде контаминиран са веома малим бројем типова нечистоћа, као што су бор и азот. Мала количина дефеката или нечистоћа (око један на милион атома решетке) боји дијамант плаво (бор), жуто (азот), смеђе (дефекат решетке), зелено (излагање зрачењу), љубичасто, розе, наранџасто или црвено. Дијамант такође има релативно високу оптичку дисперзију (способност дисперзије светлости различитих боја). На слици 4.7 су приказани дијамант као и његова структура.



Слика 4.7 Структура и изглед дијаманта [11]

4.4.2 Графит

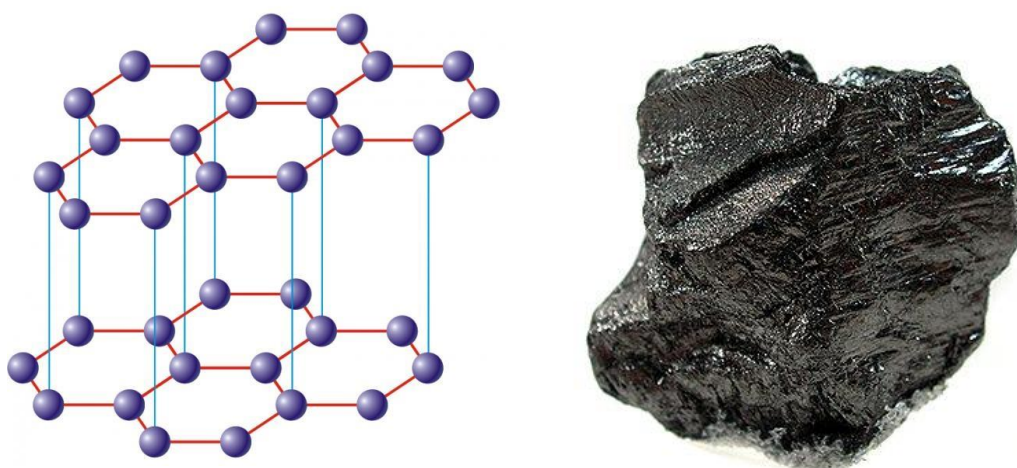
Графит је минерал и једна је од три стабилне алотропске модификације угљеника (пored дијаманта и фулерена), међу којима је најчешћа и најстабилнија управо графит. Сиве је боје.

Графит најчешће поседује хексагоналну решетку, а веома ретко се појављује у ромбоедричној. Атоми у слојевима везани су јаким ковалентним везама, али су сами слојеви повезани slabим Ван дер Валсовим везама, што им омогућава да клизе један преко другог, тако да се графит отиरे. Графит је једини неметал који добро проводи електричну струју и топлоту.

Употребљава се за подмазивање, у електролизи (као инертна електрода), за контакте у електричним моторима и сл. Највећи рудници графита у свету налазе се у Кини (2005. године производња је била 1.650.000 тона). Остали велики произвођачи графита су Индија, Бразил, Северна Кореја и Канада.

Графит је најмекши и најстабилнији познати минерал који се јавља као једна од три алотропске модификације угљеника. Графит је сиве боје и једини неметал који је добар проводник електричне струје и топлоте. Употребљава се за подмазивање, у електролизи за контакте у електричним моторима, итд. У Кини се налазе највећи рудници графита. На слици 4.8 је приказана структура графита као и пример графита.

Појединачни слојеви се називају графен. У сваком слоју, атоми угљеника су распоређени у саћастој решетки са растојањем од 0.142 nm , а растојање између равни је 0.335 nm . Атоми у равни су ковалентно везани, са само три од четири потенцијална везна места. Четврти електрон је слободан да мигрира у равни, чинећи графит електрично проводљивим. Међутим, он се не понаша у правцу који је под правим углом у односу на раван. Везивање између слојева је преко слабих ван дер Валсових веза, што омогућава слојевима графита да се лако одвоје, или да се померају један поред другог.



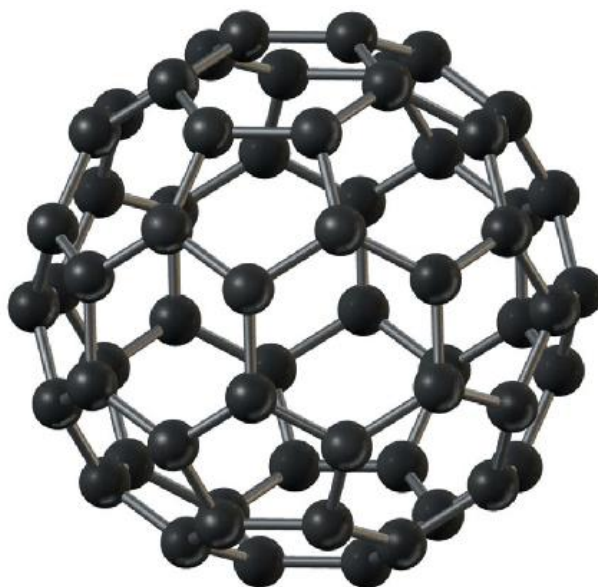
Слика 4.8 Структура графита и пример графита [12].

4.4.3 Фулерен

Фулерен је алотропска модификација угљеника, откривена 1985. године, када је пуком игром случаја ласерски синтетизован молекул C_{60} . За ово откриће научници Харолд Крото (Универзитет у Сасексу, Уједињено Краљевство), Роберт Керл и Ричард Смоли (Универзитет Рајс из Хјустона) 1996. године добили су Нобелову награду.

Фулерени су форма угљеника као што су дијамант и графит и представљају фамилију угљеничних кластера. Фамилија фулерена су сферни молекули који представљају трећу модификацију угљеника, а најстабилнији представник групе фулерена C_{60} . Фулеренима се назива читава група затворених, сферних угљоводоничних структура. Кристалну форму која по својој симетричности спада у најуређенији управо молекул C_{60} , он има 60 угљеникових атома и налик је фудбалској лопти. Први назив овог молекула је био фудбален док се данас за целу класу ових угљеника користи

назив фулерен. Фамилија фулерена (C_{60} , C_{70} , C_{82} ,..., C_{540}) су кавезати сферни молекули, који представљају трећу алотропску модификацију угљеника, а најстабилнији представник фамилије фулерена је молекул C_{60} . Он гради кристалну форму која по својој симетричности спада у највиши ранг уређености. Као индивидуални молекул, C_{60} чвршћи је од дијаманта, међутим, када кристалише, кристална решетка му је мека скоро као код графита. Како C_{60} има осу петог реда, то су његова структура и енергетска стања одређена особина златног пресека. Протеклих 20 година истраживања, фулерен је захваљујући хемијским својствима својих деривата, као и својим магнетитом, електронским и проводним карактеристикама, заузео значајно место на подручју наноматеријала. Као индивидуални ентитет, молекул C_{60} , је тврђи од дијаманта, међутим, када кристалише, кристална решетка му је мекана као код графита. Симетрија молекула је икосахедронска док су кристали молекула C_{60} централно кубични. При нормалним условима притиска и температуре у унутрашњости молекула је вакуум, док је около електронски облак. На слици 4.9 је приказан Фулерен C_{60} [2].



Слика 4.9 Фулерен [2].

5. Својства наноматеријала

За истраживаче су увек интересантна физичка и механичка својства наноматеријала. Због тога су тежили да их упоређују са другим својствима кристалних материјала истог хемијског састава. Gleiterova верзија о посебним физичким својствима наноматеријала показала се као исправна.

Због својих малих димензија, наноматеријали имају изузетно велики однос површине и запремине, што чини да буду велики површински или међуповршински атоми, што резултира у више "површинским" зависним својствима материјала. Нарочито када су величине наноматеријала упоредиве са дужином, на цео материјал ће утицати површинска својства наноматеријала. Ово заузврат може побољшати или модификовати својства материјала. На пример, металне наночестице се могу користити као веома активни катализатори. Хемијски сензори од наночестица и наножица побољшали су осетљивост и селективност сензора. Величина нанометарских карактеристика наноматеријала такође има просторни ефекат ограничења на материјале који доносе квантне ефекте.

Последњих година развој наноматеријала је изузетно напредовао услед потенцијалне технолошке примене у широком спектру као што су електроника, керамике, катализатори, структурне компоненте, итд. Посебно су интересантни аморфни материјали јер у поређењу са кристалним материјалима не поседују кристалите, међукристалне границе, дислокације и тачкасте дефекте. У наредним ставкама размотрићемо основна својства наноматеријала.

Док већина микроструктурираних материјала има слична својства као и остали материјали, својства материјала са нанометарским димензијама значајно се разликују од већине. То је углавном због нанометарске величине материјала који их чине:

- великим делом површинским атомима;
- имају високу површинску енергију;
- просторно затварање;
- смањене несавршености, које не постоје у одговарајућим масовним материјалима.

Структура енергетског појаса и густина носиоца набоја у материјалима могу се потпуно другачије модификовати од њихове масе и заузврат модификовати електронске и оптичка својства материјала. На пример, ласери и светлеће диоде (LED) из обе квантне тачке и квантне жице су веома обећавајуће у будућности оптоелектронике. Складиштење података високе густине користећи квантне тачкасте уређаје је такође брзо развијајуће подручје. Смањене несавршености су такође важан фактор у одређивању својстава наноматеријала. Наноструктуре и наноматеријали фаворизују процес самопрочишћавања у томе што ће се нечистоће и унутрашњи материјални дефекти померити близу површине након термалног жарења. Ова повећана перфекција материјала утиче на својства наноматеријала. На пример, хемијска стабилност одређених наноматеријала може бити побољшана, механичка својства наноматеријала ће бити боља од својставана стандардног материјала. Врхунска механичка својства угљеничних наноцеви су добро позната. Због њихове нанометарске величине, већ се зна да наноматеријали имају много нових својстава. Предложене су и многе нове примене наноматеријала из ових нових својстава.

5.1 Механичка својства

Механичка својства су одувек на неки начин, за разлику од других својстава, везана за свакодневни живот. На основу тога, разумљиво је да су се проучавала више него остала својства. Хуков закон је пронађен управо у подручју механичких својстава. Услед тога, о механичким својствима се знало више него о другим, многе књиге су се бавиле том проблематиком и знало се све о механичком понашању неког материјала. Али зашто се неки материјал понашао тако како се понашао, било је потпуно необјашњиво до средине тридесетих година прошлог века. Материјали са бољим механичким својствима су се добијали искључиво на темељу многобројних експеримената [3].

За практичну примену неког материјала се тражи да под утицајем силе:

- има што већу границу еластичности,
- буде чврст/жилав,
- не пукне приликом деформације,
- може да се обликује.

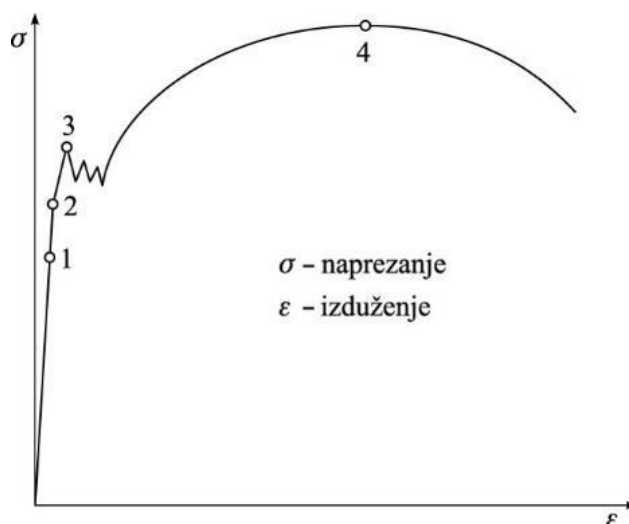
Последњих година се у литератури успоставила следећа терминологија:

- нанокристални материјали са просечном величином кристалита испод 100 нанометара,
- ултрафини кристални материјали са просечном величином кристалита између 100 нанометара и 1 микрометра,
- микрокристални материјали са просечном величином кристалита већом од 1 микрометра.

Испитивање механичких својстава наноматеријала обухвата метале и керамике, утицајем порозности, утицај величине зрна, суперпластичност, полимерне композите, наноцеви на бази композита. Расправа о механичким својствима наноматеријала је, у извесној мери, само основа интересовања, из разлога што постоје потешкоће да се произведу макроскопска тела са високом густином и величином зрна у распону мањем од 100 nm. Међутим, два материјала, од којих ни један није произведен пресовањем или синтеровањем, су привукли много већу пажњу јер се не сумња да ће имати велики индустријски значај.

Полимери пуњени наночестицама доводе до великих побољшања механичких својстава. Таква побољшања, у великој мери, зависе од врсте филтера и начина на који се пуњење обавља. Ово друго је нарочито важно јер као и било која друга предност наночестица, пуњење може бити прекинуто ако уметак за пуњење прави агрегате, чиме опонашају велике честице. Полимерни нанокомпозити испољавају широк спектар предности и недостатака. То зависи од облика за пуњење, честица и од степена нагомилавања. У овој групи материјала, полимери који су пуњени силикатима показују најбоља механичка својства и од великог су привредног значаја. Што је веће нагомилавање честица, лошији су резултати који се притом добијају. Иако, потенцијално, најбољи композити су они који се испуњавају нанофибером, пракса је показала да такви композити имају слабу растегљивост. С друге стране, коришћењем угљеничних наноцеви је могуће произвести композитна влакна која имају веома високу чврстоћу и деформацију при кидању. Међу најинтересантнијим нанокомпозитима су полимерно-керамички нанокомпозити. Показује изузетна механичка и термичка својства.

Наноконтропозити на бази полимера који садрже полимере показују широк опсег снага и деформација. Ово зависи од облика пунила, честица или тромбоцита и од степена агломерације. У овој класи материјала, полимери напуњени силикатним плочицама показују најбоља механичка својства и имају највећу економску важност. Што су веће честице пунила или агломерата, лошије су добијена својства. На слици 5.1 можемо видети дијаграм напрезања метала који се користи за приказ механичког напрезања.



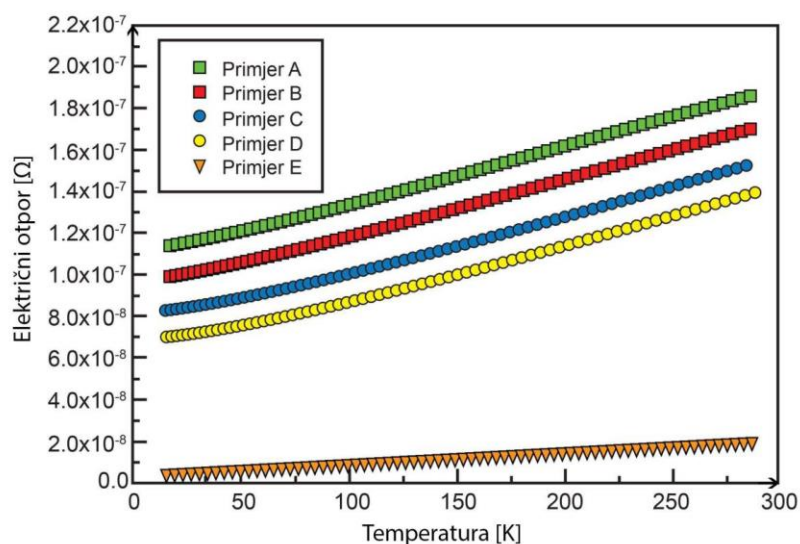
Слика 5.1 Дијаграм кидана

5.2 Електрична својства

Електрична својства наночестица разматрају основе електричне проводљивости у наноцевима и наношипкама, угљеничне наноцеви, фотопроводљивост наношипки, електричну проводљивост наноконтропозита. Једна занимљива метода која се може користити за демонстрирање корака проводљивости је механичко стањивање наножице и мерење електричне струје при константном примењеном напону. Овде је битно да се са смањењем пречника жице бројни модови електронских таласа који доприносе електричној проводљивости све више смањују добро дефинисаним квантизованим корацима.

Пре него што је започела производња нанокристалних материјала, истраживаче је занимало каква зависност се јавља између електричне отпорности и величине кристалита. Приликом таквих истраживања добијали су се различити резултати а сматра се да је последица тога различита микроструктура узорака, односно број дислокација, дезорјентација кристалита, итд. С обзиром на то да се електрони распршују на поменути дефектима они повећавају електричну отпорност. Међутим, мерећи отпорност, на пример нанокристала бакра, уочава се велика зависност отпорности и микродеформација. Смањењем микродеформација смањује се и отпорност, то можемо уочити на наредном дијаграму, слика 5.2.

Електрична својства наноматеријала се базирају на електро-проводљивости у наноцевима, угљеничним наноцевима, наношипкама, као и наноконтропозита.



Слика 5.2 Зависност отпорности и микродеформације од температуре [3].

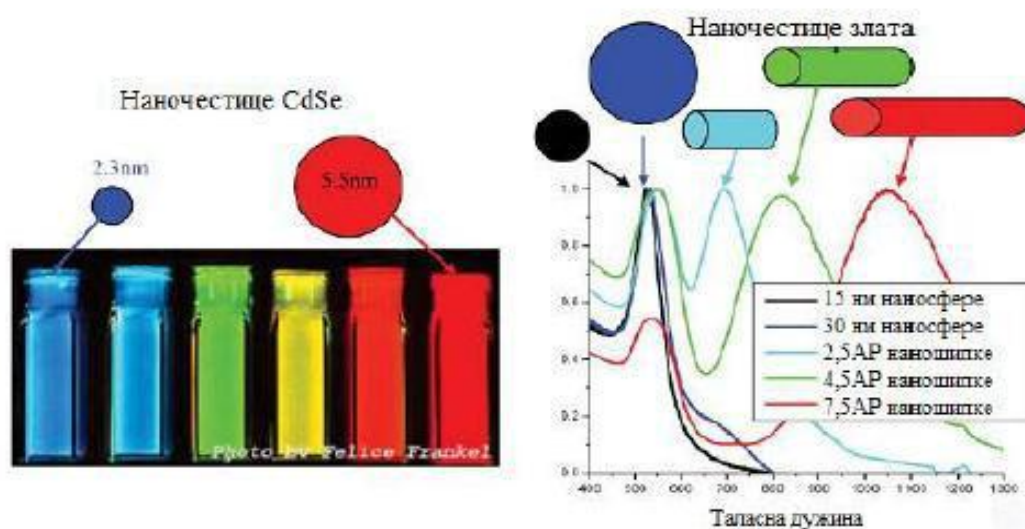
У електрично проводљивим угљеничним нано-цевима, уочава се само један електронски таласни режим који преноси електричну струју. Како су дужине и оријентације угљеничних наноцеви различите, оне додирују површину живе у различито време, што даје два сета информација:

- утицај дужине угљеничних наноцеви на отпорност;
- отпорност различитих наноцевчица.

Како наноцеви имају различите дужине, онда са повећањем испупчења снопа влакана све већи број угљеничних наноцеви додирује површину капи живе и доприноси транспорту електричне струје.

5.3 Оптичка својства

Један од најфасцинантнијих и најкориснијих аспеката наноматеријала су њихова оптичка својства. Примене засноване на оптичким својствима наноматеријала укључују оптички детектор, ласер, сензор, снимање, фосфор, дисплеј, соларне ћелије, фотокатализу, фотоелектрохемију и биомедицину.

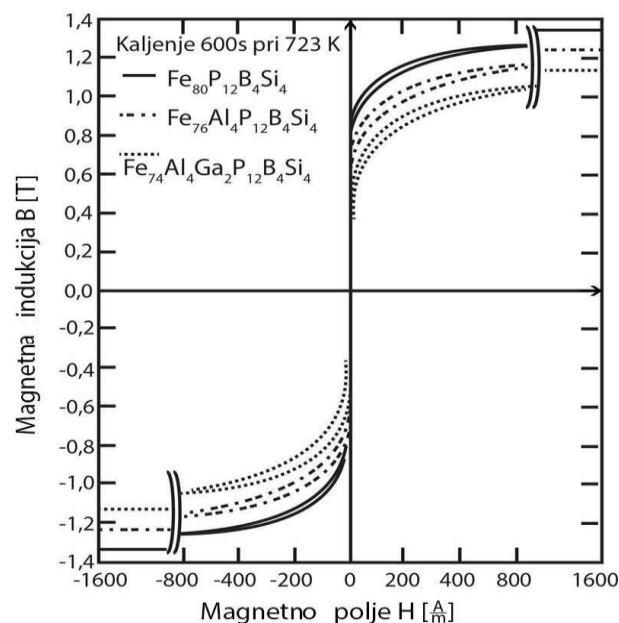


Слика 5.3 Разлика оптичких својстава метала и полупроводничких наночестица [3].

Оптичка својства наноматеријала зависе од параметара као што су величина, облик, карактеристике површине и друге варијабле, укључујући допинг и интеракцију са околином или другим наноструктурама. Исто тако, облик може имати драматичан утицај на оптичка својства металних наноструктура. Слика 5.3 приказује разлику у оптичким својствима наночестица метала и полупроводника. Са CdSe полуводичким наночестицама, једноставна промена величине мења оптичка својства наночестица. Када су металне наночестице увећане, њихове оптичке особине се само незнатно мењају у односу на различите узорке златних наносфера. Међутим, када се дода анизотропија у наночестице, као што је раст нанорода, оптичка својства наночестица се драматично мењају.

5.4 Магнетна својства

Приликом кристализације појединих феромагнетских металних стакала, стварају се нанокристалне магнетне фазе које су уграђене у саму основну аморфну матрицу. Велика потенцијална примена меких магнетних материјала резултовала је захваљујући коегзистенцији магнетне и аморфне фазе. Такви фазно повезани материјали називају се наноструктурни аморфни материјали. Код испитивања се испитују различити материјали чији се узорци припремају ултрабрзим каљењем, односно механичким легирањем елементарних прахова код неких материјала. За сам процес потребно је установити законе кристализације како би се могли добити нанокристали жељене одговарајуће величине. Као што је познато злато и платина немају магнетна својства, али када се смање на нановеличину постају магнети. Површински атоми нису толико различити од групе атома, али они могу бити модификовани помоћу интеракција са другим хемијским врстама, а то се постиже прекривањем наночестица. Овај феномен отвара могућност промене физичких својстава наночестица помоћу прекривања истих са одговарајућим молекулима. Заправо, било би могуће да се неферомагнетни материјали понашају попут феромагнетних, онда када се налазе у нано опсегу. Од немагнетних материјала се могу добити магнетне наночестице паладијума, платине и, на опште изненађење, злата. У случају паладијума и платине, феромагнетизам настаје услед структурних промена у вези са ефектима величина. Међутим, наночестице злата постају феромагнетне када су прекривене одређеним молекулима: пуњење је локализовано на површини честице која доводи до повећања феромагнетних својстава. На слици 5.4 можемо видети криву која приказује однос магнетне индукције са магнетним пољем.



Слика 5.4 Крива хистерезе с комбинацијама аморфних трака

Злато и платина су немагнетни, али у нано величини они су магнетни. Површински атоми се не разликују само од масовних атома, већ се могу модификовати и интеракцијом са другим хемијским врстама, односно прекривањем наночестица. Овај феномен отвара могућност модификовања физичких својстава наночестица тако што их се затвара одговарајућим молекулима. Заправо, требало би бити могуће да неферомагнетни расути материјали показују феромагнетно понашање слично када се припремају у наноопсегу. Могу се добити магнетне наночестице паладијума, платине и изненађујући случај злата (који је диамагнетски у расутом стању) од не магнетних материјала. У случају платине и паладијума, феромагнетизам настаје из структурних промена повезаних са ефектима величине. Међутим, наночестице злата постају феромагнетне када се покрију одговарајућим молекулима: наелектрисање локализовано на површини честице доводи до феромагнетног понашања. Површине и језгра злата наночестица пречника 2 nm показују феромагнетни и парамагнетни карактер. Још више изненађујуће, трајни магнетизам је примећен до собне температуре за златне наночестице са капом са тиолом. За наночестице величине испод 2 nm , локализовани носачи су у $5d$ опсегу. Злато има екстремно ниску густину стања и постаје диамагнетски, као што је случај и са голим златним наночестицама. Ова опсервација је сугерисала да модификација d -структурне траке хемијским везивањем може индуковати феромагнетни карактер у металним кластерима.

5.5 Структурна својства

У структурна својства наноматеријала спадају:

- полиаморфизам,
- ћелије нанокристала и кластера,
- квантне тачке,
- наночестице суперрешетке,
- температура топљења нанокристалних честица.

5.5.1 Полиаморфизам

Полиаморфизам је појава да кристални материјал може у истом хемијском саставу постојати у више кристалних фаза, што зависи од температуре или притиска. Да би се разликовали према кристалним материјама појава је названа полиаморфизам. Полиаморфизам би требала бити способност аморфног материјала да постоји у различитим аморфним облицима уз хемијски састав који остаје непромењен. Код аморфних материјала полиаморфизам се појављује само под високим притисцима, али од великог значаја би било када би се аморфне фазе могле задржати и на стандардном притиску. Такве фазе би имале одлична механичка и електрична својства, што би знатно допринело науци. Приликом примене високог притиска уочено је да се густина повећава више него уобичајено, што се тумачи променом структуре [3].

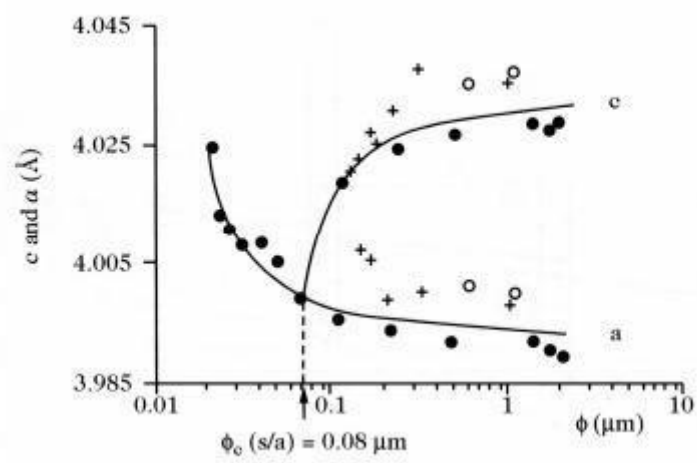
5.5.2 Параметри јединичне ћелије нанокристала и кластера

Почетком 1990-их година уочено је да се параметри јединичне ћелије нанокристала разликују од вредности микрокристалних узорака. У табели 1 су приказане промене параметара у процентима јединичне ћелије нанокристалних узорака у поређењу са микрокристалним узорцима, такође су приказане величине кристалита. Видно је повећање параметара јединичне ћелије са смањењем величине кристалита без обзира на методу настанка узорка. Али то није случај код паладијума. Код њега се параметар јединичне ћелије смањује. Параметар “с” се смањује када је реч тригонским и тетрагонским материјалима. Да смањење величине кристалита стварно повећава укупну запремину јединичне ћелије показано је на примеру селена, где је појава уочена на нанокристалу селена добијена са две различите технике и то су кристализација аморфне фазе и интензивно млевење [3].

Супротно од нанокристала у кластерима се уочава супротан ефекат. Параметар јединичне ћелије се у кластерима смањује обрнуто пропорционално приликом промене кластера. Ова појава се објашњава утицајем површинских напона.

Ако претпоставимо да има велико кристално зрно које се смањује, онда се утицај површинског напона више не може занемаривати. Сваки атом на површини кластера половином своје површине доприноси укупној површини кластера, односно укупној површинској енергији. Услед те енергије долази до контракције читавог кластера, а самим тим и до промене запремине јединичне ћелије. На слици 5.5 је приказано понашање кристалне решетке нанокристалита и нанокластера. До смањења величине кристалита повећава се укупан волумен јединичне ћелије, показано примером Se, где је појава уочена у селену добијеном двема потпуно

различитим техникама, кристализацијом аморфне фазе односно интензивним млевењем. Међутим код ВаТіОз иако се ако уочимо на слици параметар “с” много више смањује него “а”, волумен елементарне ћелије остаје константан.



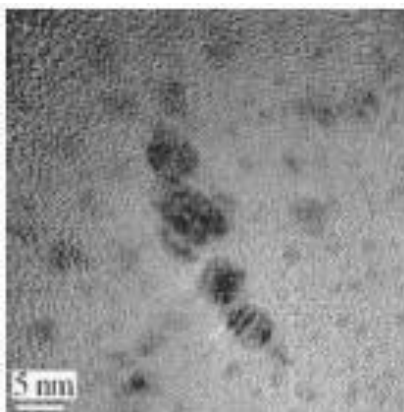
Слика 5.5 Понашање кристалне решетке накристалита и нанокластера [3].

Табела 1. Промене параметара јединичне ћелије нанокристалних узорака [3]

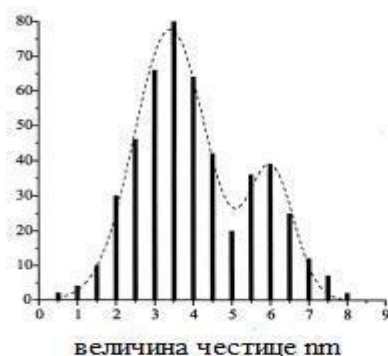
Пример	Пречник (Нанометар)	Синтеза	Δa , Δc
Cr	11	UFP	$\Delta a = +0.04\%$
Fe	8	BM	$\Delta a = +0.09\%$
Cu	85	SPD	$\Delta a = 0\%$
Cu	11	BM	$\Delta a = +0.06\%$
Cu	27	ED	$\Delta a = +0.06\%$
Pd	8	UFP	$\Delta a = -0.04\%$
Si	8	BM	$\Delta a = +0.20\%$
Ge	4	BM	$\Delta a = +0.20\%$
Se	13	XL	$\Delta a = +0.30\%$ $\Delta c = -0.12\%$
Se	14	BM	$\Delta a = +0.15\%$ $\Delta c = -0.01\%$
Ni ₃ P	7	XL	$\Delta a = +0.21\%$ $\Delta c = -0.13\%$
Fe ₂ B	23	XL	$\Delta a = +0.20\%$ $\Delta c = -0.23\%$

5.5.3 Квантне тачке

Металне наночестице (Au, Ag, Cu) које су уграђене у диелектричну матрицу показују се као технолошки занимљив материјал услед специфичне оптичке апсорпције, тако да такви материјали могу да се примене за фотоничке уређаје. Наночестице се најчешће убацују методом јонске имплантације. На слици 5.6 је приказана наночестица Ag(сребра) која је имплантирана у силикатно стакло, а на слици 5.7 је приказана расподела честица по величини (хистограм) и видљиво је да су имплантиране честице груписане око двеју средњих димензија 3.5 и 6 нанометара те да има много више мањих него већих честица. Ако посматрамо структурно квантне тачке су кристалне наночестице или нанокластери величине од 2 до 10 нанометара (око 50 атома па на више) који су уграђени у кристалну или аморфну матрицу неког другог материјала [3].



Слика 5.6 Приказ наночестице сребра у силикатном стаклу [3]



Слика 5.7 Расподела нснчестица по величини [3].

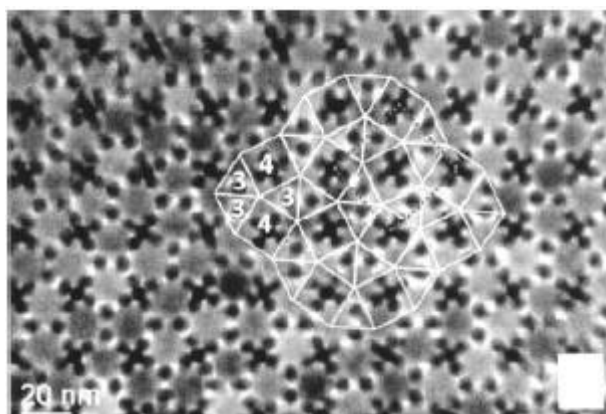
Данашња технологија омогућава производњу наночестица различитих материјала (наночестице Ag и Au димензија 10 до 30 nm). Само име квантне тачке звучи врло егзотично, али ако посматрамо структурно то су у ствари кристалне наночестице или нанокластери, типичне величине 2 до 10 nm односно око 50 атома па на више, који су уграђени у кристалну или аморфну матрицу неког другог материјала. Ако узмемо у обзир основно својство класичног полупроводника да у принципу имају одређену минималну енергију потребну за побуђивање електрона. Настала шупљина и побуђени електрон називају се екситон. Ако имамо нанокристал из полупроводничког материјала у матрици другачијег параметра решетке и ако је димензија полупроводног нанокристалита довољно мала и приближава се

екситонском радијусу, енергетски нивои се више не могу сматрати континуиранима већ дискретнима. Појава се назива квантно ограничење и полупроводни кристалит се назива квантна тачка. Посебно велика очекивања примене квантних тачака је у оптоелектроници; инфрацрвени детектори и камере, ласери, диоде и соларне ћелије, итд. На примеру соларних ћелија може се уочити предност квантних тачака пред класичним полупроводницима.

5.5.4 Наночестичне суперрешетке

Наночестице као што је већ поменуто се могу уредити у правилне структуре, тако рећи у суперрешетке. У основи се структура наночестичне структуре може дефинисати као правилно кристално уређење у ком свака индивидуална наночестица садржи од неколико стотина до хиљаду атома. Основни начин добијања бинарне наночестичне суперрешетке састоји се у урањању површине у колоидни раствор у који се мешају претходно одрађеним поступком припремања наночестице. Запремински удео наночестице у раствору треба да износи најмање 55%. Занимљиво је да се поједине наночестичне компоненте понашају као чворови кристалне решетке. На слици 5.8 су приказани примери бинарних наночестичних суперрешетки.

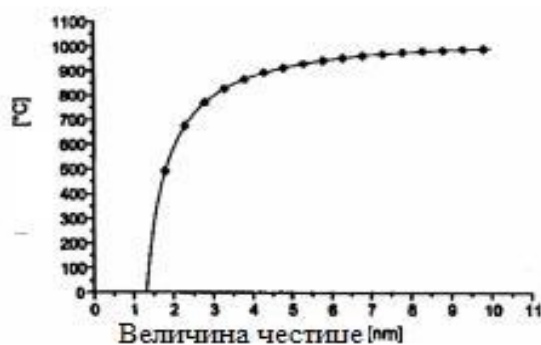
Недавно су добијене и квазикристалне наночестичне суперрешетке (9 nm PbS i 3 nm Pd). Ова појава указује да стварање односно сакупљање наночестица у квазикристалне нису потребна међучестична деловања, већ то спада у проблем слагања малих сферних објеката вођени ентропијом и једноставним потенцијалом.



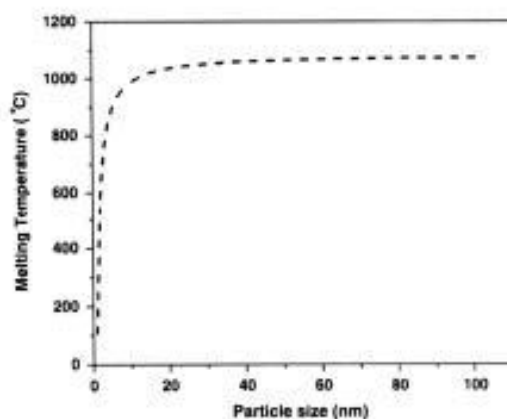
Слика 5.8 Бинарне наночестичне суперрешетке [3].

5.5.5 Температура топљења нанокристалних честица

Температура топљења нанокристалних честица је једно својство где се уочава, могло би се рећи, спектакуларна разлика између масивних материјала и наноматеријала. Наиме, уочено је да температура топљења нанокристала веома зависи од величине честица, без обзира на врсту материјала. На слици 5.9 је приказана температура топљења наночестица злата, на слици 5.10 је приказана температура топљења наночестица бакра [3].



Слика 5.9 Температура топљења наночестица злата [3]



Слика 5.10 Температура топљења наночестица бакра [3].

6. Методе производње наноматеријала

Постоји много различитих начина стварања наноструктура: наравно, макромолекули или наночестице или наноцеви и тако даље могу бити синтетизовани вештачки за одређене специфичне материјале. Они се такође могу организовати методама које се заснивају на равнотежној или близу-равнотежној термодинамици, као што су методе самоорганизације и само-склапања (понекад се називају и биомиметички процеси). Користећи ове методе, синтетизовани материјали могу бити распоређени у корисне облике тако да се материјал може на крају применити на одређену примену. Производња наноматеријала се може поделити у две групе. Прва група обухвата производњу наноматеријала "атом по атом" или "слој по слој" а друга група обухвата ломљења микроструктуре у наноструктуру.

У прву групу спадају:

- Електродепозиција,
- магнетронско распршивање,
- кондезација инертним гасом.

У другу групу спадају:

- Механичко млевење,
- кристализација из аморфне фазе,
- интензивна пластична деформација масивних узорака,
- посебне хемијске методе.

Методе које су најстарије и које се најчешће користе су кондезација инертним гасом и механичко млевење. Узорци који су добијени кондезацијом инертног гаса били су порозни и количине које су се добијале су биле веома мале с обзиром да је опрема веома скупа. Узорци произведени методом механичког млевења су садржали велике количине нечистоћа услед хабања куглица и посуда за млевење. Ове методе се идаље користе упркос својим недостацима који ни данас нису уклоњени, али се ипак тежи на проналажењу других метода које не би имале наведене недостатке. Пажња се усмерава на две методе и то су електродепозиције и интензивне пластичне деформације. Једина метода којом се могу добити велики узорци је метода интензивне пластичне деформације, али овом методом се могу производити кристали испод 100 нанометара, а нема велику употребу у научне сврхе, зато што је опрема веома скупа и распоред кристалита је нехомоген. С тога се сматра механичко млевење још увек најбољом методом за производњу наноматеријала.

6.1 Механичко млевење

Механичко млевење је типичан пример синтезе наноматеријала „одозго на доле“, где се материјал не припрема груписањем, већ структуралном разградњом крупније зрнатих структура као резултат тешке пластичне деформације. Ово је постала популарна метода за израду нанокристалних материјала због своје једноставности, релативно јефтине опреме која је потребна, и применљивости на суштински синтезу свих класа материјала. Главна предност која се често цитира је могућност лаког скалирања до количине материјала за различите примене.

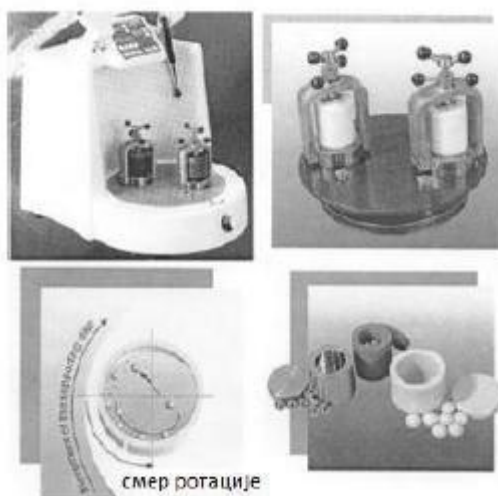
Слично томе, озбиљни проблеми који се обично наводе су;

- контаминацију медија за мљењење и / или атмосфере, и
- консолидовати прашкасти производ без грубљења нанокристалне структуре.

У ствари, проблем контаминације се често даје као разлог за одбацивање методе, барем за неке материјале. Овде ћемо размотрити механизме за које се данас сматра да су одговорни за формирање нанокристалних структура механичким упијањем једнофазних прахова, механичким легирањем различитих прахова и механичком кристализацијом аморфних материјала. Два важна проблема контаминације и консолидације прашка ће се укратко размотрити. Механичко мљењење се обично постиже коришћењем вибрационог уређаја високе енергије, планетарне куглице или млинова за превртање.

Једна од метода за добијање наноматеријала је метода која се заснива на принципу рада кугличног млина који је релативно малих димензија, јефтин и једноставан за употребу.

Benjamin је седамдесетих година прошлог века применио методу дробљења кугличним млином за ситњење кристалних зрна. Међутим овај механички поступак није привукао пажњу све до 1981. године. Две године након тога, Schwarz и Koch су уочили Benjaminove идеје и данас се ова метода назива механичко дробљење. После 1983. године овај поступак је брзо задобио место у лабораторијама широм света, тако да се данас разликују механичко дробљење од механичког легирања где се у куглични млин стављају елементарне компоненте.

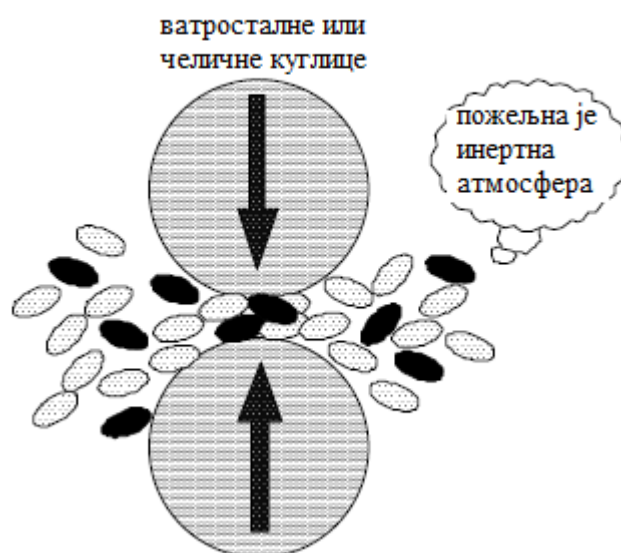


Слика 6.1 Уређај за мљењење

Код механичког дробљења се у млин стављају унапред одређени материјали који су припремљени неком другом методом. Обе методе се могу назвати механичко мљењење. Процес мљењења се одвија на собној температури, један од уређаја је приказан на слици 6.1 као и шематски приказ процеса на слици 6.2. Недостатак овог процеса је велика загађеност материје која се меље. Предност је то што се мљењење може зауставити у сваком тренутку како би се извадила одређена количина материјала за структурна и друга испитивања. Затим се мљењење наставља до следећег заустављања. Приликом мљењења одиграва се низ процеса на макроскопском, микроскопском и атомском нивоу. Механичко дробљење се обично постиже коришћењем вибрационог уређаја високе енергије, планетарне куглице или млинова за превртање. Енергија која се преноси на прах из ватросталних или челичних куглица

зависи од ротационе (вибрационе) брзине, величине и броја куглица, односа лоптице према маси праха, времена мљевења и млинске атмосфере. Наночестице се стварају смицањем током брушења. Постоје различите врсте млинова и то су вибрациони, планетарни и хоризонтални куглични млинови [3].

Мљење у криогеним течностима може значајно повећати крхкост прахова који утичу на процес лома. Као и код сваког процеса који производи фине честице, потребан је адекватан корак за спречавање оксидације. Стога је овај процес веома рестриктиван за производњу не-оксидних материјала, јер од тада захтева да се мљење одвија у инертној атмосфери и да се честице праха обрађују у одговарајућем вакуумском систему. Овај поступак синтезе је погодан за производњу аморфних или нанокристалних честица легура, елементарних или једињених прахова. Ако механичко мљење даје довољну енергију прашкастим састојцима, може се формирати хомогена легура. На основу енергије процеса мљевења и термодинамичких својстава састојака, ова се обрада може учинити аморфном. На слици 6.2 је приказан графички приказ поступка механичког дробљења.



Слика 6.2 Поступак механичког дробљења

6.2 Синтеза из парне фазе

Методe синтезе гасне фазе су од све већег значаја, јер омогућавају елегантан начин за контролисање параметара процеса како би се могло произвести величину, облик и хемијски састав контролисаних наноструктура. Пре него што размотримо неколико одабраних путева за формирање наноматеријала у гасној фази, треба размотрити неке опште аспекте синтезе гасне фазе. У конвенционалној синтези хемијског таложења, гасовитим производима се дозвољава да реагују хомогено или хетерогено у зависности од одређене примене.

Методe синтезе из гасне фазе се могу поделити на:

- Методу која укључује испаравање и кондезацију,
- методу код које је синтеза праћена хемијским реакцијама у гасној фази.

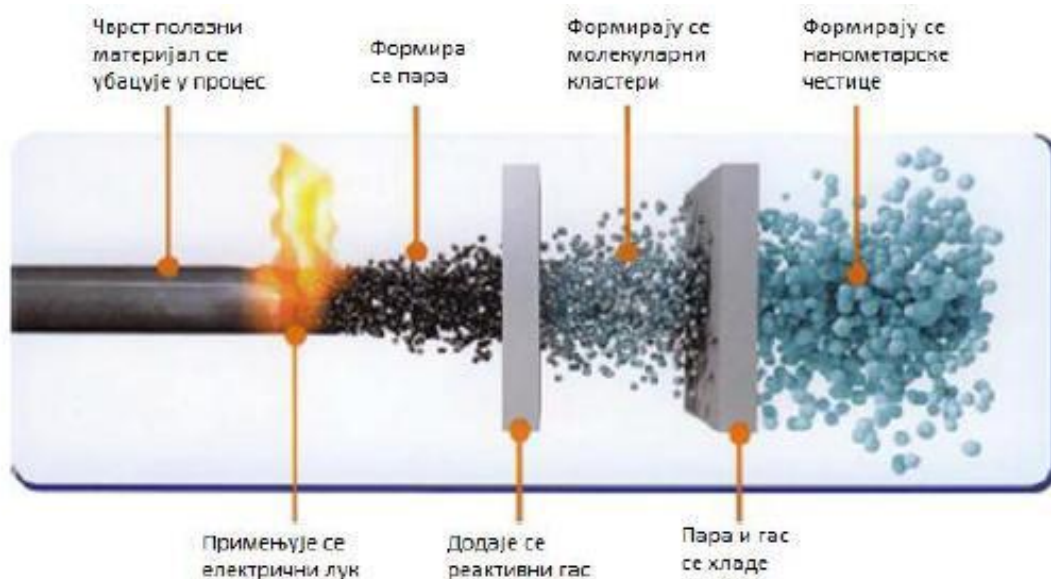
Метод који укључује испаравање и кондезацију је метод код ког се превођење полазног материјала у гасну фазу испарењем и то без укључивања хемијских реакција. Након испарења следи кондезација, при којој се стварају честице које се након тога издвајају из гасне фазе применом уређаја за сепарацију.

Метод код којег је синтеза праћена хемијским реакцијама. У гасној фази прахови се синтетишу хемијским реакцијама између полазног материјала и одговарајућих компоненти у гасној фази. Ове технике су развијене из метода наношења превлака и филмова. Подешавањем услова синтезе тако да спречи раст филма и повећа брзину хомогеног раста честица могу се добити веома чисте наночестице.

За синтезу из парне фазе могу се користити различити извори енергије за активирање самог процеса односно превођење у гасно стање као што су ласери, микрокристали, плазма, електронски сноп или сагоревање у пламену. Овим методама се добијају веома fine, оксидне и неоксидне честице велике хомогености и чистоће као и могућност минимализовања контаминације саме површине честице, што је најчешћи проблем који се јавља код синтезе у течној фази. На слици 6.3 је приказан шематски приказ процеса добијања наноматеријала из парне фазе.

У конвенционалној синтези хемијског таложења (CVD), гасовитим производима се дозвољава да реагују хомогено или хетерогено у зависности од одређене примене.

1. У хомогеној синтези хемијског таложења честице се формирају у гасној фази и дифундирају према хладној површини услед термофоричних сила, и могу се или одложити са хладне површине да дају нано-прахове, или одложити на подлогу да би се добило оно што се назива парцијална филм трачица.
2. У хетерогеној синтези хемијског таложења, чврста супстанца се формира на површини супстрата, што катализира реакцију и формира се густи филм



Слика 6.3 Процес добијања наноматеријала из парне фазе

6.3 Синтеза из течне фазе

Синтеза из течне фазе обухвата хидротермалне методе, сол-гел методе и друге. У основи ових метода је мешање раствора различитих јона у тачно дефинисаним односима под одређеном температуром и притиском. Размена топлоте се подстиче формирањем нерастворљивих комплекса који су добијени таложењем из раствора. Након тога се материјал сакупља филтрирањем или сушењем чиме се добија прах. Предности ових процеса је у томе што се оваквим путем могу добити велике количине неорганских и органских материјала уз коришћење релативно приступачне опреме. Такође је важан фактор могућност прецизног контролисања расподеле величине честица.

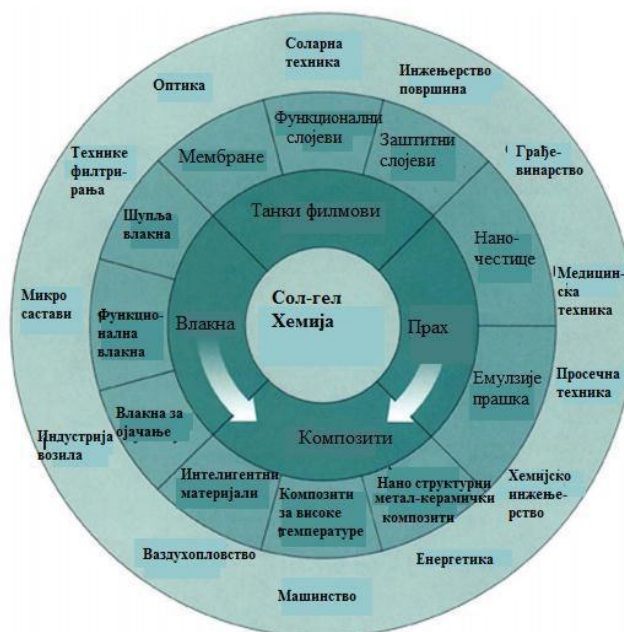
6.3.1 Сол-гел процес

Сол-гел је процес који омогућује стварање органско-неорганских хибрида у облику прахова, мембрана, слојева, влакана, композитних структура и других облика материјала за различита подручја даље примене. Иако је откривен крајем 19. века, али је великим делом истражен тридесетих година 20. века, нови интерес за овим поступком почиње седамдесетих година прошлог века када су формирани монолитни неоргански гелови на ниским температурама. У току овог процеса могу се произвести хомогени неоргански метални оксиди тражених својстава тврдоће, оптичке прозирности, хемијске отпорности, итд.

Сол-гел процес укључује еволуцију неорганских мрежа кроз формирање колоидне суспензије (сол) и гелирање да би се формирала мрежа у континуираној течној фази (гел). Прекурсори за синтезу ових колоида састоје се обично од метала или металоидног елемента окруженог различитим реактивним лигандима. Полазни материјал се прерађује да се формира дисперзивни оксид и формира сол у контакту са водом или разблаженом киселином. Уклањање течности из сола даје гел, а прелаз са сол-гелом контролише величину и облик честица. Калцинација гела производи оксид. Сол-гел метода синтезе наноматеријала је веома популарна међу хемичарима и широко се користи за припрему оксидних материјала. Полазни материјал за синтезу тог колоида састоји се од атома метала окружених различитим реактивним атомима који су везани за централни атом [2]. На слици 6.4 су приказане могућности примене сол-гел поступка.

За описивање функционалности сол-гел поступка важне су три реакције и то су:

- Хидролиза,
- конdezација алкохола,
- конdezација воде.



Слика 6.4 Могућности примене сол-гел поступка [2].

Поступак осигурава многе могућности за индустријску примену као једна од метода за формирање превлака на различитим материјалима подлоге. Овај поступак прилагођен припреми танких оксидних превлака има многе предности:

- висока хомогеност превлаке,
- ниска температура поступка,
- висока флексибилност,
- лака изводљивост,
- није потребна употреба вакуума,
- ниска цена,
- добијање једнолике дебљине превлака,
- добијање врло глатких превлака.

Сол-гел поступци техником ваљања, притискања и хемијског превлачења имају примену у индустрији стакла. Једна од најстаријих и најраспрострањенијих примена сол-гел процеса је наношење антирефлексних слојева на стакла наочара [2].

Постоји неколико техника превлачења сол-гел поступком:

- урањање,
- ротирање,
- капиларно превлачење,
- ваљање,
- хемијско превлачење.

Сол-гел процес се може охарактерисати низом различитих корака:

1. Формирање различитих стабилних раствора алкоксида или солватираниог металног прекурсора.
2. Гелација која настаје формирањем мреже са оксидом или алкохолом (гел) реакцијом поликондензације која резултира драматичним повећањем вискозитета раствора.
3. Старење гела, током којег се реакције поликондензације настављају све док се гел не претвори у чврсту масу, праћен контракцијом мреже гела и избацивањем раствора из гелних пора. Оствалдово зрење (које се назива и грубост) је феномен којим мање честице троше веће честице током процеса раста, а фазе трансформације могу се јавити истовремено са синерезом. Процес старења гелова може бити дужи од 7 дана и од пресудног је значаја за спречавање пукотина у геловима који су изливени.
4. Сушење гела, када се вода и друге испарљиве течности уклоне из гела. Овај процес је компликован због фундаменталних промена у структури гела. Сам процес сушења је подељен на четири различита корака: (1) период константне стопе, (2) критична тачка, (3) период пада, (4) други период пада. Ако се изолује термичким испаравањем, добијени монолит се назива ксерогел. Ако се растварач (као што је вода) елиминише под суперкритичним или скоро супер критичним условима, производ је аерогел.
5. Дехидратација, током које се уклањају површински везане М-ОН групе, стабилизовањем гела против рехидратације. То се обично постиже калцинацијом монолита на температурама до 8000 °С.
6. Дензификација и разградња гелова на високим температурама ($T > 8000^{\circ}\text{C}$). Поре на мрежи гела су срушене, а преостале органске врсте испаравају.

6.4 Екстремна пластична деформација

Екстремна пластична деформација се односи на деформацију масивних узорака чији кристали се током овог процеса смањују на нано димензије. Постоје два поступка у оквиру ове методе и то су:

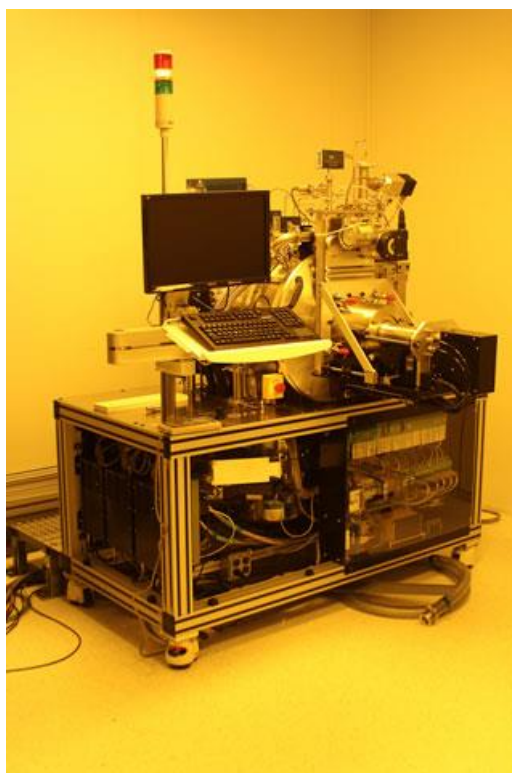
- Где се узорак клипом притиска под великим притиском, уз истовремено ротирање клипа тако да се узорак деформише смицањем. Оваквим поступком се може произвести материјал са нанокристалима величине 10 нанометара.
- Где се узорак у облику диска потискује више пута кроз цев помоћу хидростатичког потискивања. На тај начин кристали се могу смањити до 50 нанометара.

6.5 Методе формирања *in situ*

Методе формирања *in situ*, односно на лицу места укључује процесе литографије, вакуумског таложења и технологију спојених премаза. Ове методе су погодне за добијање електронских компоненти. Не користе се за добијање прахова услед мале ефикасности. Намењене су за добијање наноструктурних слојева и премаза, а могу се користити и за производњу наноматеријала скидањем ових наночестица са колектора [2].

6.6 Распршење плазмом

Ова метода се заснива на гасној варијацији кондензације изузимајући чињеницу да изворни материјал циљ распршења које користи различите гасове и састојке. Они су праћени нагомилавањем како би се произвео наноматеријал. Директна струја и радио фреквенција се користе за синтезу наночестица. Поновним распршивањем долази до прављења легура и/или оксида, карбида, нитрида материјала. Овај метод је погодан за припрему ултрачистих и ненагомиланих наночестица метала. На слици 6.5 приказан је распршивач.

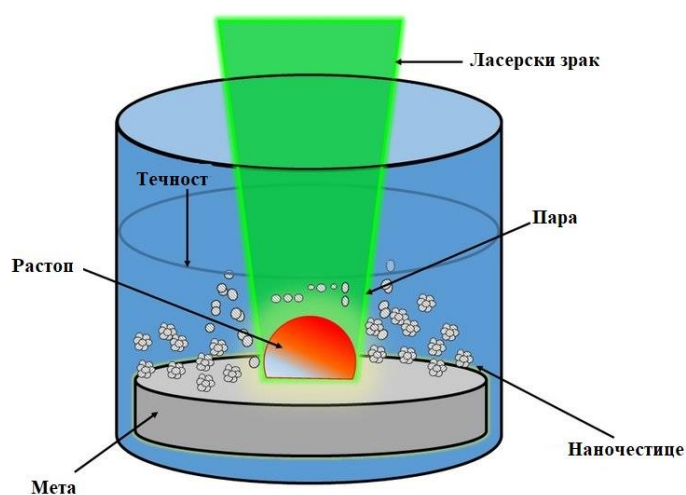


Слика 6.5 Уређај за распршивање методом плазме [2].

6.7. Ласерска аблација

Ова метода се најчешће користи за припрему наночестица и честица филмова. Ласерски снап се користи као примарни извор аблације за стварање кластера директно из чврстог узорка. Овај метод је веома ефикасан алат за производњу керамичких честица и премаза, таквим га чине мале димензије честица и могућност формирања густих филмова. Ласерска аблација се интензивно користи за припрему наночестица и честица. У овом процесу се користи ласерски зрак као примарни извор побуђивања за генерисање кластера директно из чврстог узорка у широком спектру примена. Мале димензије честица и могућност стварања дебелих филмова чине ову методу прилично ефикасним средством за производњу керамичких честица и премаза, а такође и као извор аблације за аналитичке примене као што је спајање на емисиону спектрометрију индуковане спрегнуте плазме, формирање наночестица је објашњено након процеса укапљивања који генерише аеросол, након чега слиеди хлађење/очвршћавање капљица што резултира стварањем магле. Општа динамика аеросола и магле погодује процесу агрегације и формирају се фракталне честице микрометра. Ласерски распршивач се може користити за производњу високо мезопорозних дебелих филмова, а порозност се може модификовати брзином протока носача. ZrO_2 и SnO_2 нанопартикуларни дебели филмови су такође успешно синтетизовани коришћењем овог процеса са сасвим идентичном микроструктуром. Синтетизацијом других материјала као што је литијум манганат, силицијум и угљеник, такође је извршена ова техника.

На слици 6.6 је приказано на ком принципу се одиграва ласерска аблација. Ласерски распршивач може се користити за производњу филмова и порозност може бити измењена.



Слика 6.6 Ласерска аблација [2].

7. Примена наноматеријала

Бројне су области у којима је нанотехнологија већ данас постала примењива. Стручњаци који поседују способност предвиђања догађаја и брзо усвајају нова технолошка решења, данас нанотехнологију користе у области базне науке и инжињерства, физике и технологије синтеровања материјала, био-медицини, интеграцији технологије за индустријску примену, авио, ракетној и космичкој индустрији, у области микроелектронике, роботизи, производњи компонената за савремене рачунаре и мобилну телефонију, примени течних кристала и др. Несумњиво, могло би се рећи да, већ сутра неће бити области производње у којој се неће моћи примењивати нанотехнологија. Наравно, при томе ваља имати у виду да постоје и друге области и технологије које су такође веома значајне и јединствене у производњи материјала и компоненти које чине или омогућавају физичку и хемијску трансформацију савремених производа.

На садашњем нивоу научних сазнања и практичне примене нанотехнологије, главна истраживања одвијају се у области материјала и нових производних технологија, са циљем унапређења конкурентности нове индустрије засноване на новом знању. Тако су и одвојена средства за финансирање науке која проучава наноматеријале и нове нанотехнологије у САД, Европи, Русији, Јапану, Кини, Индији и другим научно-технолошки развијеним државама изузетно велика, јер се од тих улагања очекују не само велики профити већ и унапређење савремене производње интеграцијом нових технологија у индустрији.

7.1 Примена наноматеријала у војној индустрији

Војна наука, од када се бави истраживањима и развијањем војне опреме и наоружања, непрекидно тежи проналажењу савременијих и ефикаснијих борбених средстава којима би се остварила надмоћ и победа над противником. Сваки епохални проналазак у тој области изменио је физиономију ратовања. Барут је, у савременој историји ратовања, значајно променио развој и производњу наоружања, а рат учинио динамичнијим и убојитијим. Увођење тенкова, бродова и подморница као и авиона проширило је ратовање у копненој, воденој и ваздушној димензији. Компјутер је донео још једну димензију – виртуелну реалност. Ракета је омогућила да се ратовање пресели и у космос. Ласерска, електромагнетска, компјутерска и друге врсте технологија унапредиле су могућности усавршавања и даљег развијања ратне технике и војне опреме до несрудених могућности.

Заснивајући своја сазнања на достигнутом степену развоја науке и технологије, војни стручњаци су планове производње савремене ратне технике сачинили су са великом прецизношћу до 2025. године. Да би се видело даље од тога поуспешују се истраживања у свим научним областима, како би се у развој увеле нове технологије. Међу бројним истраживачким, развојним и научним областима је и нанотехнологија.

Научни и технолошки продор у област нанотехнологије омогућио је истраживања и развој савремене војне опреме и наоружања у свим областима. Нанотехнологија је својом појавом и применом значајно унапредила фундаментална истраживања и допринела да се развој ратне технике сагледава и усмерава на нов начин.

Наиме, нанотехнологија је омогућила да се прошире видици до којих војни стручњаци могу реално предвиђати како де се одвијати развој ратне вештине, и како де будући развој и примена савремене војне технике утицати на изглед и деловање савремене војне организације.

Тек касније, при увођењу тенкова, бродова и подморница као и авиона, проширило се ратовање у више димензија (вода, копно, ваздух). Још једну димензију донео је компјутер – виртуелна реалност. Ракета је омогућила да се ратовање пресели у космос. Ласерска, компјутерска и електромагнетска технологија су побољшале могућности усавршавања и развијања технике ратовања и војне опреме до неслућених могућности.

7.1.1 Нано војна технологија и невидљива оружја

Нанотехнологија је врста савремене технологије чије поље деловања су величине реда милијардитог дела метра. То су технологије које манипулишу молекулима и појединачним атомима. Реч је о примењеној науци која се односи на производњу уређаја чије су димензије 100 нанометара и мање. Нанотехнологију научници дефинишу као вештину израде малих ствари које је могуће посматрати само помоћу микроскопа. Такође представља способност израде веома малих машина помоћу компјутерске технологије, атом по атом. Често се нанотехнологија назива и молекуларном нанотехнологијом.

Када је реч о примени нанотехнологије у војне сврхе нема области у којој нанотехнологија није примењена. Међутим многи пројекти због своје сложености и примене нису занимљиви колико и нанотехнолошка оружја или оруђа. Наноматеријали дају нове квалитете војној техници и неслућене могућности примене у војне сврхе. На пример научници из Политехничког института у Ренселеру и Рајсовог универзитета (САД), истражујући у области нанотехнолошких материјала, открили су црну материју која упија 99,99% светлости. Та материја је 90 пута тамнија од угљениковог материјала, који је као што је већ поменуто најтамнији материјал.

Реч је о малом премазу сачињеном од мноштво густо испреплетаних длачица направљених од наночестица. Тај премаз на некој површини истовремено упија електромагнетско зрачење и уопште га не одбија. О том откићу још нема информација али се претпоставља да ће се у будућности користити за израду такозваних невидљивих авиона, бродова или неких других средстава. До недавно су многи пројекти развоја војне опреме и наоружања били везани за класичне технологије. Како су се истраживања и резултати у примени нових врста технологија унапредили, већина пројеката се модификује и сагледава кроз призму примене нових сазнања у области нано-технологије. Схватајући да ће у ратовима и у будућности човек бити и даље основно оружје борбе, војни стручњаци највише пажње посвећују повећању његове заштите, борбених способности, убојитијем наоружању као и могућности преживљавања у веома сложеним условима. То треба да омогући одећа за преживљавање од апсорбованих наноматеријала, механички активни материјали и уређаји, сензори са способношћу противактивности, нано-уређаји од биоматеријала као и материјали који ће моћи сами да се репродукују и замењују.

Стручњаци Масиалчуесетског института за нанотехнологију, формиран у тимове, конструишу нове униформе, шлемове, рукавице, чизме и друге делове војничке одеће који ће имати функцију механичке и балистичке заштите од противничке муниције.

Истраживања у области активних нано-детектора су у надлежности трећег тима. Они треба да створе такве нано-детекторе који ће открити крварење, преломе костију и инфекције и предузети неопходне мере заштите. Постоји могућност да су научници на трагу откића наночестица које могу да изазову зацељивање повреда или зарастање ломова костију, као и спречавање респираторних инфекција.

Један од тимова ради на развоју батерије и изворе енергије за војничко одело и системе које ће војници користити. Батерије треба да буду направљене тако да обезбеде велику аутономност и непрекидност рада, као да буду способне самообнављању енергије. Већ сада постоје батерије које се могу пунити 20 000 пута.

Покретне лабораторије служе за решавање проблема на лицу места. Почетком 2009. године амерички војници су користили фотоћелије од наноматеријала добијеног на основу титанијум диоксида са способношћу апсорпције светлосне енергије. Како знамо да фото-ћелије трансформишу светлост у електролит неопходан за пуњење батерија или напајање електронских и рачунарских уређаја. Хибридне наноћелије треба да поседују способност већу од 20 одсто како би обезбедиле неопходну дневну потрошњу за електричном енергијом војничких система за микроклиматизацију, комуникацију, сензоре, нишањење, итд [14].

7.1.2 Наноматеријали као замена за класичне материјале у војној индустрији

Типичан пример промена и унапређења која пружа нано-технологија видљив је у развоју неких пројеката. Један од таквих је пројект „Заједнички беспилотни борбени ваздухопловни систем” (Joint Unmanned Combat Air System J-UCAS). Коришћењем најновијих истраживања у области стелт технологије требао је обезбедити већу употребљивост најновијег типа беспилотних летелица. Међутим, програм је отказан почетком ове године јер није постигнут мањи радарски одразом у односу друге летелице. Те летелице намењене су за прецизне ударе по циљевима на земљи, дању и ноду, без обзира на снагу противавдушне одбране. Ниво стелта (невидљивости) требао је бити такав да летелица не би имала системе за електронско ометање или мамце. То су требале бити борбене беспилотне летелице без вертикалних и хоризонталних стабилизатора, малих димензија и посебног облика које би имале мањи радарски одраз. J-UCAS су требали имати и нешто потпуно ново - визуални стелт.

Кад су анализирани напредак у микроелектроници и нано-технологији нових материјала, стручњаци су дошли до закључка да се боја летелица може мењати током лета како би се летелица стопила с околином. То је било познато још 1942. године и пројекат се заснивао на примени противилуминацијског система. Нова технологија високоефикасних LED диода, контролисаних рачунаром, учинила је је визуелни стелт могућим. Боеинг је пројектовао експериментални авион са визуелним стелтом користећи маскирне премазе засноване на нанотехнологији, који су смањивали сенку на трупу. Британска фирма BAE Systems је развила систем визуелне невидљивости на авиону „Хавк” Истраживачима на Државном универзитету у Новом Мексику (New Mexico State University) одобрена су новчана средства из фонда америчког ратног ваздухопловства, како би могли наставити рад на својим нано технологијама. Њихова би решења омогућила промену боје или привидног облика летелице. Смањењем контраста на крајевима летелице смањује се и могућност да је људско око примети. Сличан ниски радарски одраз може се очекивати и од стелт беспилотне летелице коју развија фабрика Локид Мартин у оквиру тајног пројекта. Посебна се пажња придаје пројектовању и развоју борбених беспилотних летелица које би деловале дању, при

чему је ниски радарски одраз, али и визуална невидљивост - од велике важности. На слици 7.1 је приказана једна таква летелица. [14]



7.1 Летелица од наноматеријала [14].

7.1.3 Нанокоптери

Данас се у продавницама дечије опреме и већим маркетима могу купити тзв. нано-коптери, минијатурне летелице мале величине (нешто веће од кутије шибице) са роторима величине до тридесетак см. Њима се управља даљински бежичним командама а имају аутономност лета од 20 минута до пола сата. Погон им може бити електрични или бензински мотор. То је само репликација већ произведених нано-коптера за војне намене.

Тако је, на пример, Израел, користећи нанотехнологију развио минијатурну беспилотну летелицу на даљинско управљање величине стршљена, чије име и носи. Та летелица је у стању да детектује, фотографише, па чак и усмрти своје мете. Сићушна летелица, названа „бионички стршљен”, смртоносна је направа, способна да испалује минијатурне ракете, може да лети кроз уске пролазе у пренасељеним палестинским градовима и да остане незапажена. Вештачки стршљен је део пројекта израелских стручњака који раде на развоју футуристичких направа уз помод нанотехнологије.

Израелски стручњаци раде и на другим идејама, укључујући минијатурне сензоре за откривање бомбаша-самоубица на основу мириса, топлоте и тежине експлозивног материјала, као и „супер рукавице” које кориснику дају снагу робота. Рат у Либану и непрекидни сукоб са Палестринцима је израелској војсци наметнуо и потребу коришћења минијатурног наоружања, јер није логично слати авион који вреди 100 милиона долара на терористу самоубицу. Сматра се да је Израел, заједно са Великом Британијом и САД, водећа земља на пољу нанотехнолошког истраживања за војне потребе.

Сићушна летелица названа бионички стршљен, је смртоносна направа, способна да испалује минијатурне ракете [14]. На слици 7.2 је приказан нанокоптер.

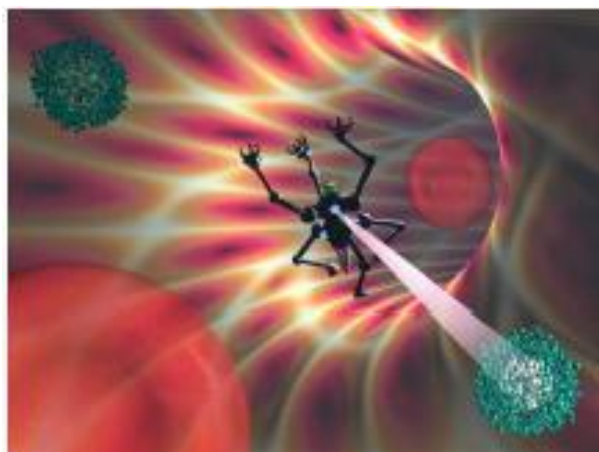


Слика 7.2 Наноконтер

7.1.4 Микроскопске сонде-убице

Нано оружја могу изгледати као микроскопске сонде. Њихов циљ је да уђу у људски организам противника и размноже се у довољном броју да га ликвидирају. Нано сонде могу ући у тело на безброј начина. На пример авиони који избацују контејнере нано сонди на пољу, спремишта хране, воде, итд. Сонде су неактивне све док не уђу у организам и док их људски електрицитет не активира. Након тога се реплицирају односно размноже док их не буде довољно да зауставе рад срца. Нанотехнологија је најнапреднија и најпотребнија у медицини и микробиологији. Свакако се употребљава у хуманој медицини.

Примењена у медицини и микробиологији, нано технологија је једна од најпропулзивнијих технологија на свету. Свакако де се употребљавати у хуманој медицини, чиме би могла изазвати револуција лечењу. Међутим, увек остаје питање „што би било када би било” да је господари рата резервишу само за своју употребу. Пречесто се догађа да се нова технологија прогласи од посебног значаја за националну безбедност и заврши у некој тајној лабораторији. [14]. На слици 7.3 је приказана сонда у организму.

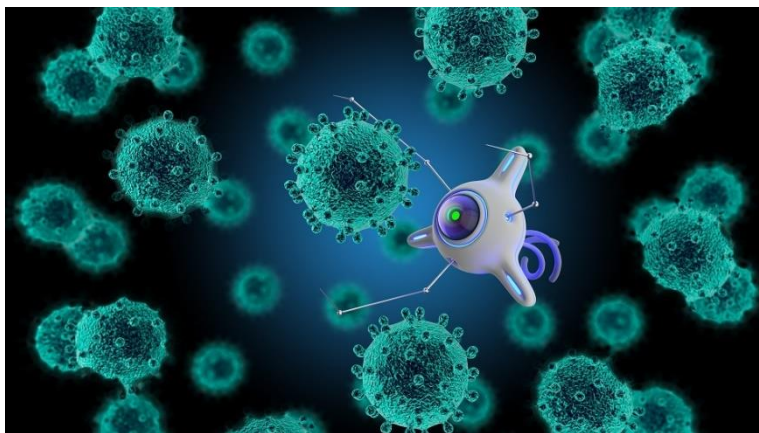


Слика 7.3 Сонда убица у организму [14]

7.1.5 Наноботи

Наше представе о роботима увелико су подложне мењању под утиском нових технологија. Више то нису гломазне механичке машине које обављају бројне физичке радње у индустрији на основу програма. Нису то, већ данас, ни хуманоиди који помажу људима у бројним социјално-психолошким ситуацијама. Иако већ постоје роботи-кућни љубимци, то више не може да се подведе под симпатију или антипатију. Нано роботи су системи на молекуларном нивоу. Као такви, они лако могу продрети у људски организам. На слици 7.4 је приказано како би то изгледало у организму. Замислите будућност где ћемо се моћи лечити техником интравенског убризгавања нано-робота. Такви минијатурни механизми ће моћи да буду програмирани за борбу против различитих штетних ћелија (на пример, дела рака) или паразита. Нано-машине и нано-роботи би чистили наше запушене или замашћене крвне судове, водили борбу са бактеријама и вирусима, обнављали оштећене органе, скенирали мозак, налазили и репарирали оштећена места итд. Футуристи говоре да би такви производи би довели до побољшања општег физичког и психичког здравственог стања, што би значајно продужило животни век.

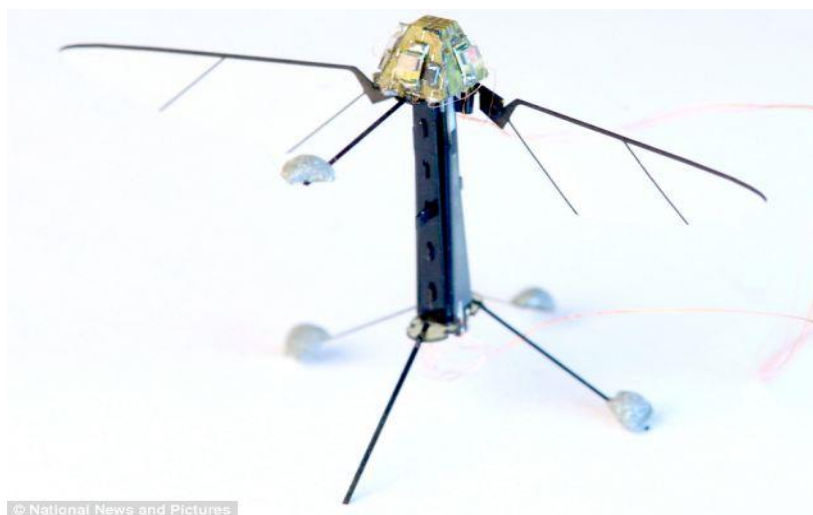
На путу реализације наноробота многи проблеми су данас решени, неки су на путу да се реше, неки су још увијек у фази маште. Више је различитим смерова развоја, од којих један иде и према био-нанороботима. Биомедицинска истраживања и достигнућа дају наду да је тај правац веома реалан. На крају поставља се питање да ли је реално очекивати да ће први механички или био-нанороботи бити ускоро у употреби.



Слика 7.4 Наноботи у организму.

Међутим, тимови војних стручњака, на пример у одмах таквим проналасцима налазе и примену у војне или одбрамбене сврхе. Примена за лечење војника непосредно у борби где би нано-роботи били убризгани у тело, као вакцина, пре борбе. На слици 7.5 је приказан модел нанобота у облику комарца.

Најгори сценарио који се помиње је производња наномашина које би као глисте имале могућност само-репродукције. Биле би готово неуништиве јер би се из њихових саставних делова развијале нове наномашине. Њихов раст би се одвијао по експоненцијалном закону. Када би се оваква чудеса убацила у биосферу, она би врло брзо постала сива лепљива маса (греј-гу сценарио). Војни стручњаци мисле да је могуће контролисати овакве продукте нанотехнологије и селективно је користити на тлу противника, као што је то већ виђено у Вијетнаму, Камбоџи или другде широм света.



Слика 7.5 Нанобот у облику комарца [14]

Опаснији сценарио примене наноробота који се распршује као споре или аеросоли. Шта је све могуће постићи код противника, на његовој територији, са интелигентним аеросолима, односно роботима који имају вештачку интелигенцију, омогућује им да препознају противника, да онеспособе његову борбеност и да унапреде послушност. Међутим и на овим роботима се ради као и на осталим системима заштите [14].

7.1.6 Одећа за борбене услове

До недавно су многи пројекти развоја војне опреме и наоружања били везани за класичне технологије. Али како напредује наука и развој технологија, тако напредују и истраживања у овој области. Већина пројеката се базира на новим сазнањима нанотехнологије. Тако је најзначајнији пројекат америчког Министарства одбране „Борбене снаге будућности ” (Future force warrior), као и борбени системи будућности добијају сасвим другачију филозофију када се посматра кроз призму примене нове технологије. Схватајући да ће и у ратовима будућности, човек бити основа оружане борбе, војни стручњаци највише пажње посвећују његовој заштити, повећању борбене способности, убојитијем наоружању, као и могућностима преживљавања у веома сложеним борбеним условима. То треба да омогући одећа од апсорпционих наноматеријала, механички активних материјала и уређаји, сензори са способношћу противактивности, наноуређаји од биоматеријала као и материјали који ће моћи да се репродукују и замењују. Тако већ данас тимови стручњака раде на томе, односно конструишу шлемове, рукавице као и нове униформе које ће имати функцију механичке и балистичке заштите од противничке муниције. Такође се ради и на проналажењу материјала за војничку одећу која ће у оружаној борби, пружити и висок ниво сигурности од биолошких агенаса или хемијских супстанци, обзиром на то да се предпоставља да ће различити нановируси и микроскопске бактерије бити употребљене од стране противника [14]. На слици 7.6 је приказано шта све војник има од опреме на себи. Тако већ данас стручњаци Масачусетског института за нанотехнологије, формиран у тимове, конструишу нове униформе, шлемове, рукавице, чизме и друге делове војничке одеде, који де имати функцију механичке и балистичке заштите од противничке муниције.

и Други истраживачки тим ради на проналажењу материјала за војничку одећу која ће, у оружаном борби, пружати и висок ниво сигурности од биолошких агенаса или хемијских супстанци, с обзиром на то да се претпоставља да ће различити нанобициди, нановируси и микроспоре бити употребљене од стране противника у будућем оружаном сукобу. Истраживања у области активних нано-детектора су у надлежности трећег тима у МИТ. Они треба да створе такве нано-детекторе који де открили крварење, преломе костију и инфекције и одмах предузети активне мере да се то имобилише или неутралише. Има индикација да су научници на трагу нано-честица које могу да изазову зацељивање повреда или зарастање ломова костију, као и да спрече сваку респираторну инфекцију. Четврти тим ради на развоју микроклиматског система за униформу који де расхлађивати војника у екстремним врућинама или га загревавати ако је околина хладна. Следећи тим развија муницију од наноматеријала, користећи наноалуминијум и наноникл, чиме муниција добија и другачије балистичке карактеристике и, наравно, већу убојитост. Један од тимова развија нове батерије и изворе енергије за војничко одело и системе које ће војници користити. Батерије треба да обезбеде велику аутономност и непрекидност рада, као и да буду способне да обнављају енергију. Већ сада су начињене батерије које се могу пунити 20.000 пута, што де бити нови војнички стандард за пуњиве изворе електричне енергије.



Слика 7.6 Наноопрема војника[14].

7.1.7 Панцири нове генерације

Научници у Јекатеринбургу, у Сибиру, применили су нанотехнологију за прављење нове генерације панцира, названих „плазмени оклоп”. Иако је нова технологија за сада велика тајна, стручњаци из Сибира су саопштили у основним цртама принципе на основу којих ће се руски војници штитити непробојним панцирима.

Микроскопске честице метала биде растворене у специјалној течности која има кристалну структуру. Главна тајна је у томе што ће нано-честице и течност бити у вези. Кад метак или гелер додаткне „плазмени оклоп”, наночестице се скупе у кластер (букет) и житки раствор се, моментално, претвори у тврди композитни материјал. Процес претварања из плазме у тврди материјал се догоди у милисекунди. Што је јачи удар, тј. већа енергија метка, панцир је аутоматски тврђи. У тренутку кад више нема удара панцир се врати у плазмену форму. На слици 7.7 се може видети пример таквог панцира.

На прављењу „плазменог оклопа” су радили и Американци. За тврде честице изабрали су кварц, а за течни део гликол-полиетилен.

Руски научници су отишли даље јер их није занимало само да направе панцире за људе, већ и за војну технику. Експериментише са панцирима којима би заштитили хеликоптере чувене „црне ајкуле”. Прва испитивања су дала одличне резултате. Руски материјали, захваљујући специјалном тајмеру, могу да се врате у житко стање после пет минута, а на хеликоптеру после једног сата.

У Великој Британији експериментише се са применом нановлакана од угљеника за производњу балистичких прслука. Израелци раде на проналажењу најефикаснијег нано-материјала за заштитне прслукe или панцире.



Слика 7.7 изглед панцира нове генерације

8. Примена наноматеријала у осталим гранама индустрије

8.1 Примена у аутоиндустрији

Нанотехнологија спречава огреботине новом технологијом нанобоја, које садрже неорганске силиконске честице повезане органским полимером. Знатно се повећава површинска тврдоћа боје и омогућује веће индивидуализирање аутомобила. За разлику од обичне боје, која се састоји од органских молекула с дугачким ланцима угљеника, нанобоја садржи неорганске честице повезане органским полимером. Тако да је неорганске честице нанотехнологијом могуће тако густо повезати да површина лака постаје врло тврда и отпорна на огреботине. Јасно, то се не односи на ситуације кад неко намерно жели загревати боју, но и тада је браздање боје врло отежано. Нанобоје су и вишеструко отпорније на корозију од класичних боја. Оне на површини формирају мрежу ћелија чија пигментација зависи од напона који влада у саставу те се лако може мењати нијанса боје. Нова ће боја бити знатно отпорнија на прљање за што постоји логично објашњење површина класичног лака је, како год изгледала глатко, врло хрпава. На те неравнине хвата се нечистоћа, а то је код нанотехнологије неколико пута мање. Поред нанобоја, примена наноматеријала на пољу аутоиндустрије се још огледа у савременијим деловима који сачињавају аутомобил. На слици 8.1 је приказано где се све наноматеријали могу применити на аутомобилу.

Очекује се да ће будућа возила бити лагана, вишенаменска, интелигентно вођена, ниске потрошње енергије, сигурна и сигурна за путнике и врло удобна. Ово се односи и на цивилна аутомобилска возила, као и на војна копнена возила. Војна возила имају додатне захтеве у погледу заштите оклопа, специфичних сензора за детекцију и надзор и системе оружја.

Нанотехнологија омогућава следеће функционалности материјала:

- тежина: очекује се да ће висока чврстоћа нанокмполитне пластике заменити метал и тиме смањити тежину,
- паметне компоненте: компоненте са уграђеним сензорима за праћење стања и оптерећења,
- адаптивне структуре: активне структуре које се прилагођавају промењљивим законима као што су адаптивна камуфлажа, суспензија итд.
- заштитни слојеви: наночестице, нанофибер ојачане антибалистичке структуре, реактивни наночестични оклоп, наноцеви.
- Даљинско и беспилотно вођење: Са нанотехнологијом напредне могућности сензора и бежичне комуникације постају могуће, омогућавајући вођење дугачког домета свих врста возила. Напредна интелигенција може бити уграђена захваљујући проширеним могућностима μ -сензора, интеграцији сензорских функција и снаге за обраду информација. Посебно за војну употребу, континуирани напори се улажу у развој беспилотних и аутономних возила, нпр. за надзор. Нанотехнологија је овде пресудна да би се смањила величина, тежина и потрошња енергије, важна за покривеност дугог домета.



Слика 8.1 Примена наноматеријала у аутоиндустрији

8.2 Примена наноматеријала у медицини

Развој нанотехнологије, првенствено захваљујући свом потенцијалу да искористи открића молекуларне биологије, почео је да мења основе дијагностике, терапије и превенције болести. Примена нанотехнологије у третману, дијагнози, контроли и праћењу биолошких система недавно је дефинисана под називом наномедицина. Методе конвенционалне медицине покушавају да лоше ћелије отколне сечењем-хирургија, да их спрже радиотерапијом или да их отрују хемотерапијом, наномедицина покушава или да отклони одређене ћелије или да их репарира ћелију по ћелију.

Наномедицина је веома широка област и бави се проучавањем наночестице које делују као биолошки миметици, нановлакна и полимерне наноконструкте које служе као биоматеријали, као и разне уређаје који делују на нано нивоу. Такође, постоји широко поље нанотехнологија способних за циљану испоруку лекова, генетског материјала и дијагностичких агенаса управо и представља један од главних циљева наномедицине. Он обухвата прецизну идентификацију мета у одређеним клиничким стањима, као и избор одговарајућих наноносилаца који треба да обезбеде постизање жељеног циља уз што мање нежељених ефеката. Мононуклеарни фагоцити, дендритичне ћелије и туморске ћелије представљају главне мете у оваквом приступу.

Амерички научници са универзитета у Станфорду уз помоћ нанотехнологије развили су нови третман против рака који не оштећује здраво ткиво. Третман се састоји од уметања синтетичких нано цевчица у станице рака и њиховог загревања уз помоћ ласера. Те наноцевчице имају половину пречника молекула ДНК те их у просечну станицу може стати неколико хиљада. Након што се цевчице произведене од угљеника изложе ласерском снопу блиском инфрацрвеном делу спектра у року од 2 минута, долази до њиховог загревања на 70 °C и смрти станица у којима се налазе. Научници додају да је причвршћивањем антитела за наноцевчице могуће прецизно нациљати тачно одређени тип станица рака. Стандардна хемотерапија узрокује смрт и станица тумора и здравих станица.

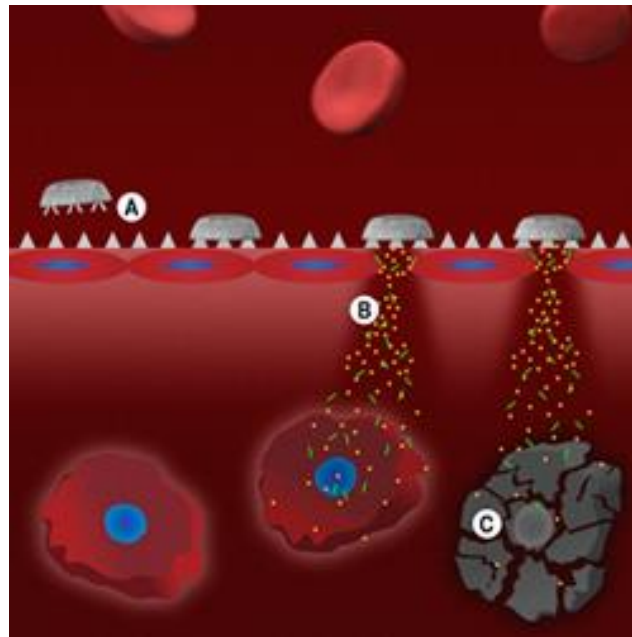
Канадски научници са универзитета Алберта развили су наночестице које су у лабораторијским условима успешно уништавале станице рака плућа. Иако тек предстоје истраживања на животињама, честице би се у људски организам могле увести уз помоћ инхалатора сличног оном какав користе астматичари. За рак плућа је карактеристичан неконтролисани раст абнормалних станица у једном или оба плућна крила. Инхалирање нано честица могло би функционисати боље од традиционалних начина лечења због тога што те честице нападају само станице рака и не утичу на здраво ткиво. Слично лековима које користе астматичари нови лек је у облику праха, но за разлику од њих, он се разлаже у наночестице кад дође до контакта. Научници очекују да би се овај начин примене лекова могао применити и у лечењу других болести.

Наномедицина се користи за дијагностику, превенцију у лечењу болести и за стицање знања комплексних механизма који су у основи болести. Тренутно наномедицина подразумева откривање честица, системе испоруке лекова, емулзије и носаче за испоруку вакцина.

Ради се на истраживању и формирању нанодетектора, њихова улога је да открију крварењем, преломе костију и инфекције и одмах предузму адекватне мере да се то имболише и неутралише. Има индиција да су научници на трагу наночестица које могу да изазову зацељивање повреда или зарастање ломова костију и да спречи сваку респираторну инфекцију.

Кардио-наномедицина је изазвала много узбуђења с тачке гледишта дијагностике као и терапије. 1 милион људи умире од кардиоваскуларних болести годишње, што је око два пута више него од канцера. Агенси засновани на наночестицама су обећавајући као кардиоваскуларни дијагностички алати. Стратегије укључују магнетну резонанцију интраваскуларног тромба која користи агенс за снимање пакован унутар течне перфлуоругљеникове емулзије са наночестицама (liquid perfluorocarbon nanoparticle emulsion). Наночестице се могу усмеравати специфично на тромб помоћу антитела израженог на површини наночестице усмереног у правцу унакрсно везаног фибрина, чиме се чак и мали тромб може снимити. Дизајнирани да се усмеравају на специфичне епитопе (део макромолекула који препознаје антитело) у ткивима, ови агенси почињу да улазе у клиничка испитивања за кардиоваскуларне примене. Постоје бројни протеини чије присуство је имплицирано као маркер за тромбозу. Испитују се платформе за испоруку лекова у којима се липофилни лек инкорпорира у површину липосома који садржи антитело везано за његову површину. Лек се не ослобађа све док се липосом не веже за циљну ћелију. Када до овога дође, долази до размене липида из липосома са оним из ћелијске мембране, што омогућава селективно улажење лека у ћелију у високој концентрацији, и увелико смањује системско излагање и колатералну токсичност лека.

Уређаји за доставу лекова на бази наночестица који су приказани на слици би омогућили бржу ресорпцију лекова, контролисано ослобађајући довољну дозу као и заштиту од имуног система организма, и тако повећавајући дејство постојећих лекова. Истраживачи се баве испитивањима нових третмана коришћењем наночестица као што су дендримери и средства за испоруку уређаја за убацивање гена у ћелије. Принцип лечења наноправима је дат на следећој слици 8.2 [15].

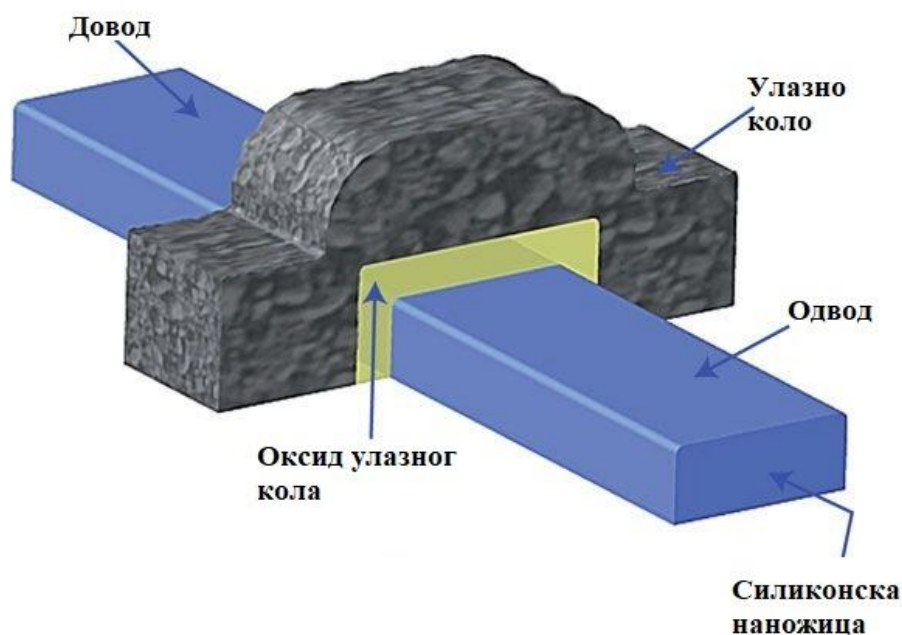


Слика 8.2 Принцип лечења наноправовима.

8.3 Примена у електроници

8.3.1 Први транзистор без $p-n$ споја

Тим научника са Tyndall National института су пројектовали и произвели први транзистор без $p-n$ споја. Овај транзистор би могао бити кључан у револуционарној производњи микрочипова у полупроводничкој индустрији, захтева знатно мању потрошњу и једноставнију производњу од транзистора на силицијумском чипу. На слици 8.3 је приказан први транзистор без $p-n$ споја.

Слика 8.3 први транзистор без p - n споја.

Транзистори су тако ситни да би се смањила величина подсклопова електронских система и направили мањи и мањи уређаји, али је тешко направити квалитетне спојнице. Конкретно, веома је тешко променити концентрацију допинга материјала на растојањима краћим од око 10 nm . Истраживачи су успели направити транзистор без споја који има готово идеалне електричне карактеристике. Он би потенцијално могао радити брже и трошити мање енергије него било који конвенционални транзистор на тржишту данас. Уређај се састоји од силицијумске наножице у којој се струјни ток савршено контролише помоћу силиконске капије која је одвојена од наножице танким изолационим слојем. Уређај такође има скоро идеална електрична својства и понаша се као најсавршенији транзистори без непотребног струјног удара као што су конвенционални уређаји и ради брже и користи мање енергије.

Рад транзистора се одвија на следећи налин:

Струја тече кроз танак слој силицијума и проток струје се савршено контролише помоћу прстенасте структуре која се стеже око тог слоја и тако контролише промену јачине струје. Веома су једноставне структуре, тако да их је лако израдити чак и на јако минијатурним скалама што доводи до велике уштеде на трошковима и доводи до смањења потрошње енергије. Научници сматрају да овакав транзистор има готово идеалне електричне карактеристике.

8.3.1.1 Наножице за транзисторе са кратким спојем

Транзистори су толико мали, али се сваким новим даном ради на прављењу све мањих и мањих уређаја. Оно што представља одређени вид потешкоће је стварање високо квалитетних спојева. Конкретно, веома је тешко променити концентрацију материјала у

опсегу краћим од око 10 нанометара. На слици 8.4 су приказане наножице за транзисторе са кратким спојем.

То потенцијално може да се одрази на бржи рад и коришћење мање енергије. Уређај се састоји од силицијумових наножица у којима се ток савршено контролише помоћу силицијумовог улазног кола које је одвојено од наножица танким изолационим слојем. Цела силицијумова наножица је п-спој и веома је добар проводник. Међутим, улазно коло је р-спој и његово присуство има ефекат смањења броја електрона у наножици. Уређај има скоро идеална електрична својства и понаша се као најсавршенији транзистор. Ради брже од конвенционалних уређаја, троши мање енергије и не страда од губитка струје.

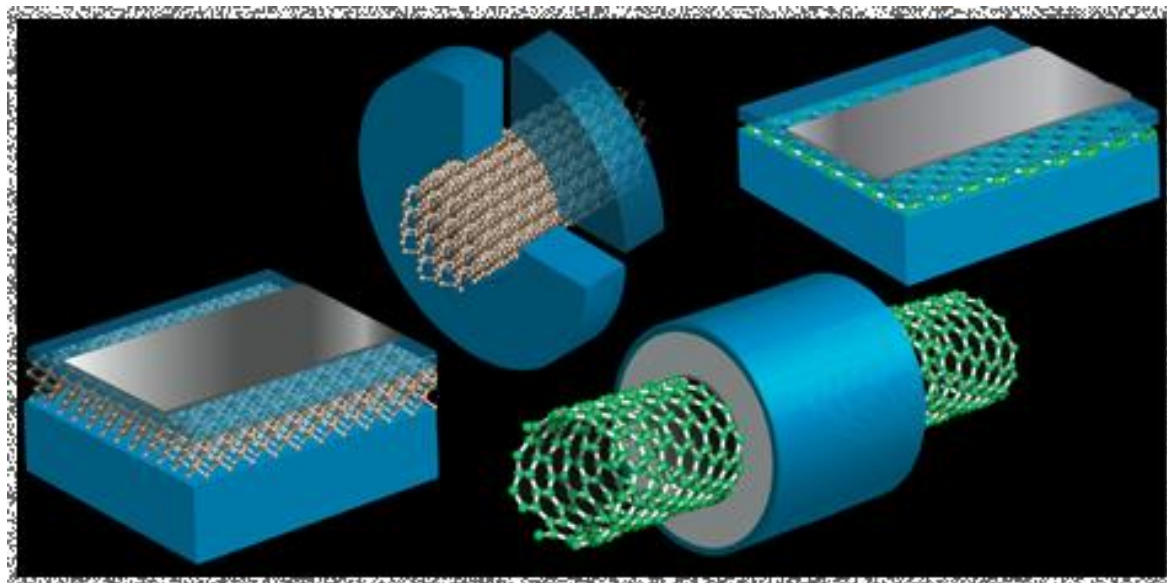


Слика 8.4 Наножице за транзистор са кратким спојем

8.3.1.2 Најмањи транзистор на свету са наноцевчицом

У напору и трци за производњом што мање и савршеније структуре, Infineon Technologies из Немачке је направила корак напред и произвела најмањи транзистор на свету са наноцевчицом. Дужина његовог канала износи свега 18 нанометара што је око четири пута мање него код данашњих најнапреднијих транзистора. За изградњу овакве врста транзистора наночестице радијуса величине од 0,7 до 1,1 нанометара постављају се између одвода и извора. Када би то посматрали кроз неки пример, можемо рећи да је та величина око 100000 пута тања него влас косе. Са комбинацијом флексибилности, једноставности израде и ниском потрошњом енергије ови нанокристални склопови отварају пут ка производњи неких нових врста уређаја и сензора који би могли имати биомедицинске или сигурносне сврхе.

Угљеникове наноцевчице преносе електроне готово без трења по својој површини захваљујући кретању електрона и на тај начин може пренети до 1000 пута више него бакарна жица. На слици 8.5 су приказани транзистори са наноцевчицом.



Слика 8.5 Транзистори са наноцевчицом

8.3.1.3 Компјутерски чипови следеће генерације

Индустрија микроелектронике наглашава минијатуризацију, при чему су кругови, као што су транзистори, отпорници и кондензатори, смањени. Постизањем значајног смањења њихове величине, микропроцесори, који садрже ове компоненте, могу да раде много брже, што омогућава израчунавање на много већим брзинама. Међутим, постоји неколико технолошких препрека за ова унапређења, укључујући недостатак ултра финих прекурсора за производњу ових компоненти, слаба дисипација огромне количине топлоте коју генеришу ови микропроцесори због бржих брзина, наноматеријали помажу индустрији да прекине ове баријере, пружајући произвођачима нанокристалне почетне материјале, материјале ултра високе чистоће, материјале боље топлотне проводљивости и дуготрајније, трајне интерконекције (везе између различитих компоненти у микропроцесорима).

8.3.1.4 Фосфор за ТВ високе дефиниције

Резолуција телевизора или монитора у великој мери зависи од величине пиксела. Ови пиксели су у суштини направљени од материјала који се називају "фосфори", који сијају када их удари струја електрона унутар катодне цеви (CRT). Резолуција се побољшава са смањењем величине пиксела или фосфора. Нанокристални цинк-селенид, цинк-сулфид, кадмијум-сулфид и олово-телурид синтетизовани сол-гел техникама су кандидати за побољшање резолуције монитора. Употреба нанофосфора је замишљена да би се смањила цена ових екрана како би се телевизије високе дефиниције (HDTV) и лични рачунари могли купити.

Закључак

Наноматеријали и нанотехнологија су у успону, сматра се технологијом будућности. Свако ново истраживање у овој сфери доноси задивљујуће резултате.. Наноматеријали показују добра механичка и физичка својства за чиме се тежи приликом избора материјала.

Очигледно је да је нанотехнологија тек на почетку свог развоја, те да има још пуно места за проширивање својег круга деловања и примене. Уочљиво је да се нанотехнологија може имплементирати у сваку грану инжењерске делатности и медицине на начин да учини велики допринос у сваком од тих поља у смислу развоја и унапређења. Нанотехнологија пружа неслућене могућности за израду минијатурних летелица као и тако рећи невидљивих летелица које могу носити нанокамере, оружја и експлозиве као и неке друге војне системе. Једно веома важно својство наноматеријала јесте што могу да се примене у свим областима индустрије, као што су медицина, војна технологија, ауто индустрија, козметика и тако даље. За израду наноматеријала данас постоји већ читав низ технолошких поступака који су или прилагођени или посебно развијени. Код поступка добијања наноматеријала из прахова и компримовања појављује се посебан проблем да честице нановеличине имају врло велику површинску енергију па теже агрегацији и адсорпцији страних честица. Прахови се производе из парне, течне или чврсте фазе. Могућности економичне израде налазе се у поступку механичког легирања високоенергетским поступком млевења чврстих честица. Из досадашње динамике развоја подручја наноструктурираних материјала могуће је закључити да ће се у блиској будућности све предности ових материјала моћи економски искористити. При томе се мисли на замену данашњих материјала и побољшање њихових својстава, али и на искориштење њихових сасвим нових својстава.

Нанотехнологију треба оберучке прихватити као највреднији поклон човечанству, али са дозом опреза и сумње, како би се спречиле брзоплете и лоше одлуке које би могле уназадити њен развој.

Литература

- [1] Милорад Јовановић, Вукић Лазић, Нада Ратковић, Драган Адамовић, Машински материјали, Крагујевац, 2003.
- [2]https://www.fsb.unizg.hr/usf_frontend/files/1431695432suvremeni_materijali_primjenana_pomaterijalautehnici.pdf, примена наноматеријала, 27.02.2019. године
- [3]<http://www.phy.pmf.unizg.hr/~atonejc/9%20NNFizicka%20svojstva%20nanomaterijala.pdf> – својства наноматеријала 28. 02.2019. године
- [4] Prof. dr.sc Antun Tonejc: Fizika nanomaterijala, Fizički zavod Prirodoslovno matematičkog fakulteta u Zagrebu.
- [5] <https://nanotechnologytoday.wordpress.com/primena-nanotehnologije/>, 28.02.2019.
- [6] http://www.periodni.com/gallery/face-centered_cubic_lattice.png, 28.09.2019.
- [7]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/50/Graphit_gitter.png/220px-Graphit_gitter.png, 01.03.2019.
- [8]https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTncbqt27AJLvBCS-Cufkr8oTjjn56MaWiNHqeiw184QmOfztzL_, 05.03.2019.
- [9]https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQE6wOHWTBQdZ3UV9m3sE3qK5v3SM_appezWtoX4UqTLw7KsNTs_, 05.04.2019. године
- [10]http://www.itn.sanu.ac.rs/images/News/0410_07.jpg, 05.04.2019. године
- [11]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/22/Diamond_Cubic-F_lattice_animation.gif/220px-Diamond_Cubic-F_lattice_animation.gif, 05.04.2019. године
- [12]https://www.shreiber.com/uploads_gallery/originals/Hemija/8.%20razred/NEMETALI%2C%20OKSIDNI%20NEMETALA%20I%20KISELINE/Ugljenik/graphite.jpg?1474210642157. 05.04.2019.године
- [13]<http://lifehacker.rs/2015/12/aerogel-supermaterijal/>, аерогелови, 15.04.2019.године
- [14] "Из лабораторије будућности" 15.04.2019. године
- [15][http://www.df.uns.ac.rs/files/200/taina_grujic_-_master_rad_\(f1-\).pdf](http://www.df.uns.ac.rs/files/200/taina_grujic_-_master_rad_(f1-).pdf), 27.09.2019. године
- [16]https://www.researchgate.net/profile/German_Soldano/publication/235072505/figure/fig5/AS:306614067318810@1450113898608/a-Wire-Adsorption-on-Graphite-steps-b-Hydrogen-adsorption-on-Pd-nanoclusters-on-.png, 15.04.2019. године
- [17]https://www.google.rs/search?biw=1242&bih=535&tbn=isch&sa=1&q=nanoabots&oq=nanoabots&gs_l=psy-ab.3...114438.116211.0.116376.0.0.0.0.0.0..0.0....0...1.1.64.psy-ab..0.0.0....0.O2KIK_ODrpg#imgsrc=PEGv7vAGMHZP3M; 15.04.2019. године

[18]<https://www.google.rs/search?hl=srLatn&tbm=isch&q=classification+nanomaterials&spe ll=1&sa=X&ved=0ahUKEwiJjcDpsdrWAhVpMZoKHdigDJ0QvwUIICgA&biw=1242&bih=535&dpr=1.1#imgrc=2xkkWaPdaQM0nM;> 15.04.2019. године