



Nanotehnologije



Nanotehnologije i mašinstvo Juče, danas, sutra

Vanr. prof. dr Pal Terek
Prof.dr Branko Škorić

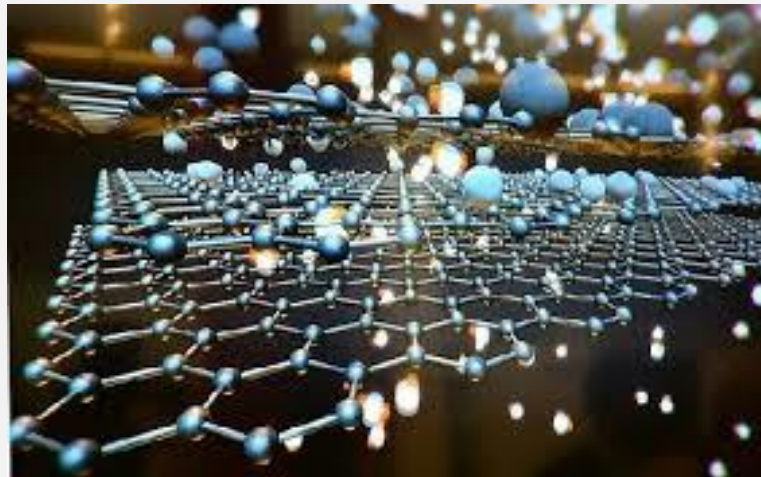
Nanotehnologije

- **Šta su nanotehnologije?**

Obuhvataju nauku i inženjerstvo koje se tiče tehnologije na nano nivou, od 1 do 100nm, a koje imaju primenu u realnom (makro) svetu.

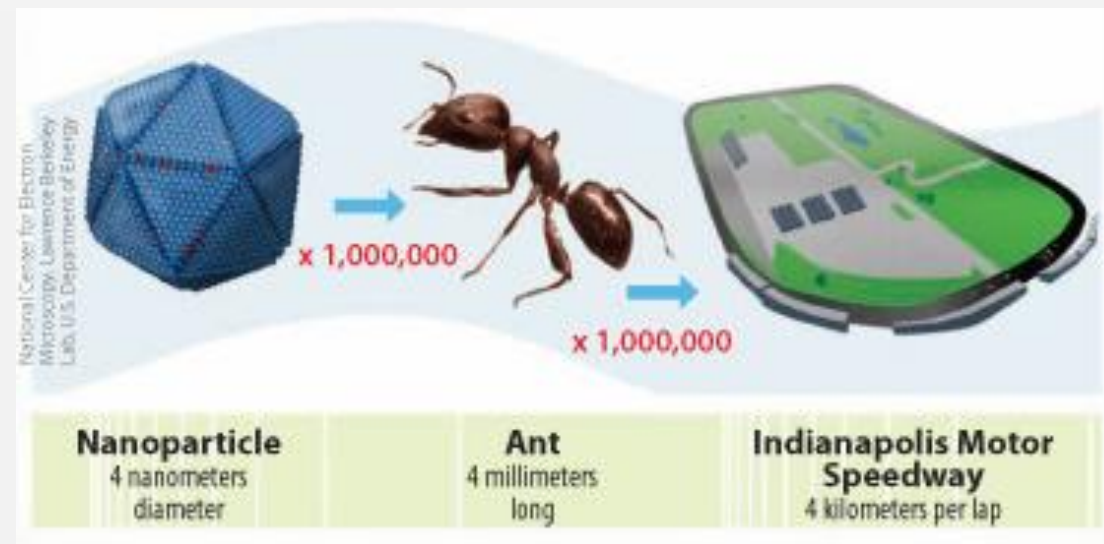
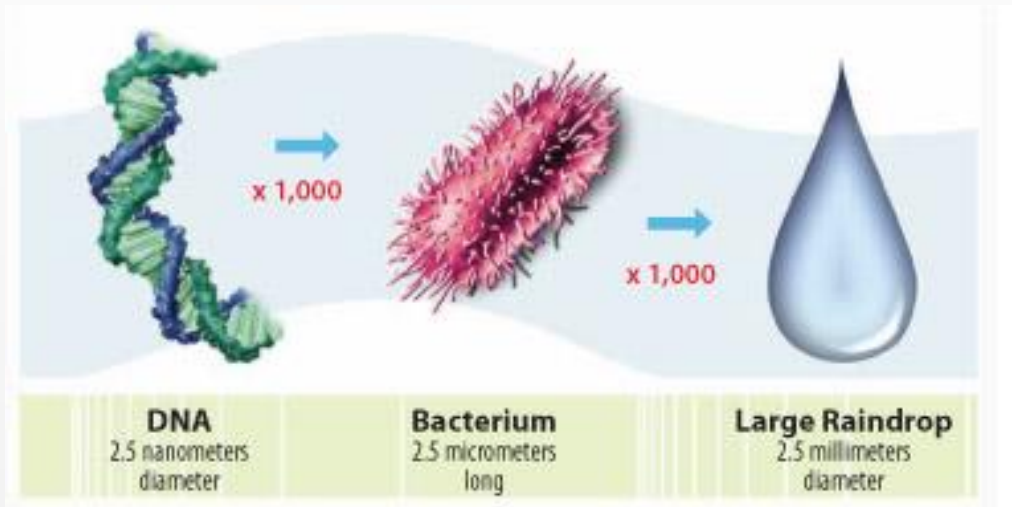
$1\text{nm}=0,001\text{m}=0,000001\text{mm}$

Nanotehnologija obuhvata proizvodnju i primene fizičkih, hemijskih i bioloških sistema na skali od atoma ili pojedinačnih molekula do veličina ispod-mikronske skale



Odnosi veličina nano, mikro i makro sveta

$$1\text{ nm} = 0,001\text{ }\mu\text{m} = 0,000001\text{ mm}$$



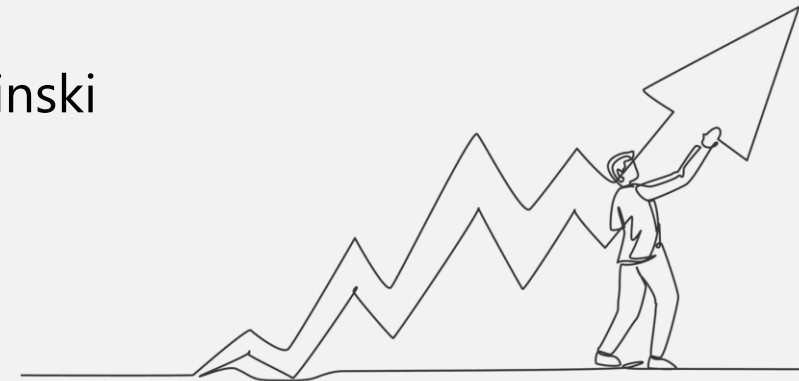
Nanotehnologije

- Razvoj nanotehnologije obećavaju, i već su uspela da napravi, velike promene u oblastima poput : nauke o materijalima i proizvodnji, nanoelektronici, medicini i zdravstvenoj zaštiti, energetici, biotehnologiji, bezbednosti, zaštiti životne sredine i IT-u.
- Nanostrukture ili se izrađuju uglavnom od sastavnih nano elemenata (bottom-up)

Zašto nanotehnologije?

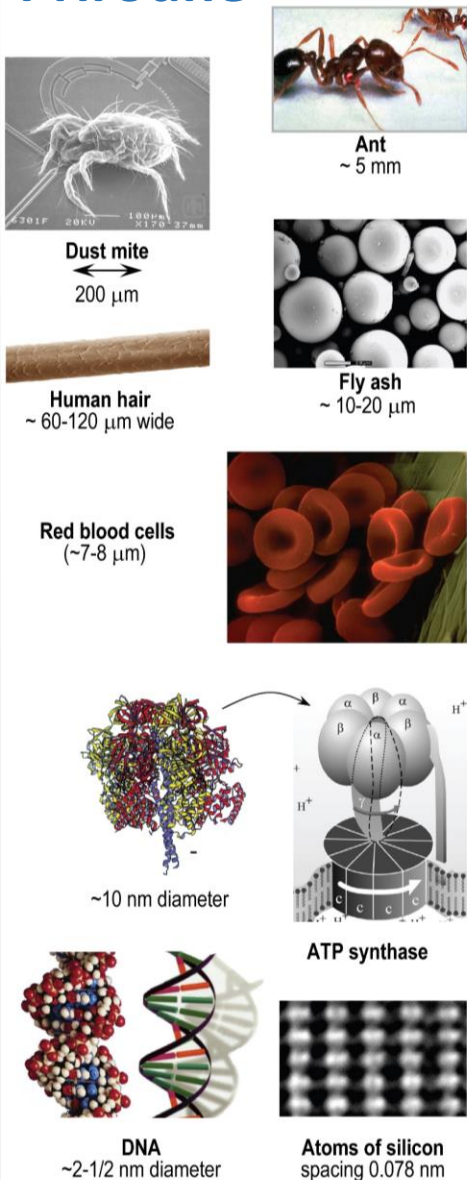
I priroda je evolucijom razvila veliki struktura koje imaju nano dimenzije. Primer šta mogu ćelije
Razumevanje i kontrola materije na nano nivou vodi ka revoluciji u tehnologiji i industriji od čega društvo ima koristi.

Fizičke, hemijske i druge osobine materijala sa nano dimenzijama suštinski se razlikuju od ponašanja čak istih materijala u makro obliku.



Skale – prirodne / veštačke stvari

Prirodne



Dust mite
↔
200 μm

Human hair
~ 60-120 μm wide

Ant
~ 5 mm

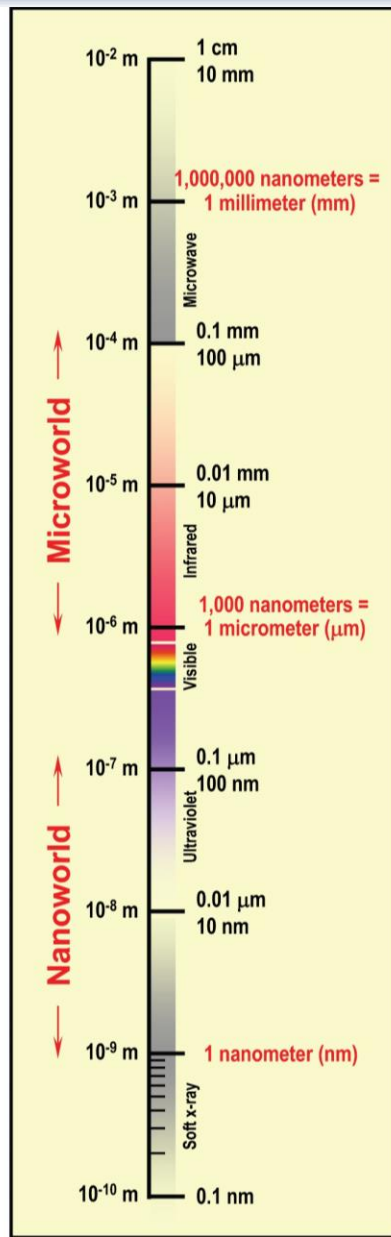
Fly ash
~ 10-20 μm

Red blood cells
(~7-8 μm)

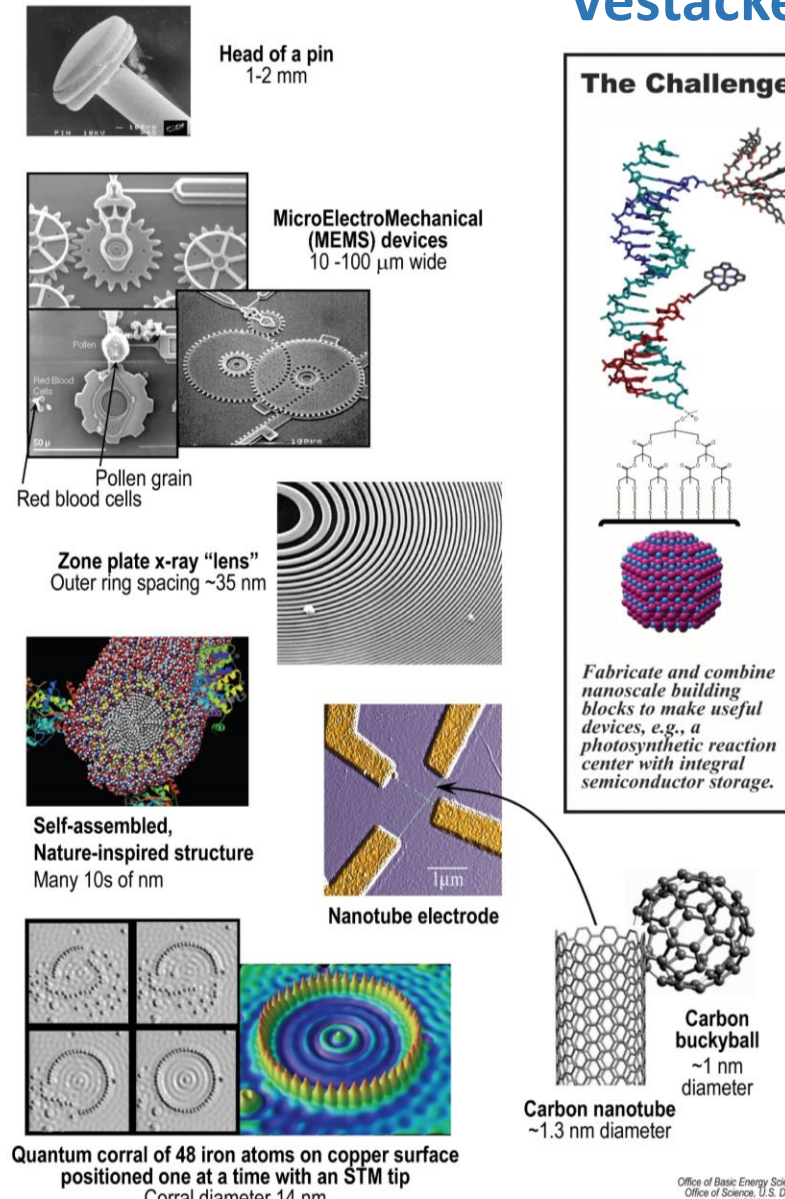
ATP synthase
~10 nm diameter

DNA
~2-1/2 nm diameter

Atoms of silicon
spacing 0.078 nm



Veštačke



Head of a pin
1-2 mm

MicroElectroMechanical (MEMS) devices
10 -100 μm wide

Zone plate x-ray "lens"
Outer ring spacing ~35 nm

Self-assembled, Nature-inspired structure
Many 10s of nm

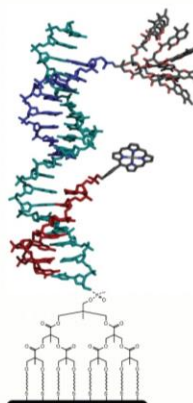
Nanotube electrode

Carbon nanotube
~1.3 nm diameter

Carbon buckyball
~1 nm diameter

Quantum corral of 48 iron atoms on copper surface
positioned one at a time with an STM tip
Corral diameter 14 nm

The Challenge



Fabricate and combine nanoscale building blocks to make useful devices, e.g., a photosynthetic reaction center with integral semiconductor storage.

Istorijat nanotehnologija

1959 – Richard Feynman - “There’s Plenty of Room at the Bottom”.

Dao je nagradu za rešenje dva zadatka:

1. Konstrukcija “nanomotora”
2. Odštampati stranicu knjige na glavi čiode

1960 – William McLellan je konstruisao nanomotor sa 13 delova i dobio nagradu

1974 – Taniguchi Norio, uveo termin Nanotehnologije

1974 – Aviram i Seiden su patentirali prve molekularne elektronske komponente.

1981 – Otkriven STM (Scanning tunneling microscope)

1985 – Tom Newman je rešio drugi zadatak-Elektronskim snopom, slova veličine 1,5nm

1986 – Otkriven AFM (Atomic force microscope) koji je omogućio razvoj fulerena i nano cevčica.

1985 do 1999 - formiranje NNI (National Nanotechnology Initiative) u Engleskoj, Švajcarskoj, Nemačkoj, J.Koreji, Japanu, SAD, Rusiji i Kini.

2000 –pojava prvih nano proizvoda

2001 – SAD započinju trku u finansiranju nanoistraživanja

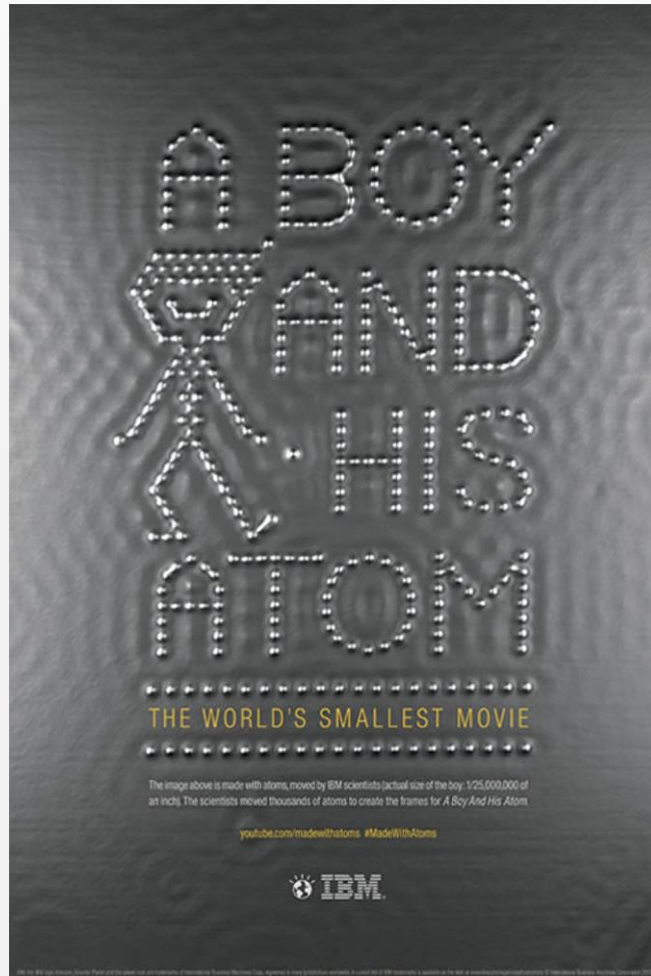
Kada se uporede prethodni talasi tehnoloških inovacija, nauka i biznis nanotehnologija predstavljaju veću i dublju promenu i izazove.

Naučnici su tek naznačili šta je moguće ostvariti u ovoj oblasti



Istorijat nanotehnologija

- 2013 – u razvojnom centru IBMa napravljen je film pomeranjem atoma na površini podloge
- Nanotehnologije će napraviti promene kakve je napravila i primena silicijuma u elektronici

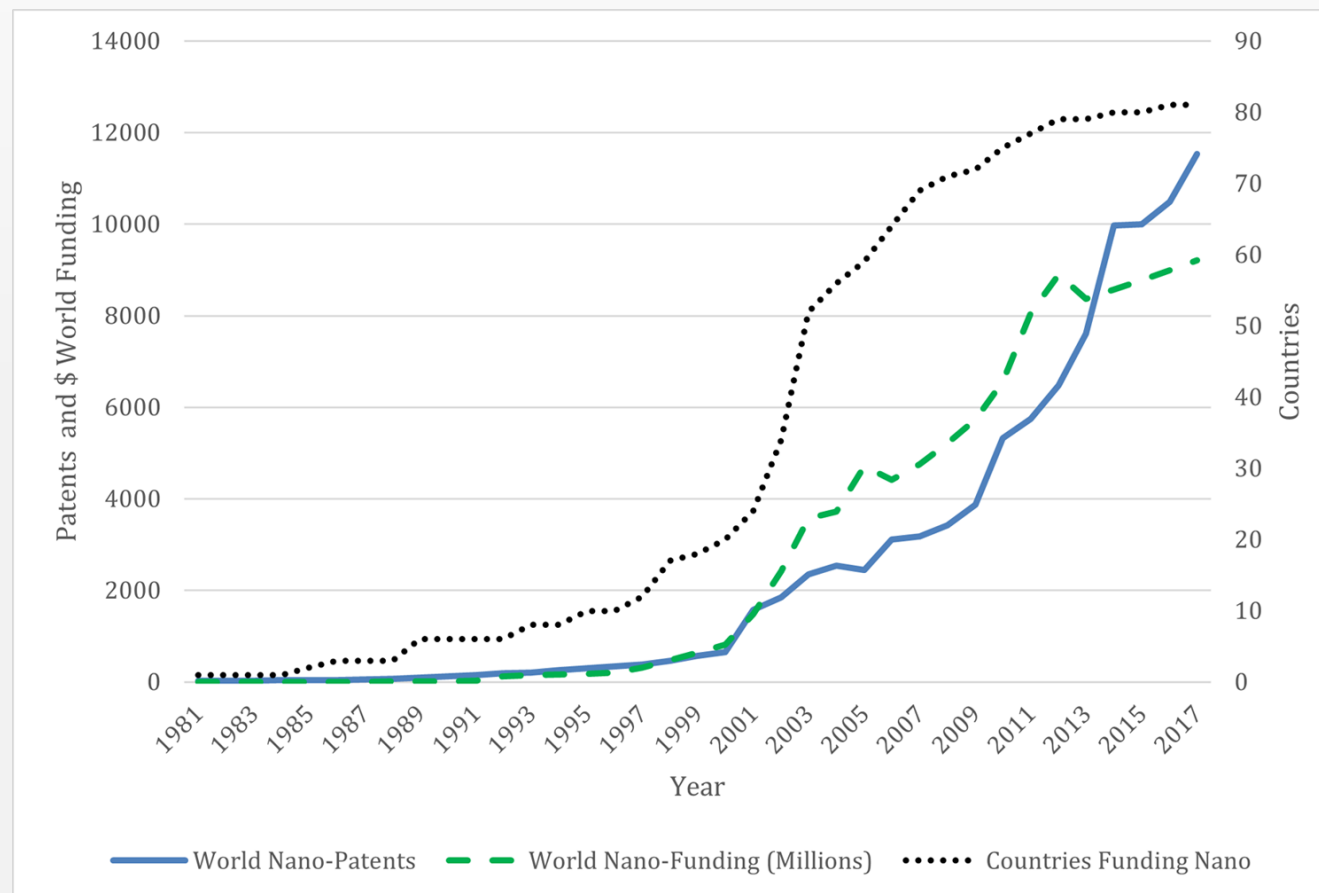


U pravcu razvoja kvantnih računara

**Računari u kojima se interakcije
komponenti sprovode na atomskom nivou**

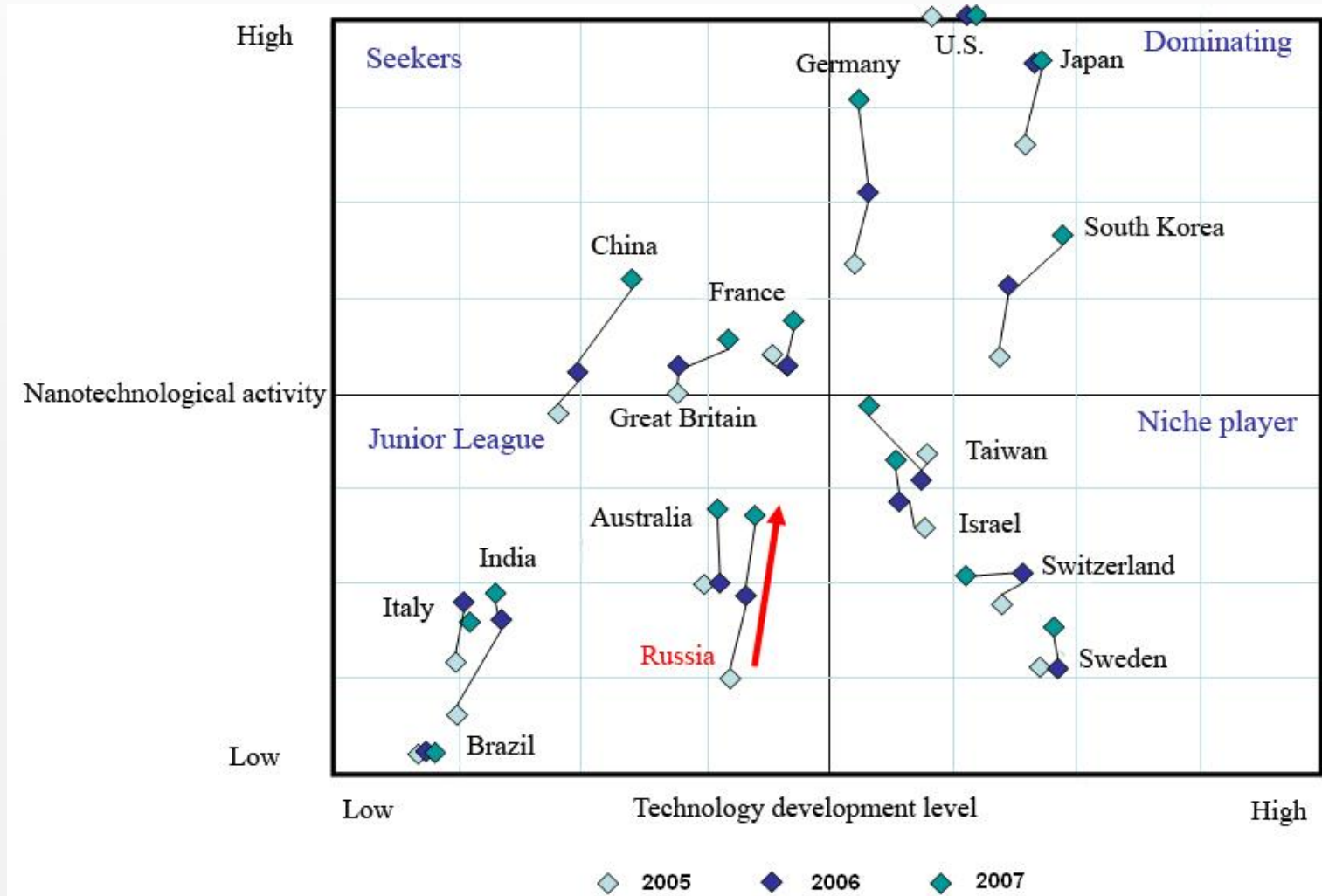
Istorijat nanotehnologija

- Važnost nanotehnologija može se videti iz činjenice da su tehnološki najrazvijenije zemlje još krajem 90-tih godina o počele mnogo da finansiraju ove tehnologije
- SAD 2000. godine kreće ulaganja od 0,5 milijarde \$/god. u nanotehnologije
- Posle SAD i Japana Evropa isto malko kasnije uskače u trku istraživanja nanotehnologija
- Finansiranje istraživanja je rapidni raslo, i već za 7-8 godina je postignuto da 2/3 sredstava podstiče industrija direktno



Nanotehnologije

Grafička prezentacija dinamike razvoja nanotehnologija i nanoindustrije u svetu.

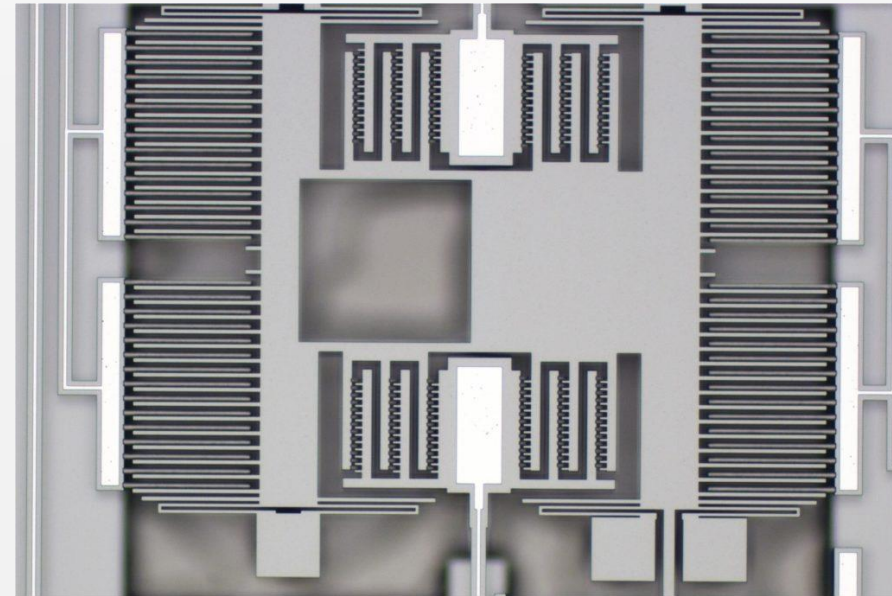
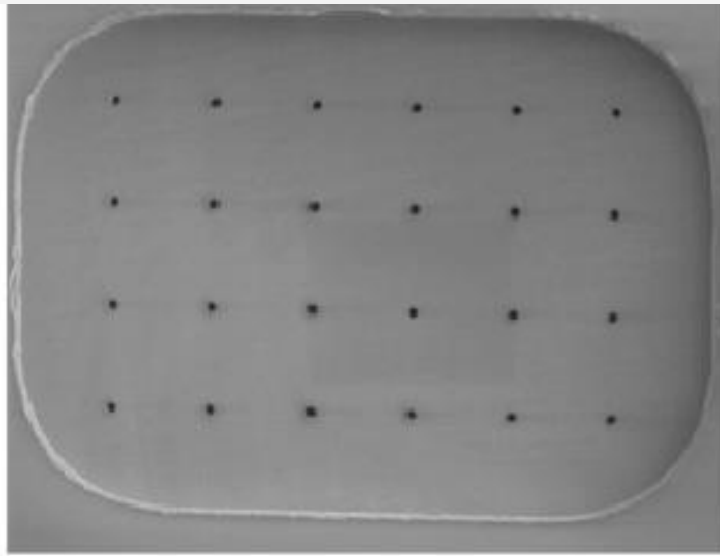
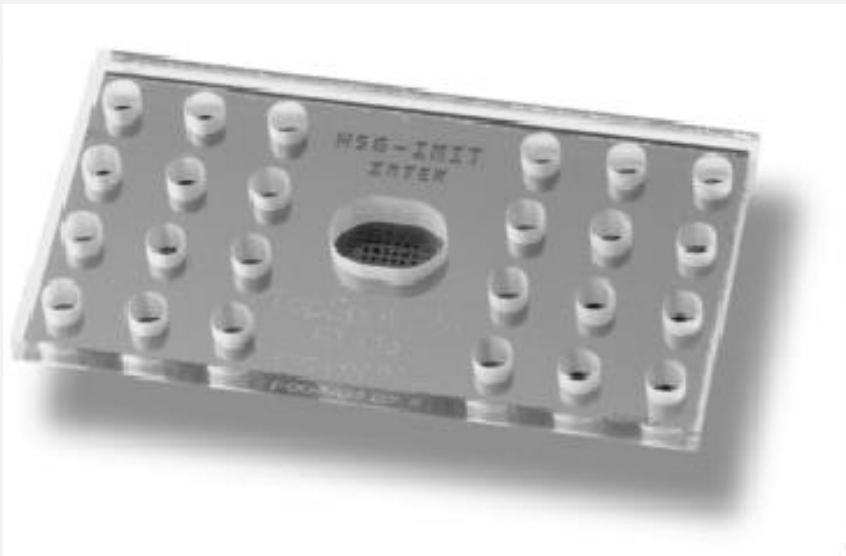


Nanotehnologije

- Još uvek se postavljaju pitanja – šta tačno znači reč Nanotehnologija.
Postoji određena konfuzija oko toga šta se sve podrazumeva pod nanotehnologijama!
- Većina definicija se vrti oko toga da se nanotehnologija odnosi na procese i upravljanje fenomenima koji imaju dimenziju manju od 100 nm
- Bitno iz koje oblasti naučnik potiče, pošto hemičari imaju drugačiji pogled od fizičara ili mašinaca.
- Verovatno je najbolja definicija Nanotehnologije:
“Kreiranje, karakterizacija, proizvodnja i primena struktura, naprava ili sistema uz pomoć kontrolisane manipulacije u nanodimenzionalnim razmerama (dimenzija atoma, molekula ili makromolekula) sa čime se proizvodi struktura, naprava ili sistem sa najmanje jednom novom superiornom karakteristikom ili osobinom”

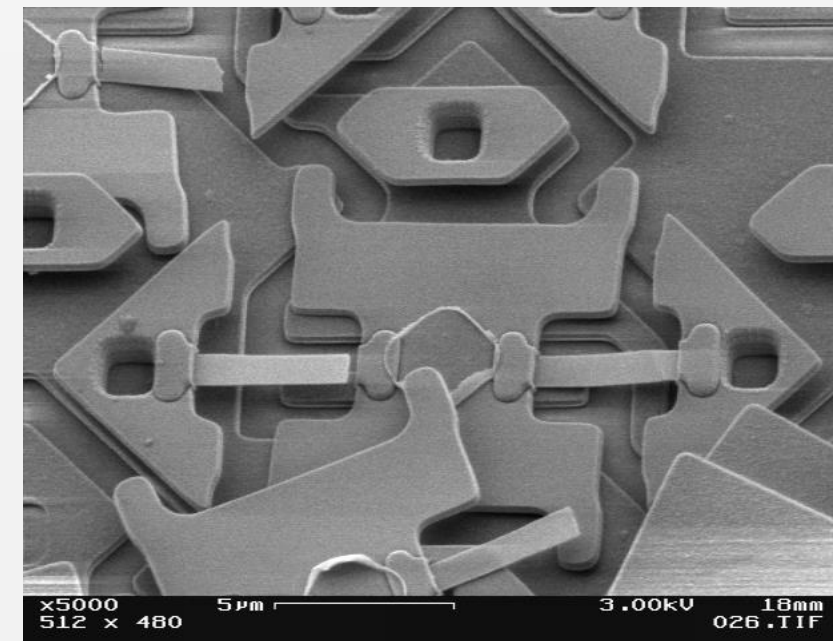
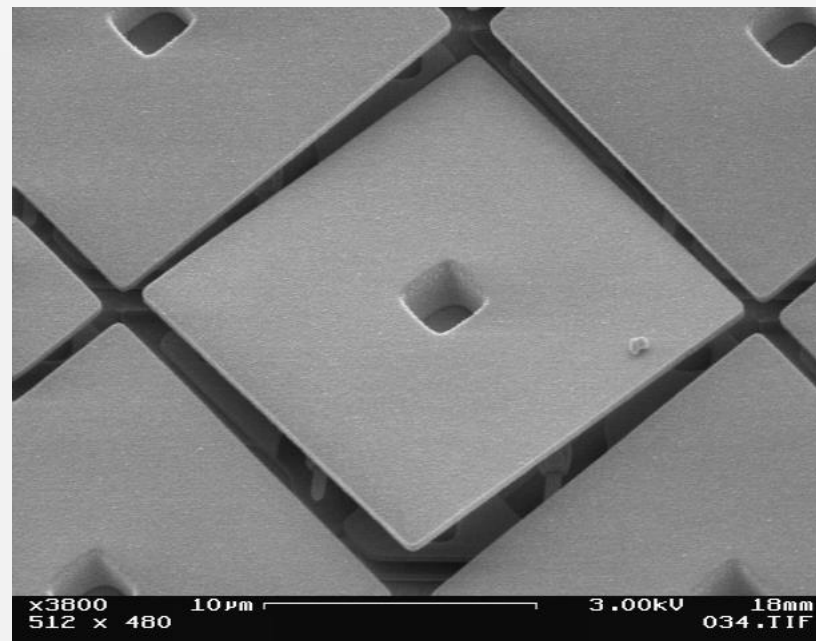
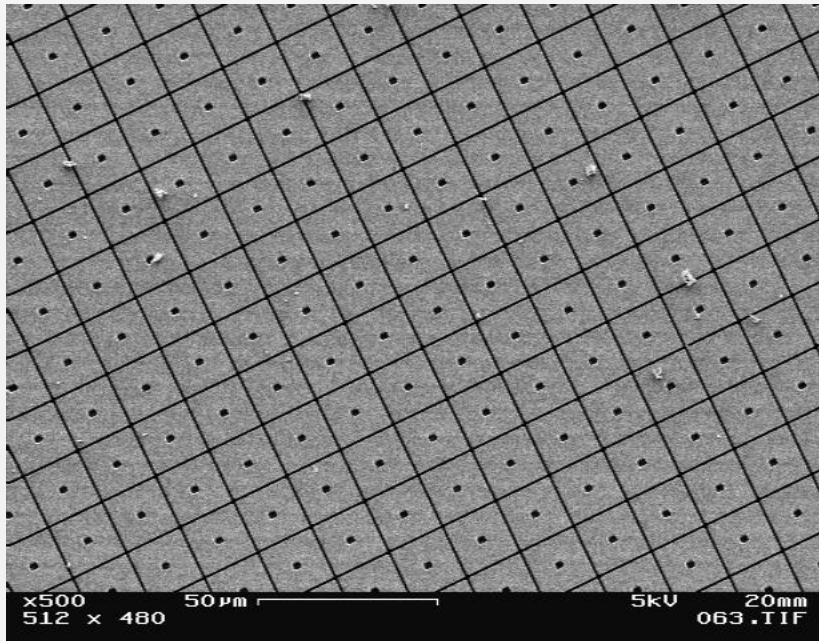
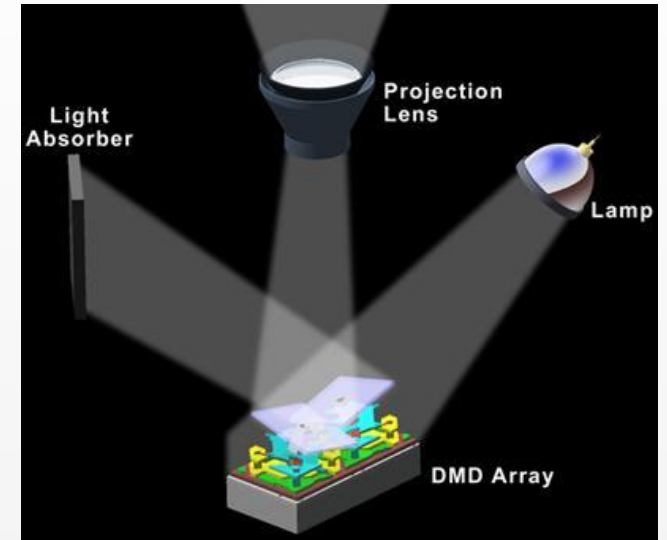
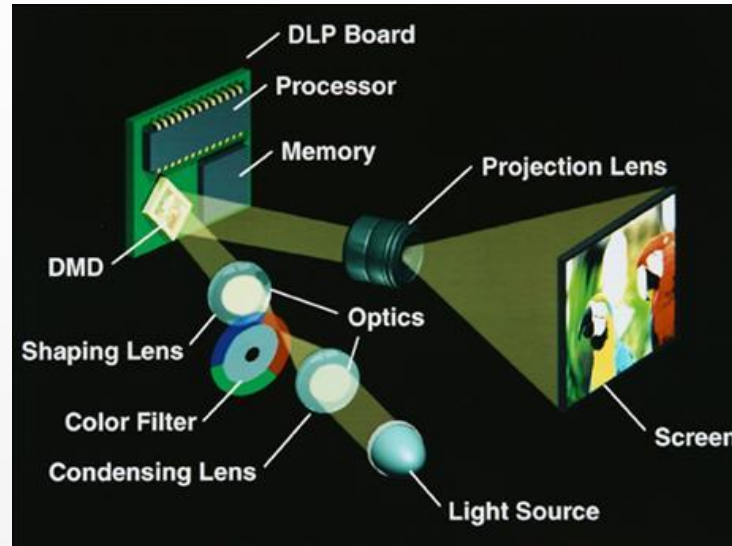
Mikro/nano tehnologije su tu već neko vreme

- MEMS – akcelometri – u automobilima za vazdušne jastuke, prisutni milioniskim serijama od 2004. godine
- Piezo-rezistivni senzori za merenje visokih pritisaka u motorima, gumama i jednokratni senzori za krvni pritisak
- Glave ink-jet štampača (500 miliona komada 2004. godine.)



Mikro/nano tehnologije su tu već neko vreme

- Digitalni mikro nizovi ogledala za projektore i slične optičke uređaje

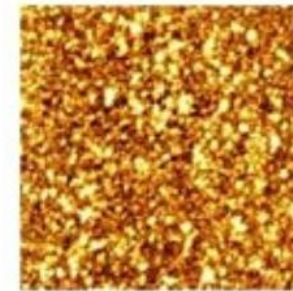
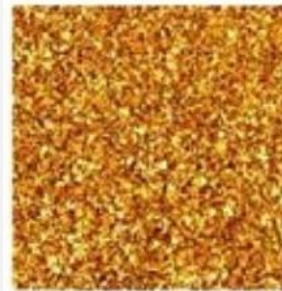
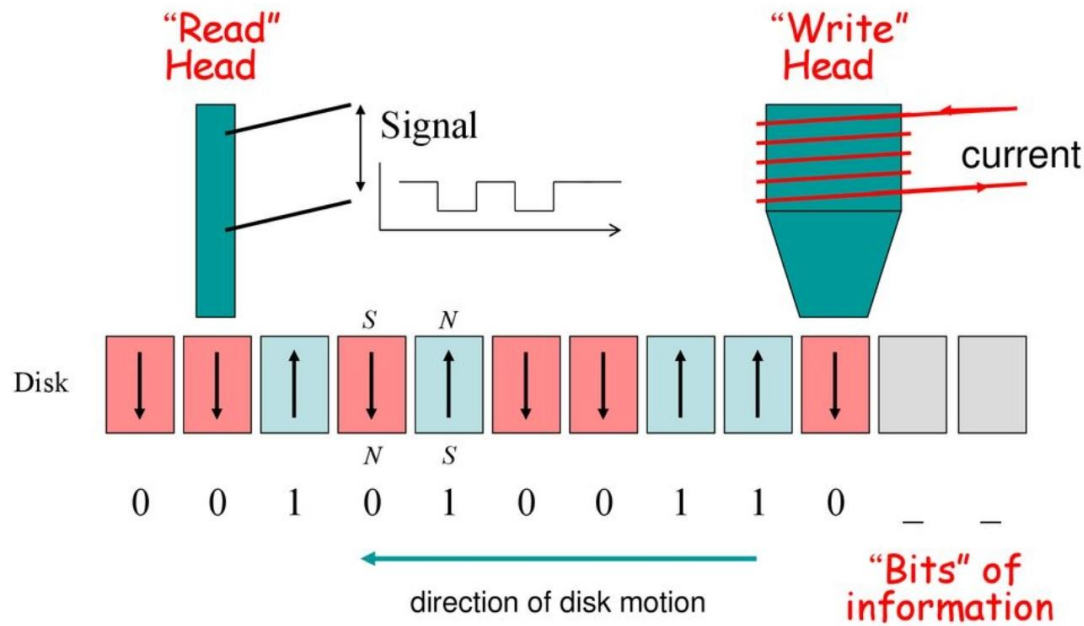


Mikro/nano tehnologije su tu već neko vreme

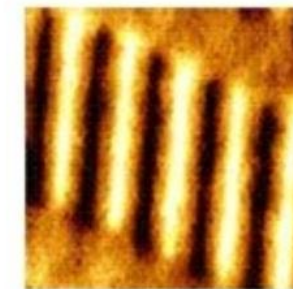
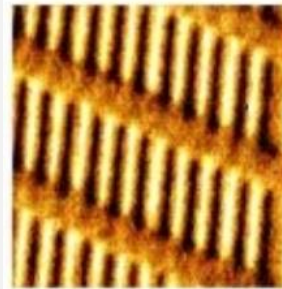
- Magnetni memorijski uređaji-Hard diskovi

Magnetic Data Storage

A computer hard drive stores your data magnetically



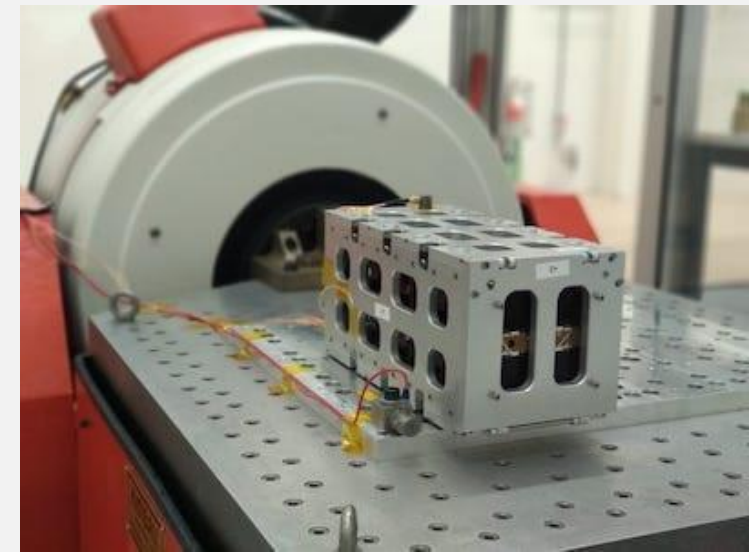
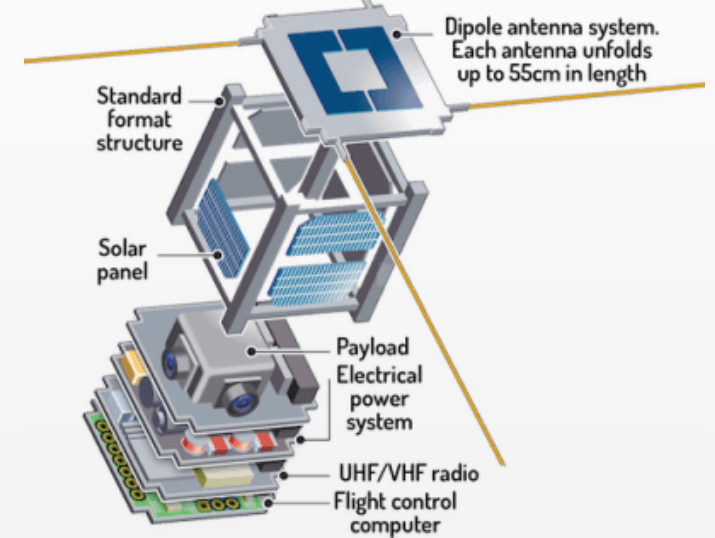
AFM image



MFM image

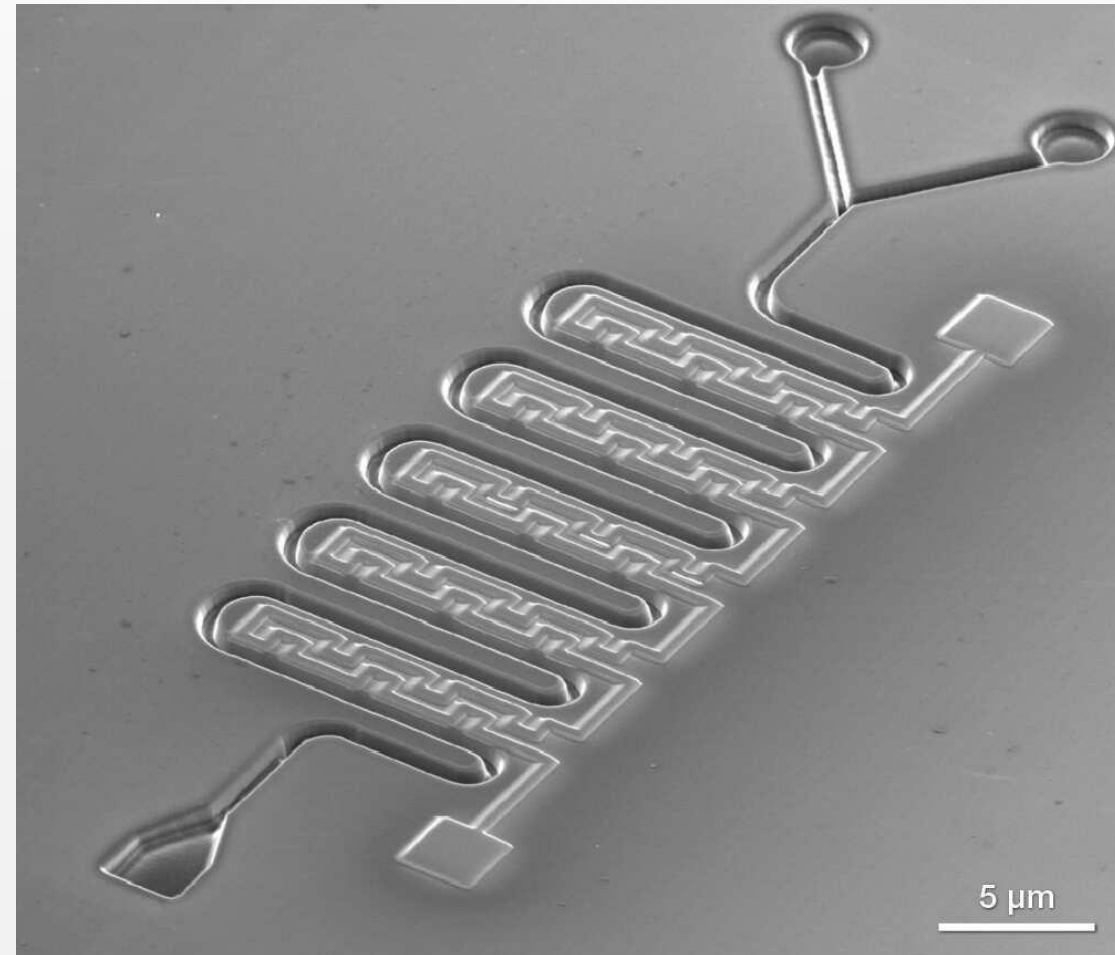
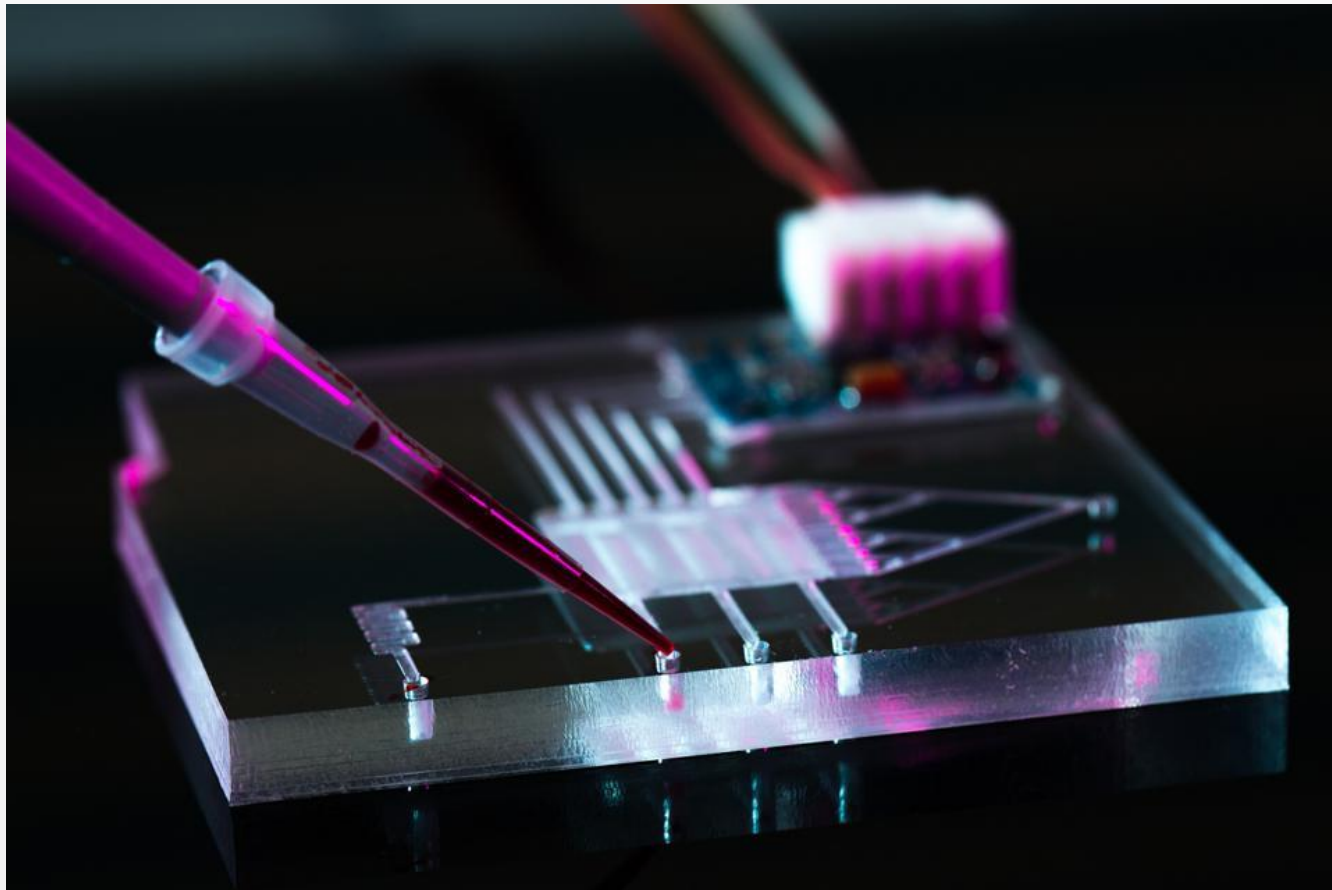
Mikro/nano tehnologije su tu već neko vreme

- Hemijski i biološki nano senzori
- Gasni senzori
- Mikrorezonatori,
- Infracrveni detektori
- Gorivne ćelije
- Nanosateliti (senzori, nove vrste pogona)
- Elementi za rakete i odbrambene sisteme



Mikro/nano tehnologije su tu već neko vreme

Mikro/nano fluidika, mikro/nano fluidni čipovi



Nanotehnologije su tu već neko vreme

Veliki broj NEMS (nano-elektro-mehanički-sistem) je već tu

- Izrađuju se principima obrade od gore-ka-dole i principima od-dole-ka-gore (hemijskim principima)
- NEMS ima konzole različitog tipa za:
 - AFM (za STM)
 - elemente hard diskova
 - nanofabrikaciju tehnikama štampanja
- NEMS sadrži elemente od:
 - Nano žice, nano cevi, kvantne žice, kvantne tačke, kvantni korali
 - Nanoslojevi, nano čestice
 - Molekularne zupčanike za transport benzenskih molekula
 - Nanošablone sa ponovljivim elementima



Nanomaterijali i nano oblici materijala

Neki od materijala ili oblika materijala koji su već razvijeni i koji postoje u primeni:

- Nanokompozitni materijali različitih vrsta
- Fulereni
- Nano cevčice (~30x čvršći od čelika)
- Grafen (~200x čvršći od čelika, velika el. i topl. provodljivost)
- MXene
- Samosastavljajući materijali
- Nanočestice
- Nanoporozni materijali
- Kompozitni materijali od svih navedenih nanomaterijala
- Nano slojevi, atomski slojevi



Nanomaterijali – primeri već u primeni

Nacionalna opera u Pekingu ima nekvašljiva -samočisteća stakla sa fotokatalitičkim Ti-O



Široko rasprostranjena primena ovakvih stakala

Nanomaterijali – primeri već u primeni

Borbeni avioni sa stealth tehnologijom (RAM) – 5. generacija



Suhoj SU-57 Pak-FA



F22-Raptor nadograđen

Nanomaterijali – primeri već u primeni

Kreme za sunčanje

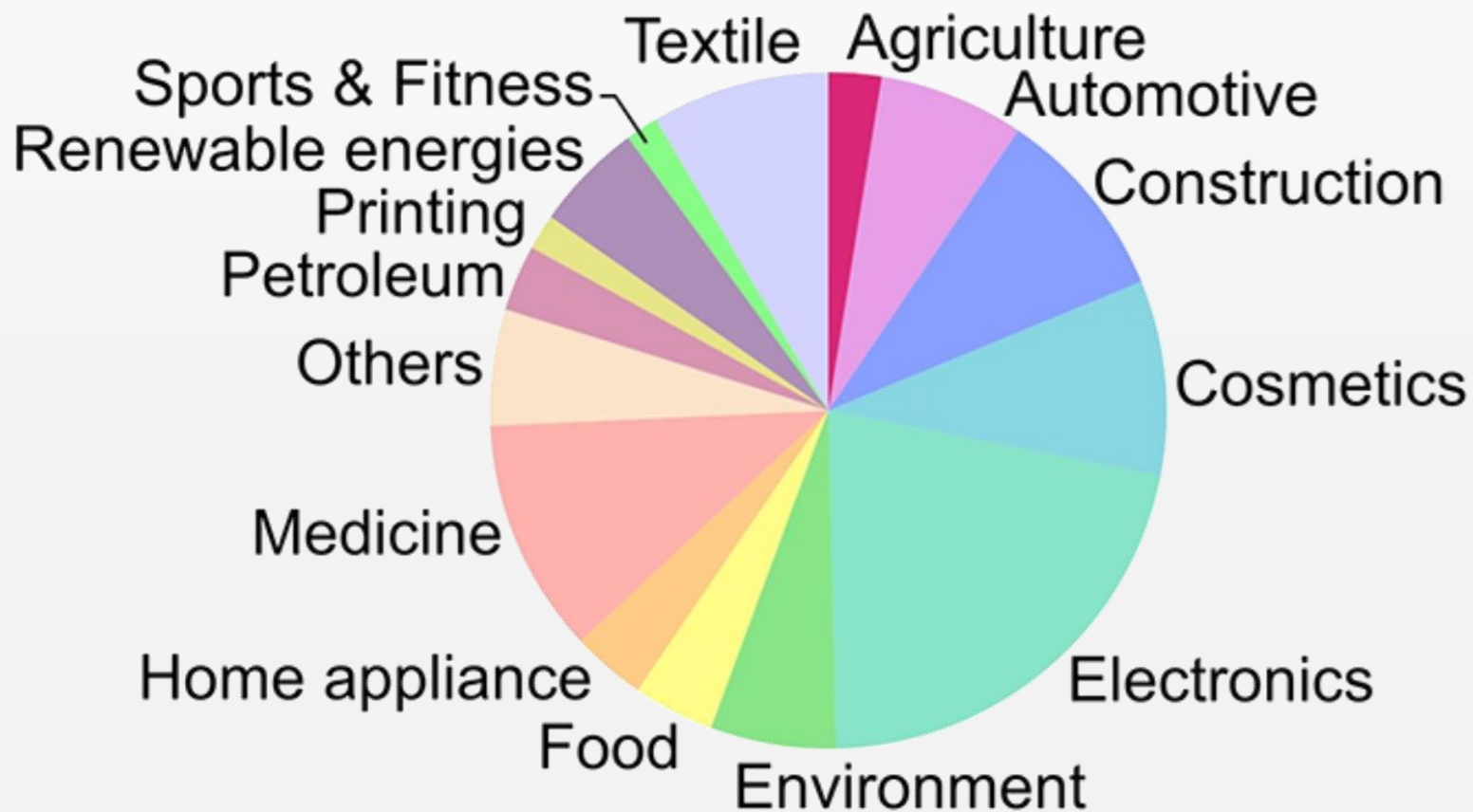


Tekstil



Nano proizvodi

Količina “nano” proizvoda za određenu vrstu industrije, info 2021



Nanotehnologije postaju normalna

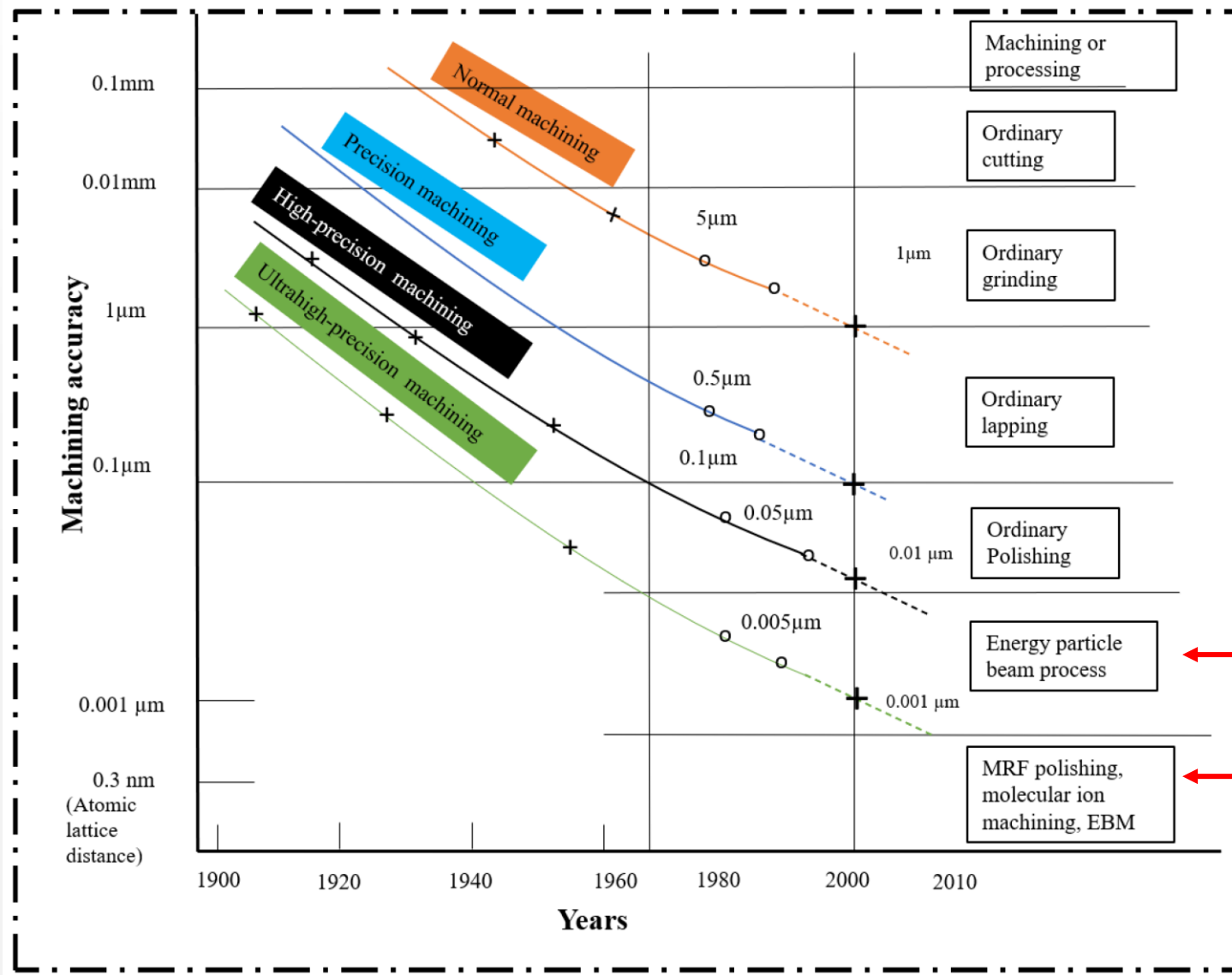
- 20 godina prisustva nanotehnologija u komercijalnim proizvodima je dovelo do toga da je njihova primena postala uobičajena i često se ne zna da li su uključeni u nekom proizvodu ili ne
- Nekada se kod proizvoda ni ne spominju termini:
 - **nano-tehnologije**
 - **nano- materijal**
 - **nano- struktura**
- Razvoj i nauka i dalje i te kako nastavlja razvoj u ovom pravcu

Nanotehnologije i mašinstvo

- Ultraprecizna obrada - *ultraprecision machining*
- Nanomehanizmi - *nanomechanisms*
- Izrada ultrapreciznih instrumenata i mašina – *production of nanoinstruments and equipment*
- Nanorobotika - *nanorobotics*
- Nanofabrike - *nanofabrication*
- Nano materijali - *nanomaterials*
- Obrada i proizvodnja nanomaterijala – *nanomaterial production*
- Nanomodifikacije - *nanomodification*
- Nanointerfejsi - *nanointerfaces*

Ultraprecizno mašinstvo i obrada

Ultraprecizna obrada – Taniguči – postizanje željene tačnosti obrade



Procesi nanolitografije

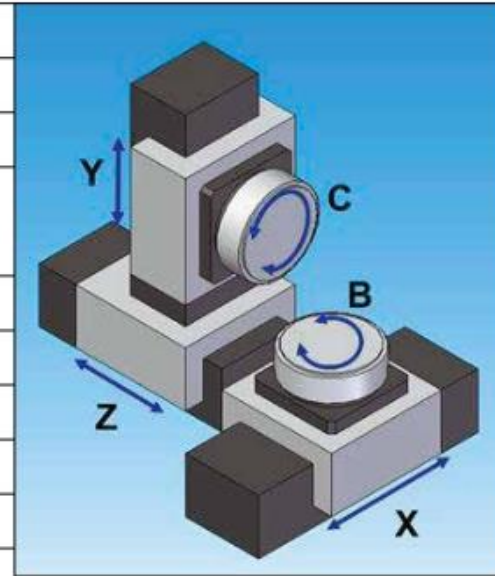
Atomske i molekularne depozicije, nanomanipulacije, obrade snopovima

Kontrola sa SEM, TEM, AFM i ostalim tehnikama

Ultraprecizna obrada



Stroke	X axis (horizontal linear)	450mm
	Z axis (horizontal linear)	300mm
	Y axis (vertical linear)	200mm
	B axis (horizontal rotation)	360°
	C axis (vertical rotation)	(continuous rotation)
Bearing type	Hydrostatic oil bearing (all axes)	
Command resolution	X, Z, and Y axes	0.1 nm
	B and C axes	0.000001°
Work-table area	B axis	∅215mm
Maximum feedrate	X and Z axes	1000mm/min
	Y axis	200mm/min
	B axis	3600° /min
	C axis	3600° /min
Motion accuracy	X axis	0.2 μm/450mm
	Z axis	0.2 μm/300mm
	Y axis	0.2 μm/200mm
	B and C axes	±3 arcsec / 360°
Tool-holding spindle	Maximum rotation speed	50000min ⁻¹
	Driving system	Aerostatic bearing, air turbine type
Mass of the machine	Approx. 3600 kg	



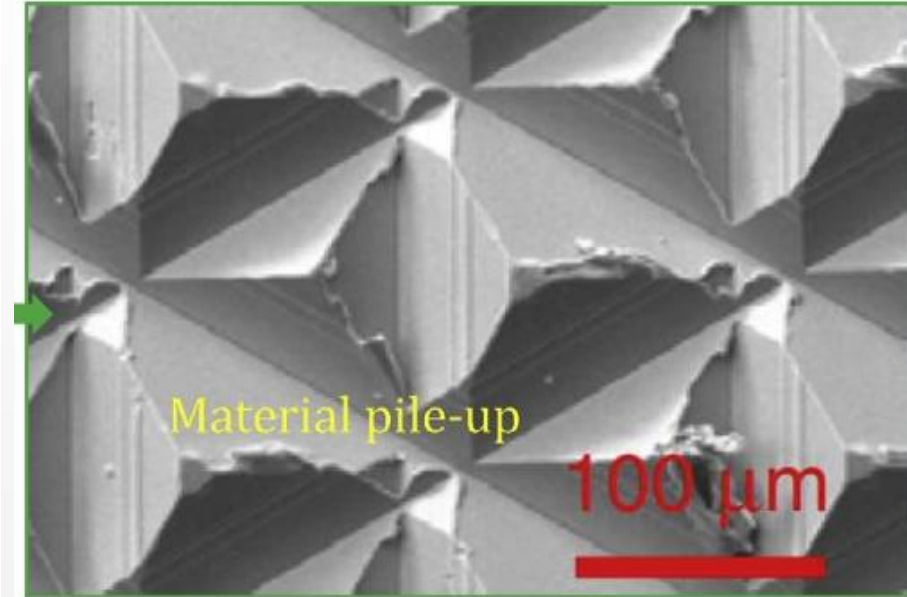
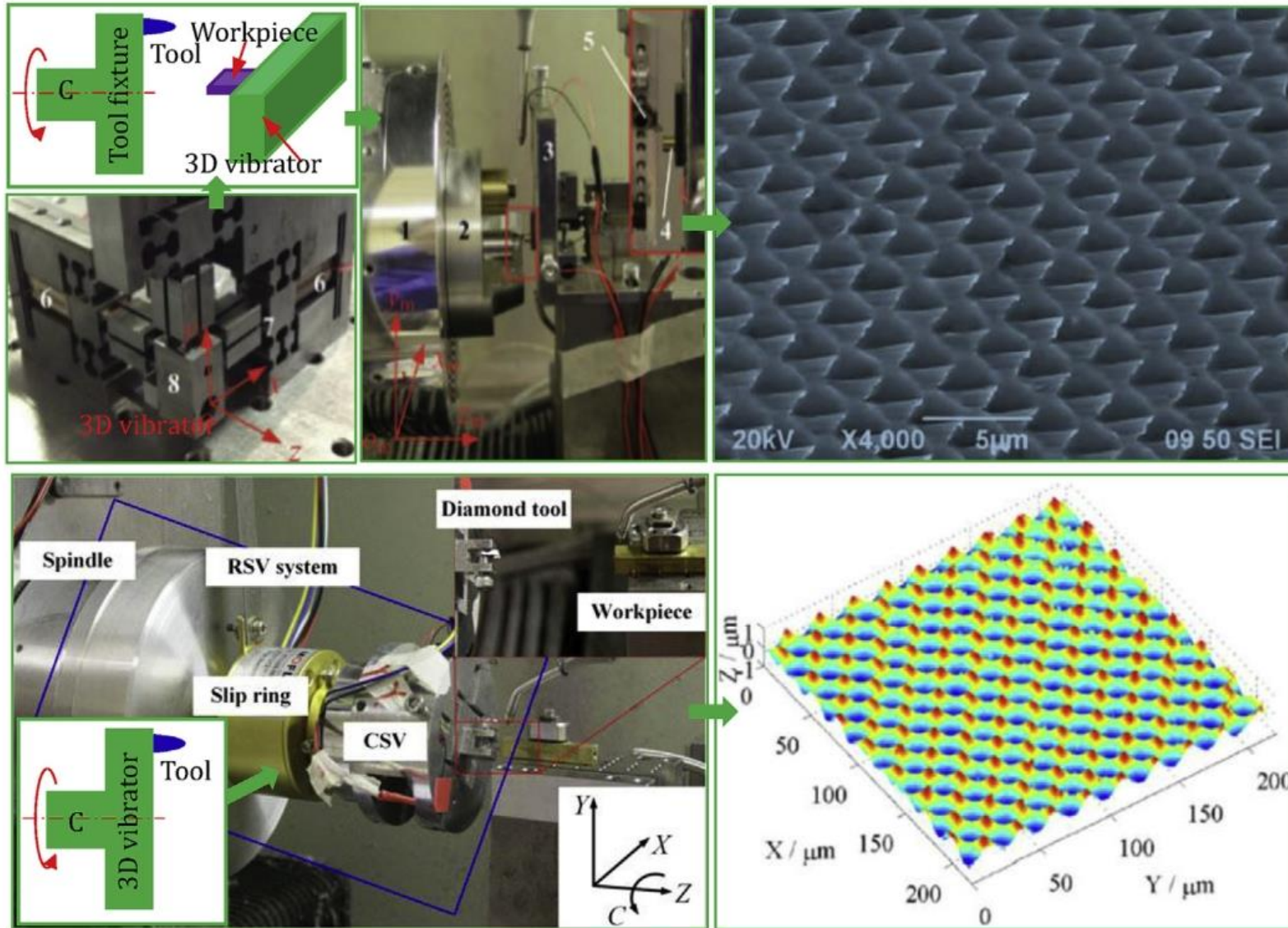
Ultraprecizna obrada



Toshiba-Shibaura

Main specifications		UVM-450C(H)	UVM-700C(H)	UVM-450D(H)	UVM-700E(5AD)
Travel	X axis	500mm	810mm	585mm	810mm
	Y axis	450mm	800mm	525mm	800mm
	Z axis	200mm	350mm	250mm	350mm
	A axis	OP: ±45deg	OP: ±45deg	-	±90deg
	C axis	OP: Limitless	OP: Limitless	OP: Limitless	Limitless
Table	Machining area	450mm×450mm C axis OP: Φ400mm	700mm×700mm C axis OP: Φ500mm	500mm×500mm C axis OP: Φ400mm	φ500mm
	Loading capacity	100kg C axis OP: 60kg	400kg C axis OP: 200kg	100kg C axis OP: 60kg	200kg
Spindle speed		6000-60000min ⁻¹	6000-60000min ⁻¹	6000-60000min ⁻¹	6000-60000min ⁻¹
Max. Feedrate		X, Y: 15m/min Z: 10m/min			
Programming resolution (Feedback resolution)		X, Y, Z: 0.010μm (0.0005μm)			
CNC system		FANUC Series 30i-MODEL B			
Machine size		2100mm×2250mm ×2240mm	2550mm×2490mm ×2360mm	2260mm×2130mm ×2420mm	2800mm×2700mm ×2750mm
Machine mass		4800kg	5600kg	4800kg	9700kg

Ultraprecizna obrada

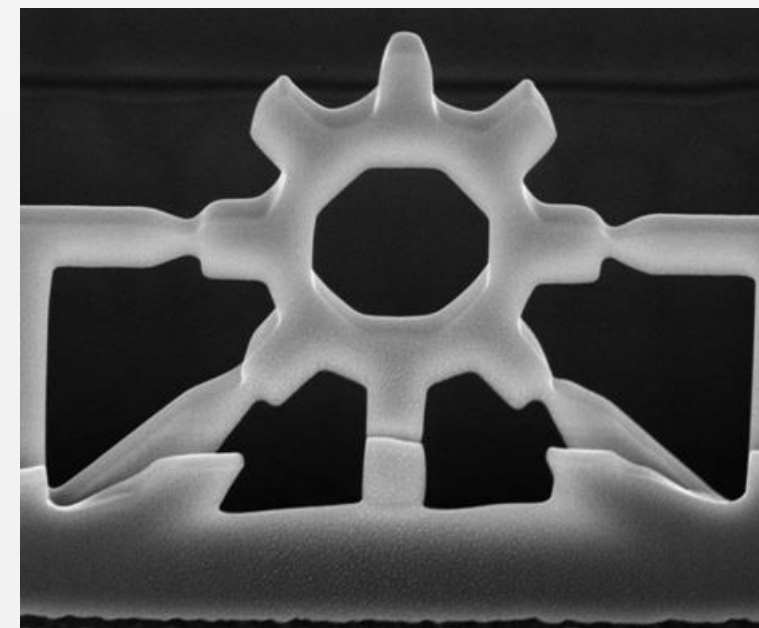
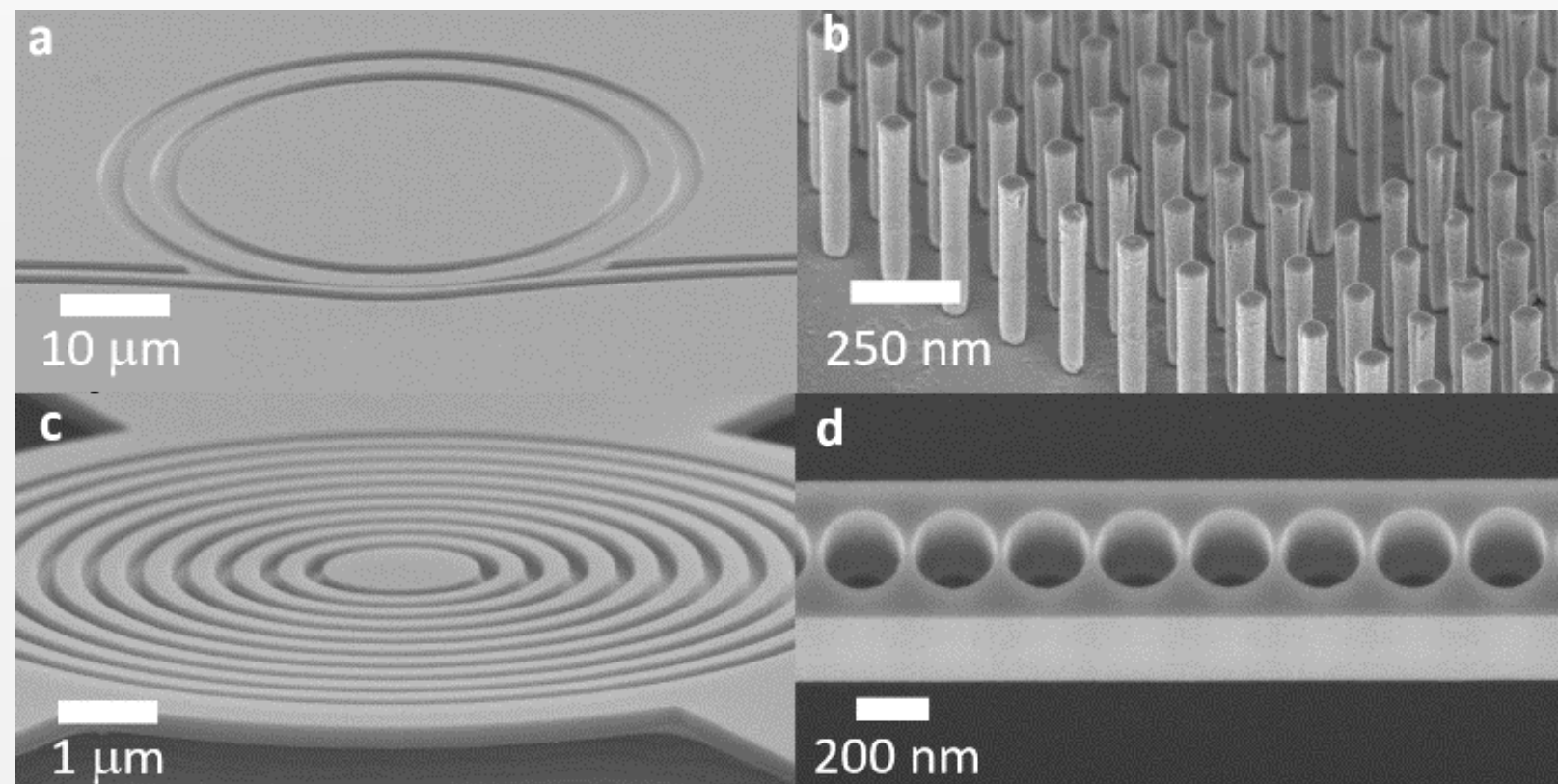


Problemi sa pucnama
i deformacijama

Rešenje su specifične vrste
nano obrada

Ultraprecizna obrada-Nano obrade

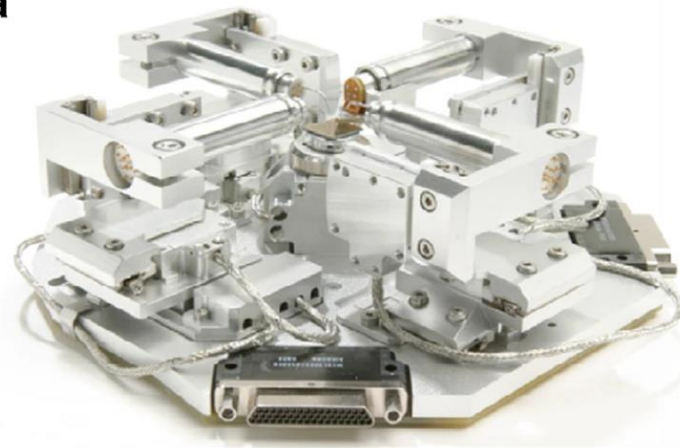
- Nanolitografije
- Nano obrade snopovima



Mikro/nano sastavljanje i manipulacija



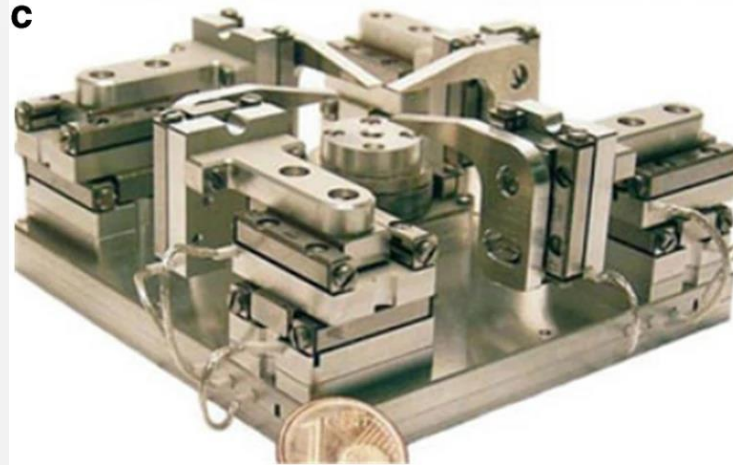
a



b



c



d



Mikro/nano sastavljanje i manipulacija

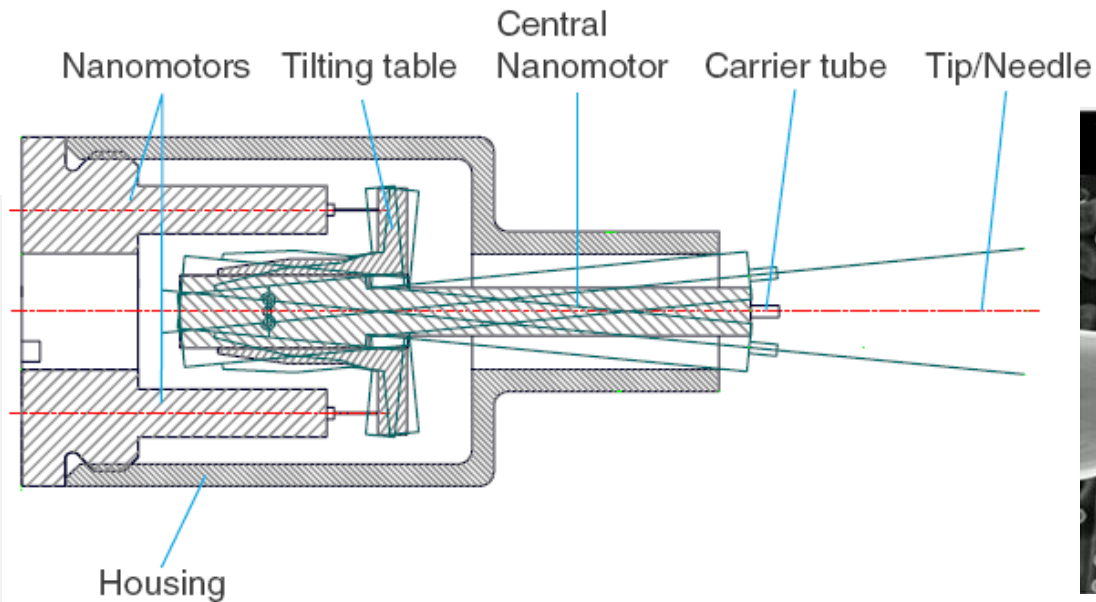
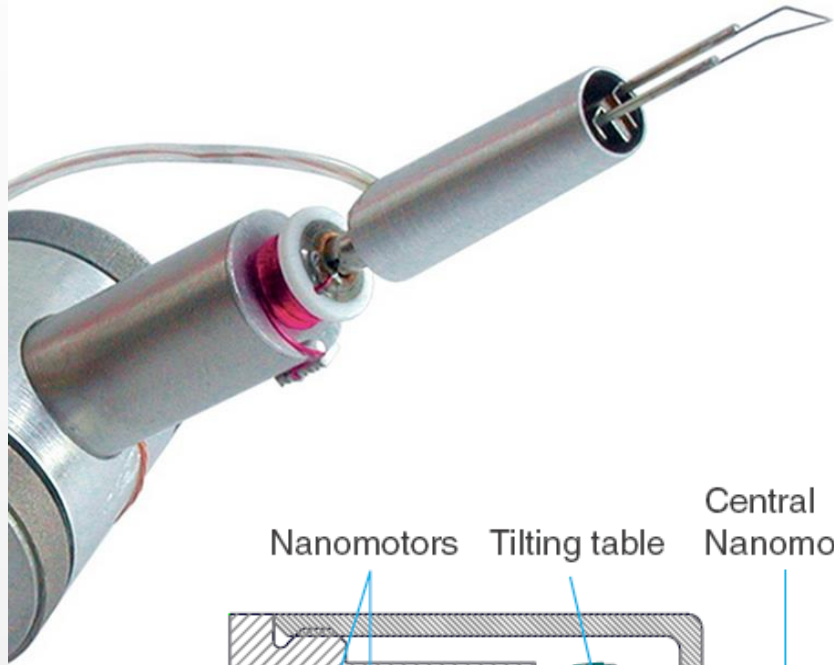
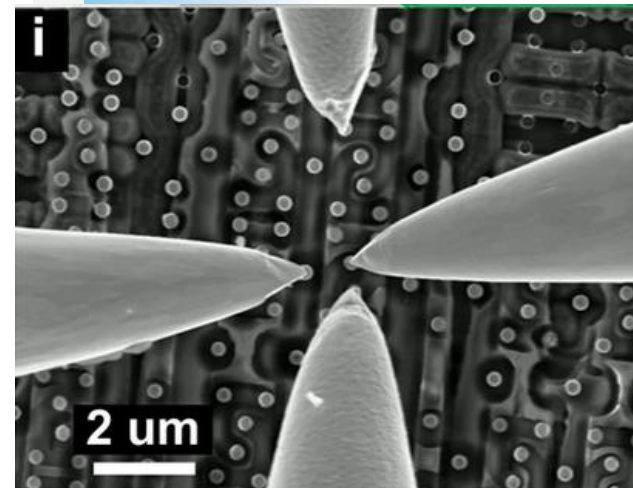


Fig. 2: Sectional drawing of the Nanomanipulator

- Extremely compact
- Tilting Table + central Nanomotor[®] for z movement
- 5 mm x 5 mm x 19 mm (z) stroke
- With different size and force available
- Single Nanometer resolution
- Thermal compensation if the central Nanomotor points downwards
- Free channel for tools



Ultraprecizno mašinstvo i obrada

Ultraprecizno mašinstvo je veoma važna za tehnologije jer:

- Ima veliki uticaj na razvoj nanonauke i nanotehnologija, pošto predstavlja **most između nanosveta i makrosveta**
- Potpuno menja dosadašnja shvatanja kako, kada i gde će proizvod biti izrađen – na primer: u svemirskom brodu, u sred operacionog zahvata na operacionom stolu, itd.
- Strateška tehnologija jer će omogućiti da se prevaziđu komparativne prednosti SAD – smanjenjem investicionih ulaganja, smanjenjem prostora i energije potrebne za rad, dobijanjem pokretljivosti itd.

Ultraprecizno mašinstvo i obrada

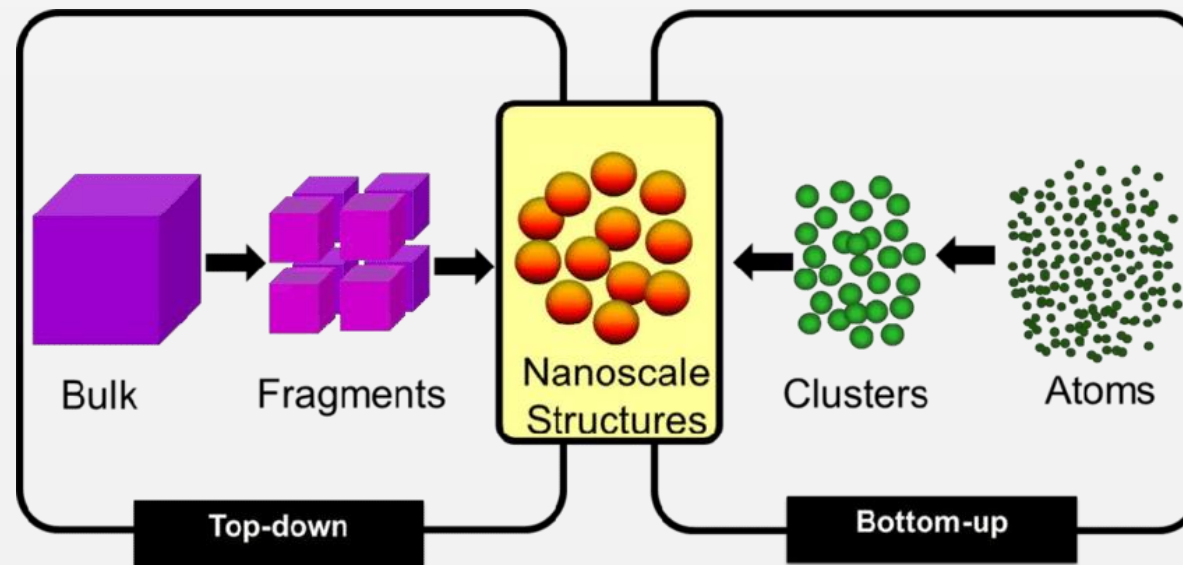
Budućnost razvoja ultrapreciznog mašinstva nije sporna, ali treba rešavati:

- Poboljšanje nanotačnosti u dimenzijama i obliku 3D objekata veoma malih dimenzija
- Potreba za multi-funkcionalnim mašinama, (koje obrađuju i mere istovremeno).
- Rešavanje problema sa rukovanjem komada nano dimenzija
- Sklapanje je danas veći problem od izrade. Izrada uređaja za nanomanipulaciju.
- Razvoj metrologije je neophodan, posebno za in-situ kontrolu.
- Smanjenje cene opreme
- Istraživanje i bolje razumevanje uticaja nanodimenzionog opsega na kvalitet procesa izrade
- Uticaj kvaliteta i strukture materijala predmeta obrade na fenomene ultrapreciznog mašinstva.

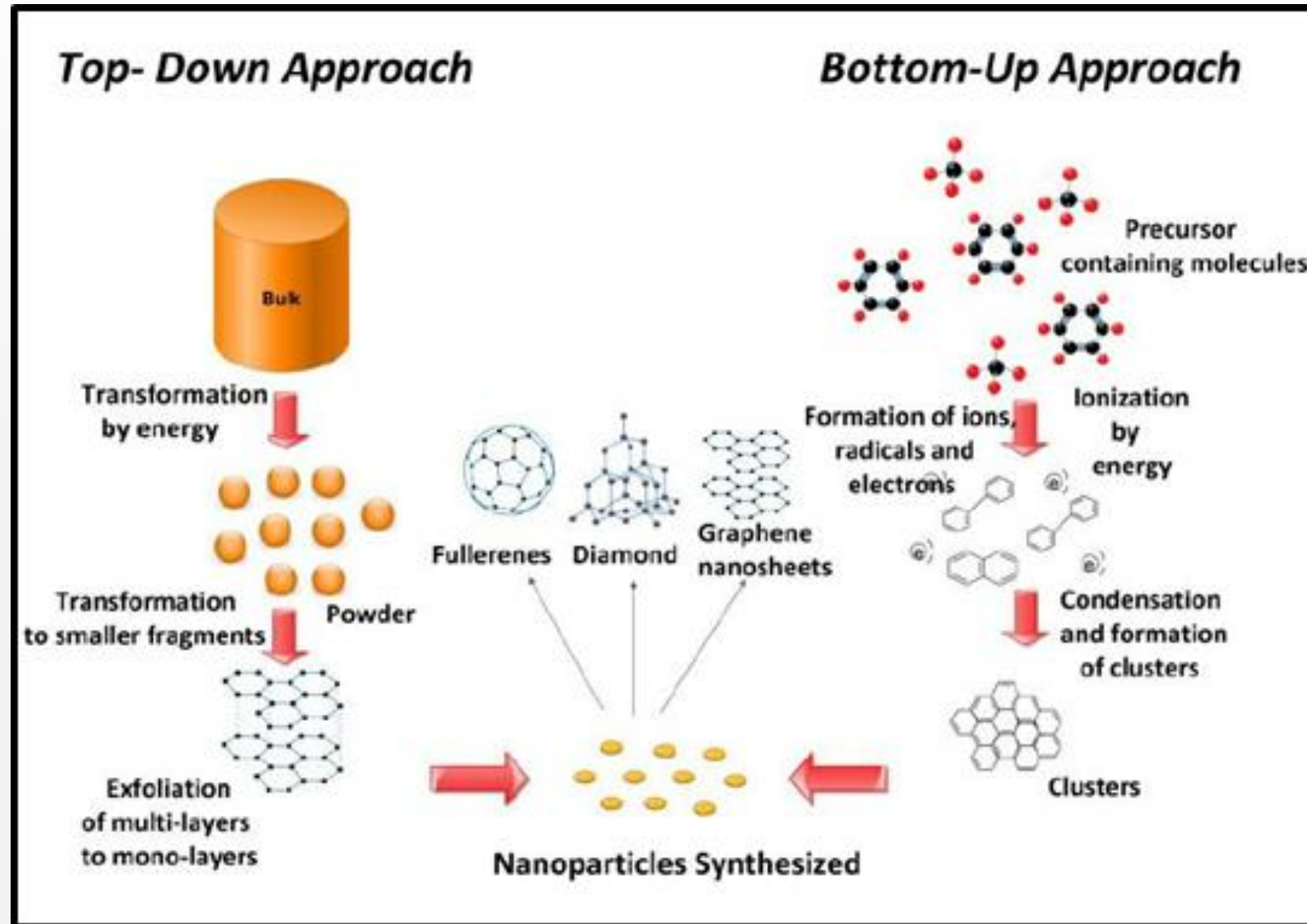
Pristup obradi i/ili izradi u nanodomenu

Promena paradigme prilikom obrade materijala i formiranja 3D oblika u nano svetu

- Do sada >> Top-bottom pristupom
- U nano svetu je jednostavnije i preciznije >> Bottom-up pristupom



Pristup obradi i/ili izradi u nanodomeni

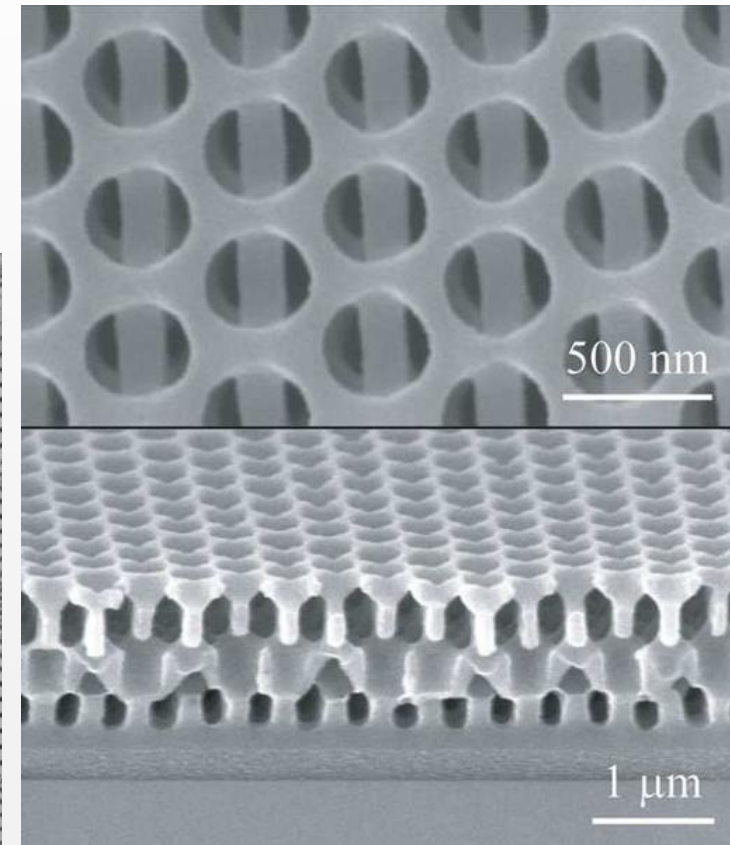
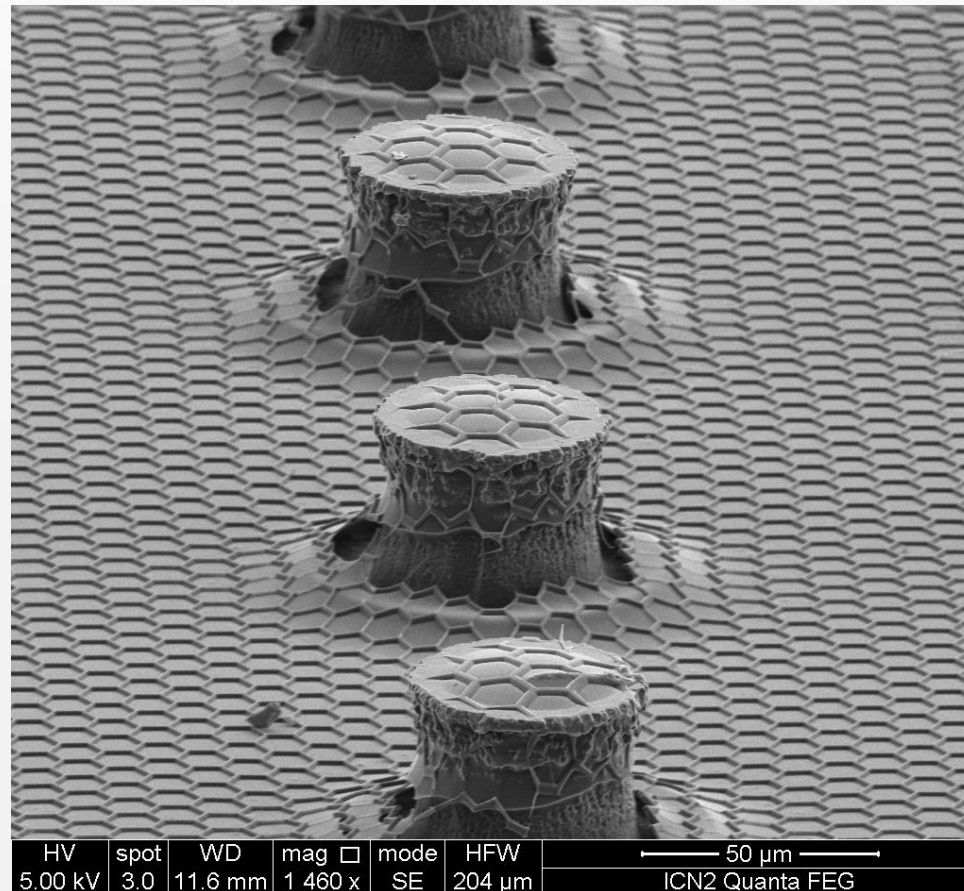
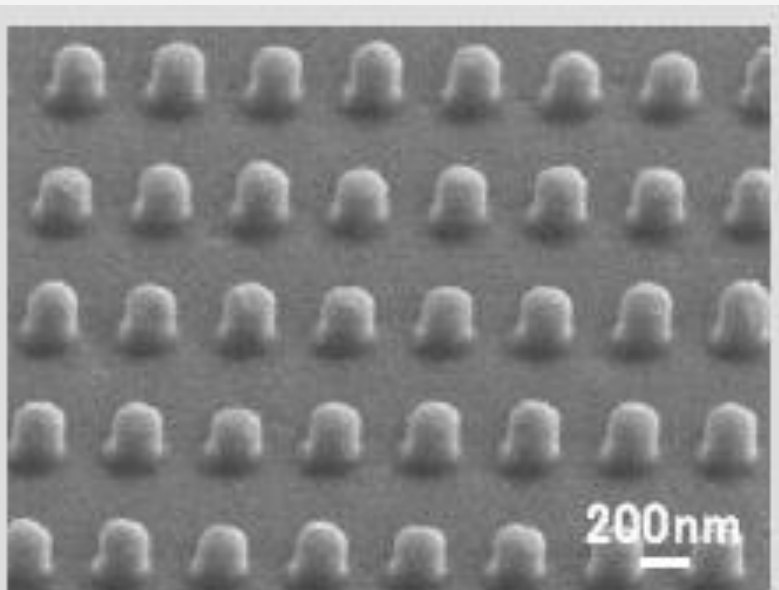


Tehnike nano fabrikacije – nano obrade, nano fabrike

- Serijska i/ili masovna proizvodnja nano elemenata ili delova sa nano strukturama

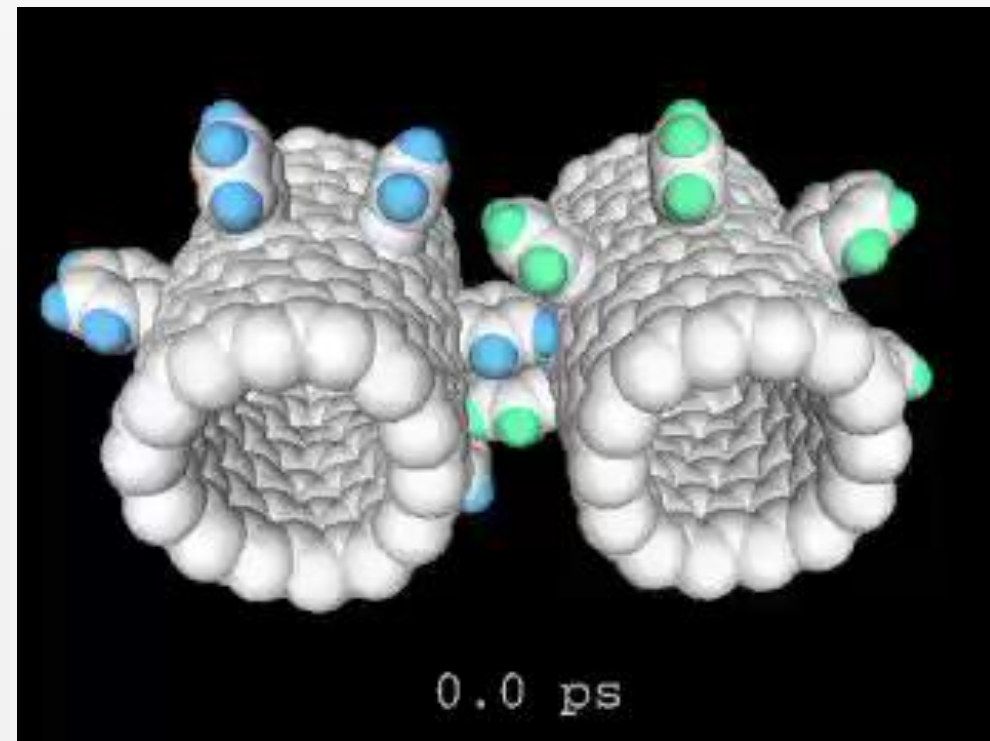
- NIL

Nano imprint lithography

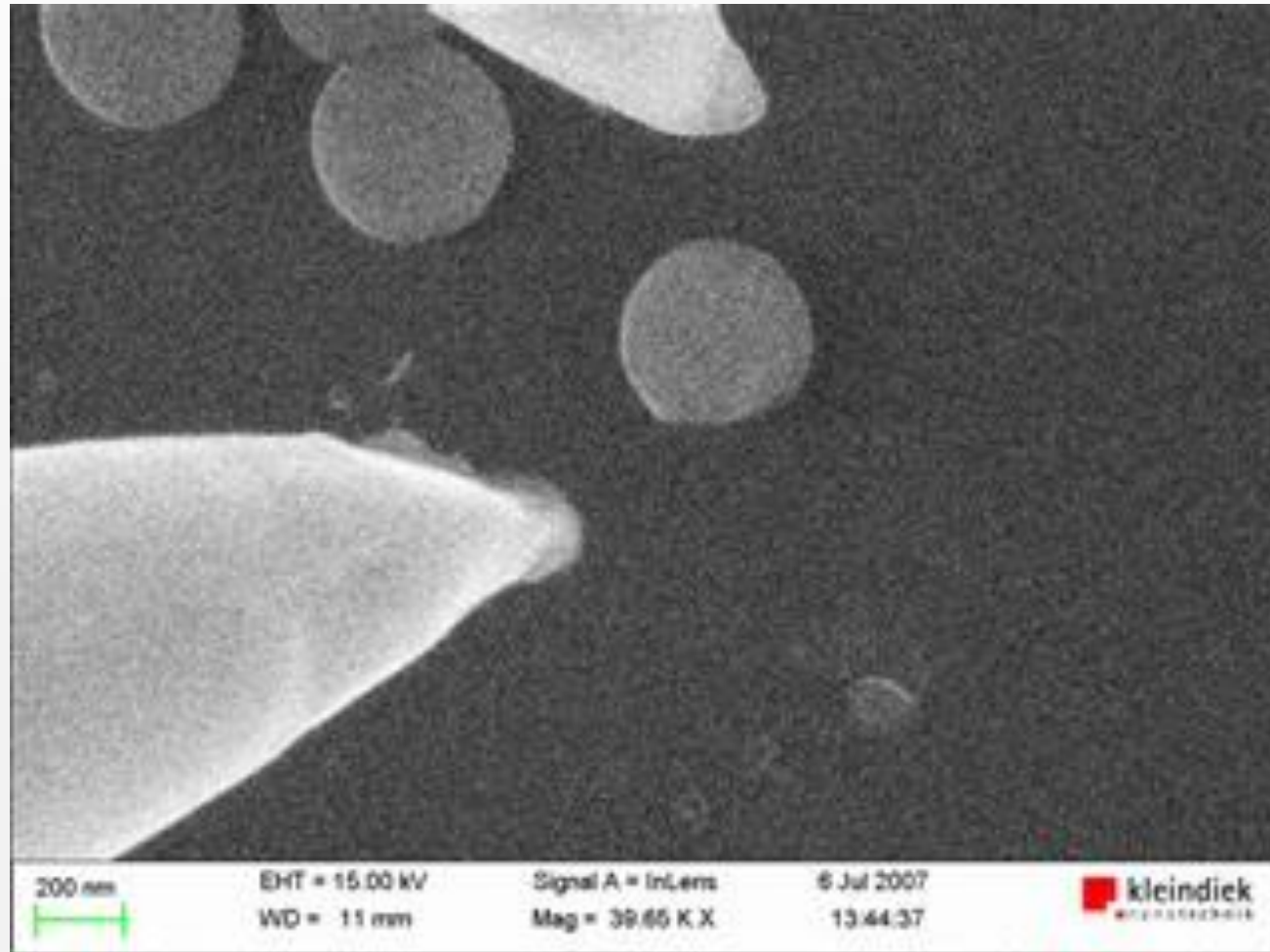


Nano mehanizmi

- Dijamantska mehanosinteza (DMS) ili fabrikacija putem molekularnog pozicioniranja - formiranja lokalnih kovalentnih veza uz pomoć upotrebe preciznih mehaničkih sila, sa ciljem da bi se izgradila dijamantska struktura
- DMS materijali poseduju visoku tvrdoću i čvrstoću



Nanomanipulacija



Samosastavljanje

Samosastavljanje je proces u kojem čestice ili materijal nanoveličine spontano organizuju unapred predviđene komponente u tačno određene superstrukture.

Strukture sposobne za konverziju energije iz jednog oblika u drugi i za skupljanje energije. Nps pretvaranje solarne energije u neki drugi vid

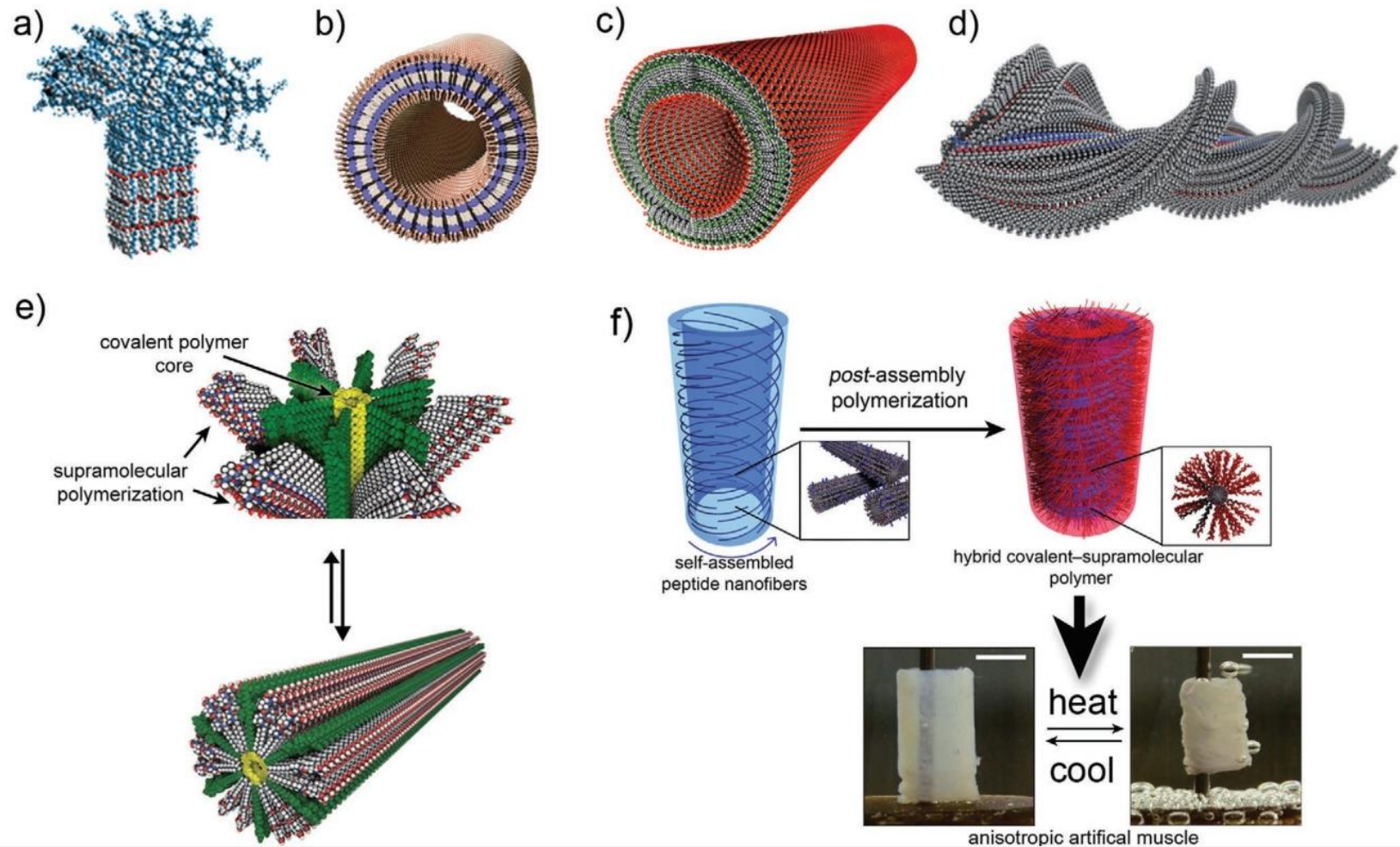


Figure 2. Selected examples of self-assembled supramolecular nanostructures reported over the past few decades. a) Mushroom-shaped supramolecular object, b) bilayered nanotube, c) amphiphilic chromophore nanotube with inner and outer exciton coupling, d) hydrogen-bonded twisted-sheet supramolecular polymer, e) hybrid covalent-supramolecular polymer synthesized by simultaneous covalent and noncovalent polymerization, f) hybrid covalent-supramolecular polymer synthesized by postassembly ATRP polymerization onto the cylindrically aligned peptide nanofibers.

Nanorobotika

U medicini

- Ciljana dostava lekova
- Pomoć u hirurgiji
- Dijagnostika
- Detoksikacija

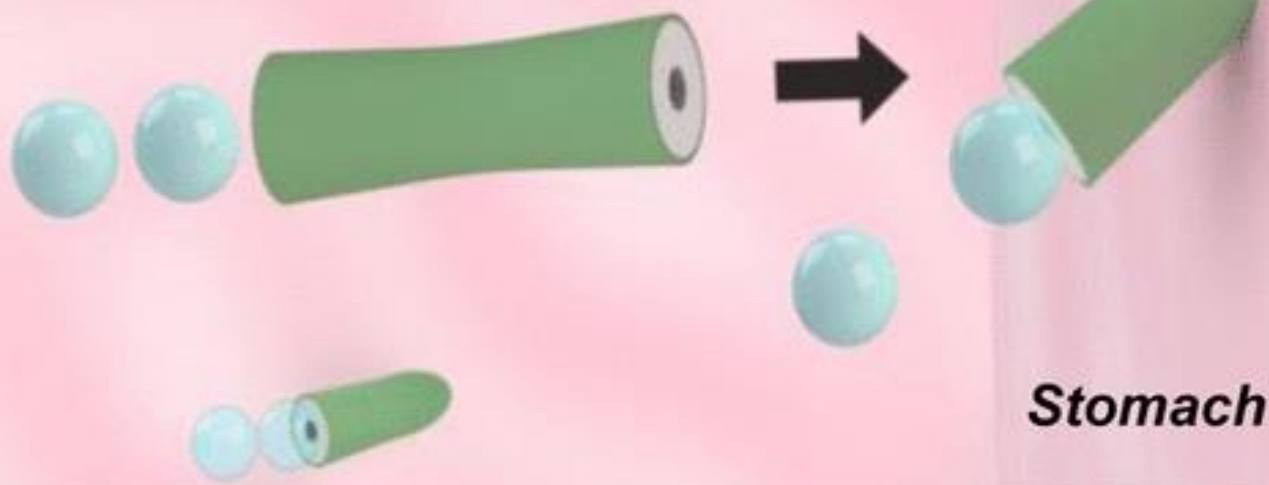
U svemirskoj tehnologiji

U vojnoj tehnologiji

U proizvodnji za izradu u nano sklopova



Micromotors In Vivo

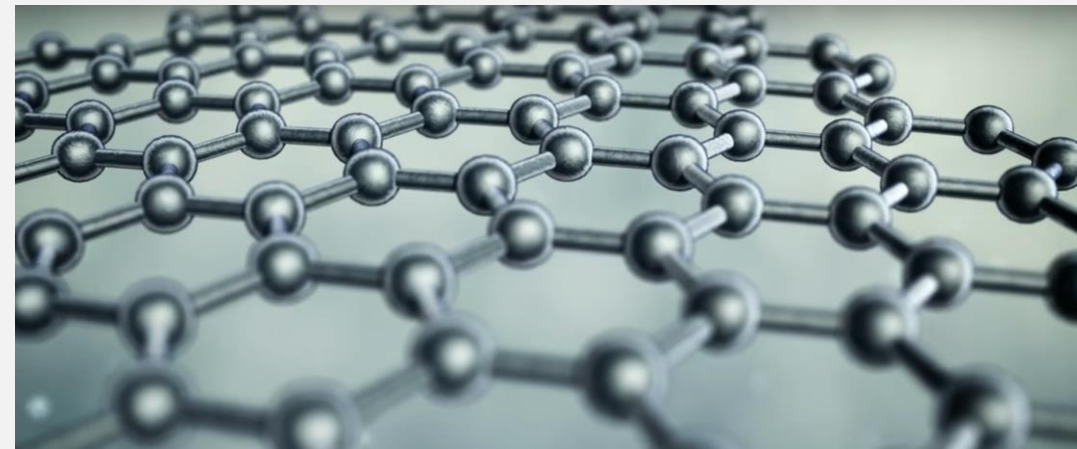


Proizvodnja naomateriala

- Razvoj novih materijala suštinski utiče na inženjerska dostignuća.
- Stoga je razvoj novih materijala jedan od glavnih pravaca razvoja u nanotehnologijima
- Materijali manje gustine a viših mehaničkih osobina

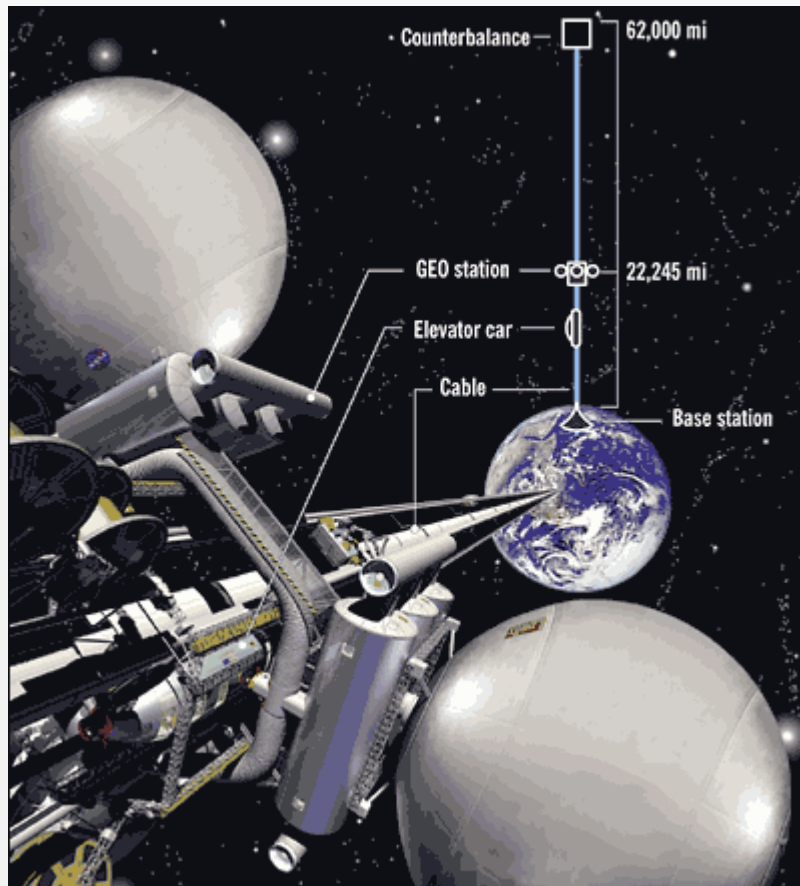
Razvoj materijala iz sledećih grupa

- Novi nano materijali
- Konvencionalni materijali proizvedeni kao nanostrukture
- Kompozitni materijali



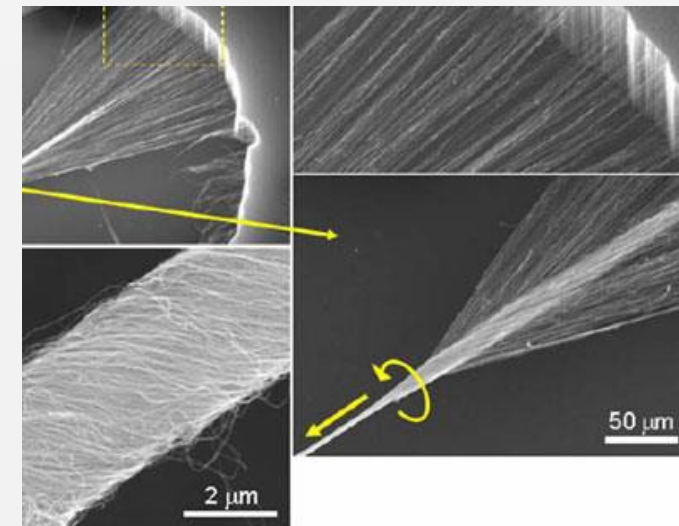
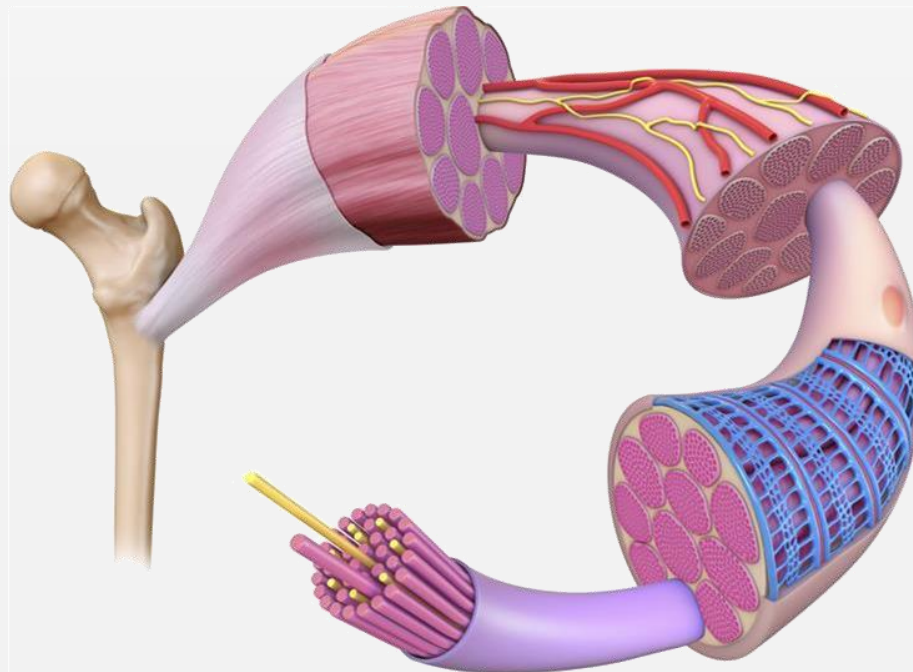
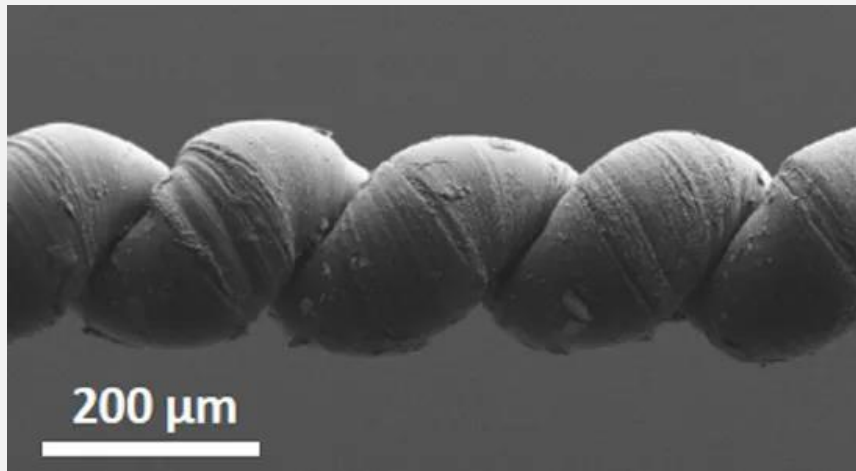
Nanomaterijali - Svemirski lift

Predviđa se razvoj superčvrstog kompozita – tri do 5 puta lakšeg od čelika i isto toliko čvršćeg, da bi se ostvarila konstrukcija lifta koji će teret sa zemlje podizati u svemirskoj stanici.

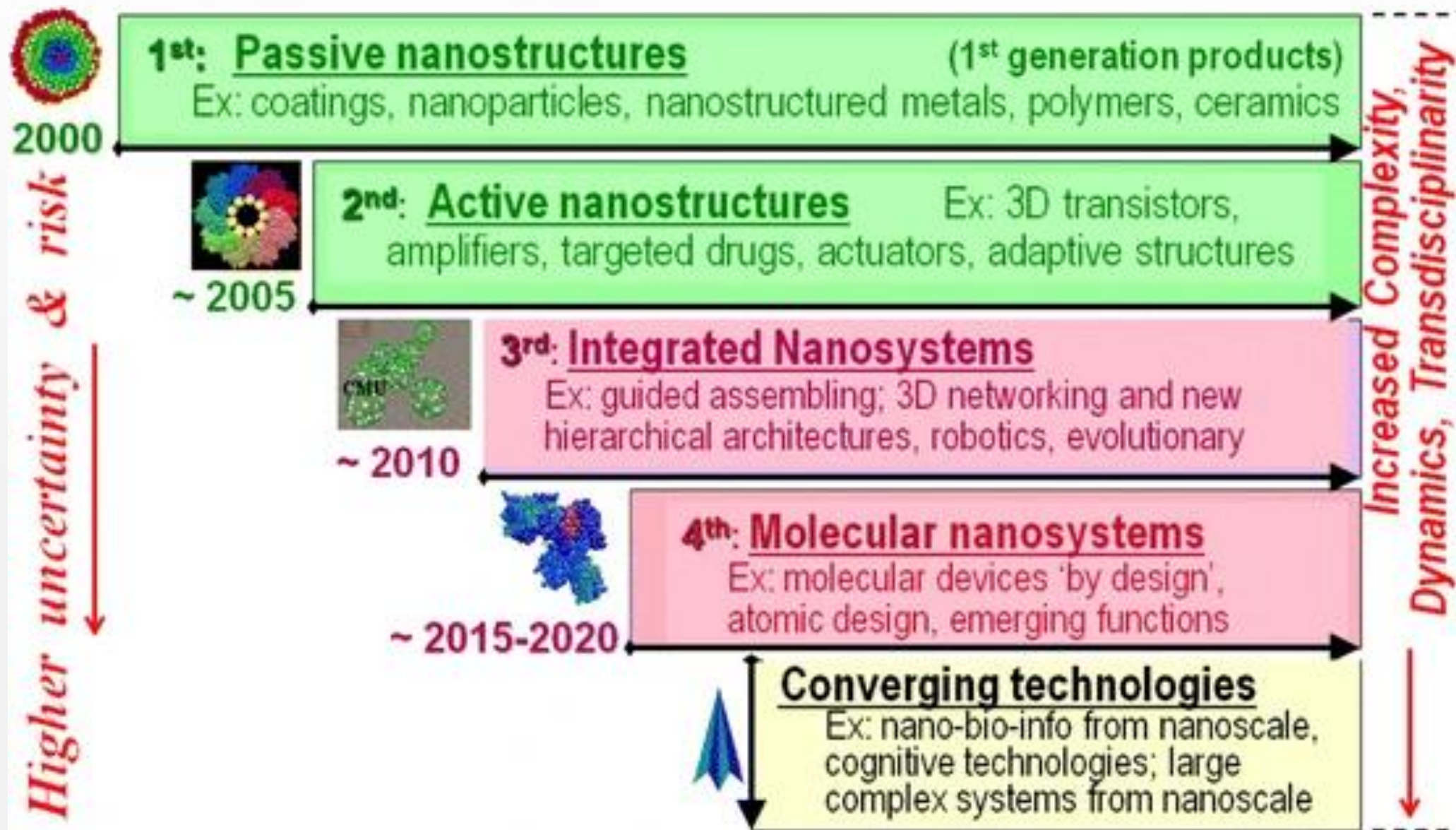


Nanomaterijali i nanostrukture u biomedicinskim primenama

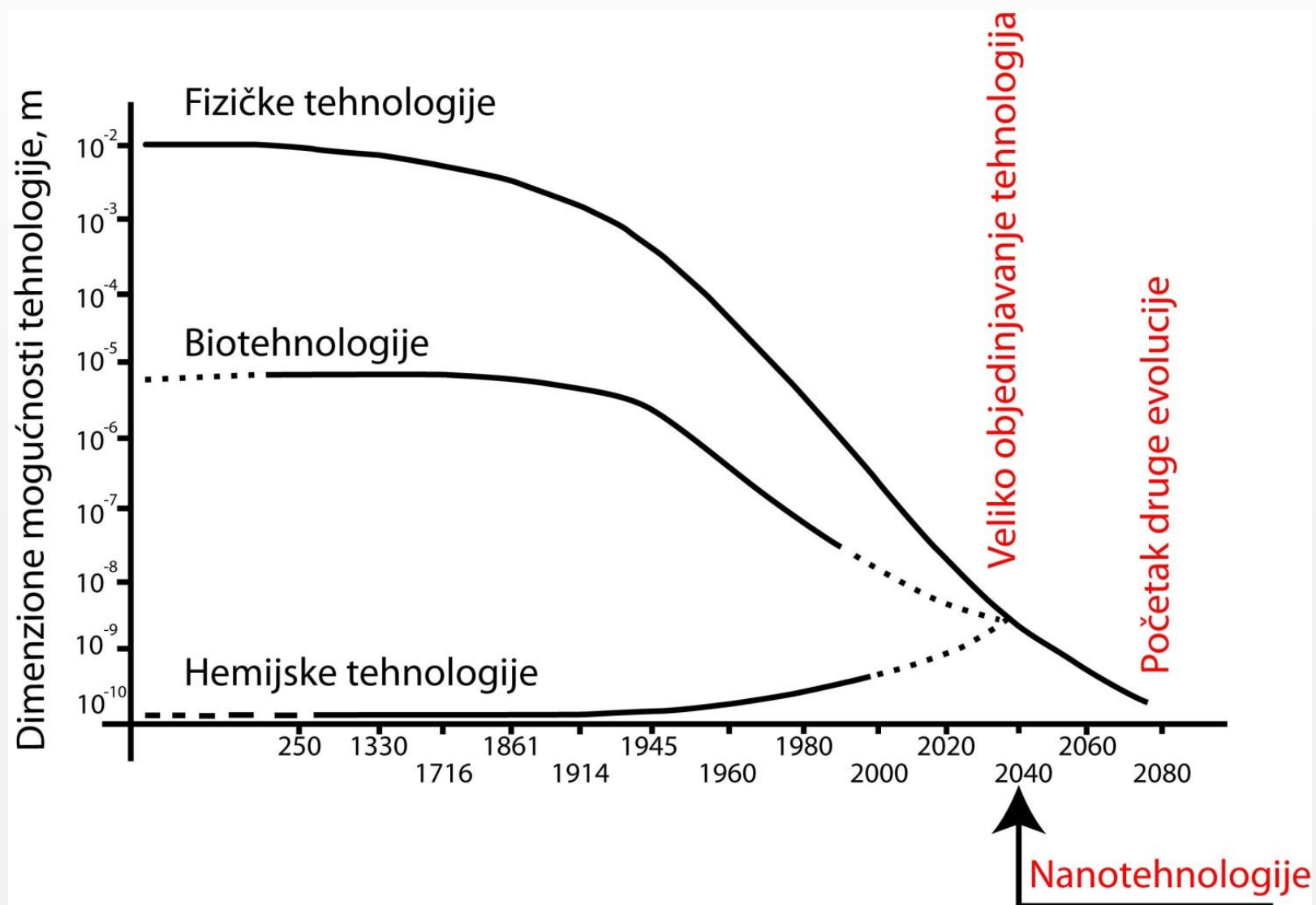
- Nano senzori za dijagnostiku bolesti organizma u ranim stadijumima
- Ciljana isporuka lekova (nano školjke, lipidne kapsule)
- Veštački mišići velike čvrstoće i električno upravljivi
Ugljenične nano cevi



5 generacija u razvoju nanotehnologija

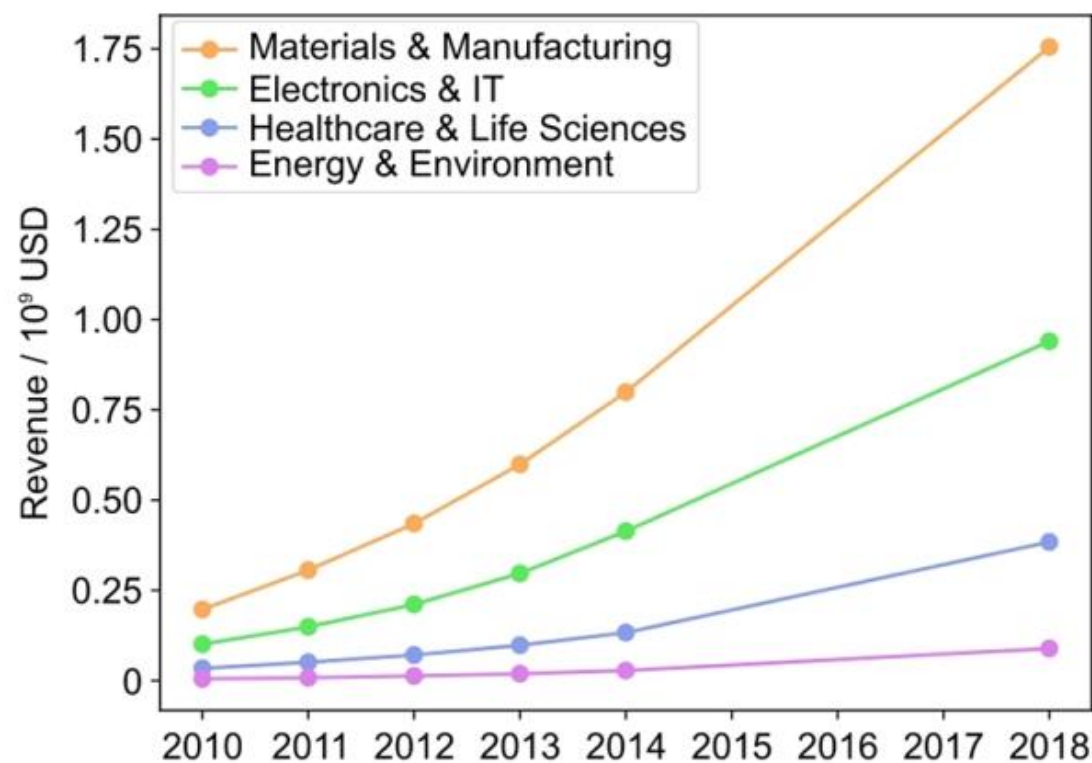
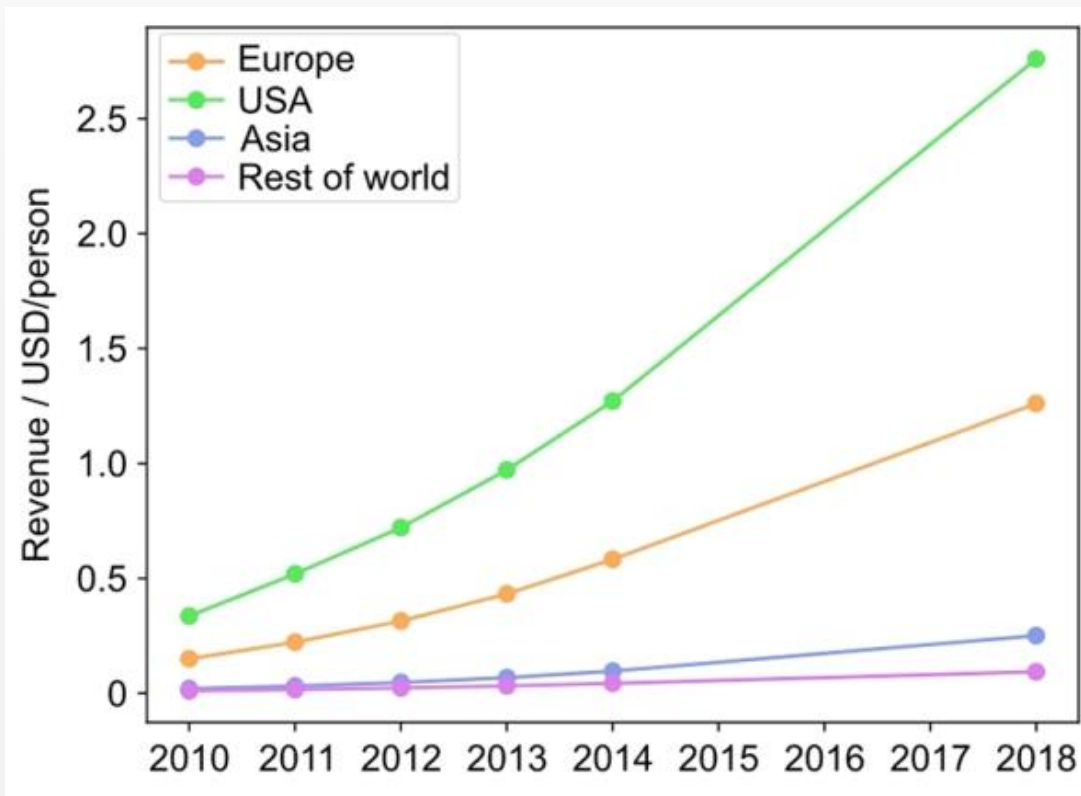


Objedinjavanje tehnologija



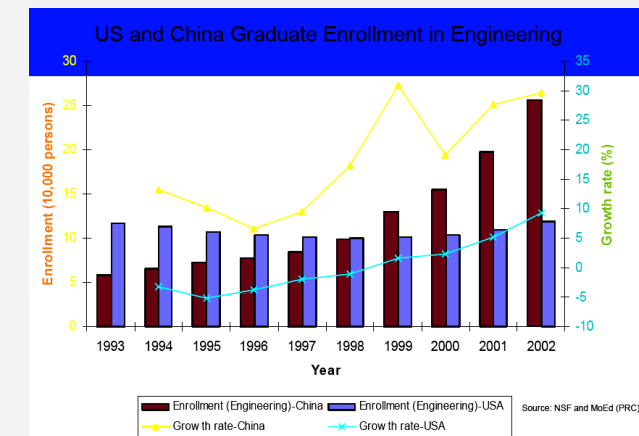
Tržište i profit od nanotehnologija

- U skladu sa predviđanjima od pre oko 15 godina
- Tržište nanoprodukata i nanotehnologija već enormno raste



Problem edukacije

- Problem edukacije je veoma važan za dalji razvoj nanotehnologija, ali i za rešavanje niza problema vezanih za primenu nanoprodukata.
- Neke od nanotehnologija mogu biti veoma opasne po ljude i čovekovu sredinu tako da se edukacijom nadležnih mogu bitno sprečiti mogućnosti slučajnih nesreća, namernih terorističkih dejstava ili zloupotreba pojedinaca.
- Tehnologije povezane sa mašinstvom uglavnom su bezopasne, ali to nije slučaj sa nanogenetikom, nanohemijom, nanomedicinom, nanofarmakologijom, itd.

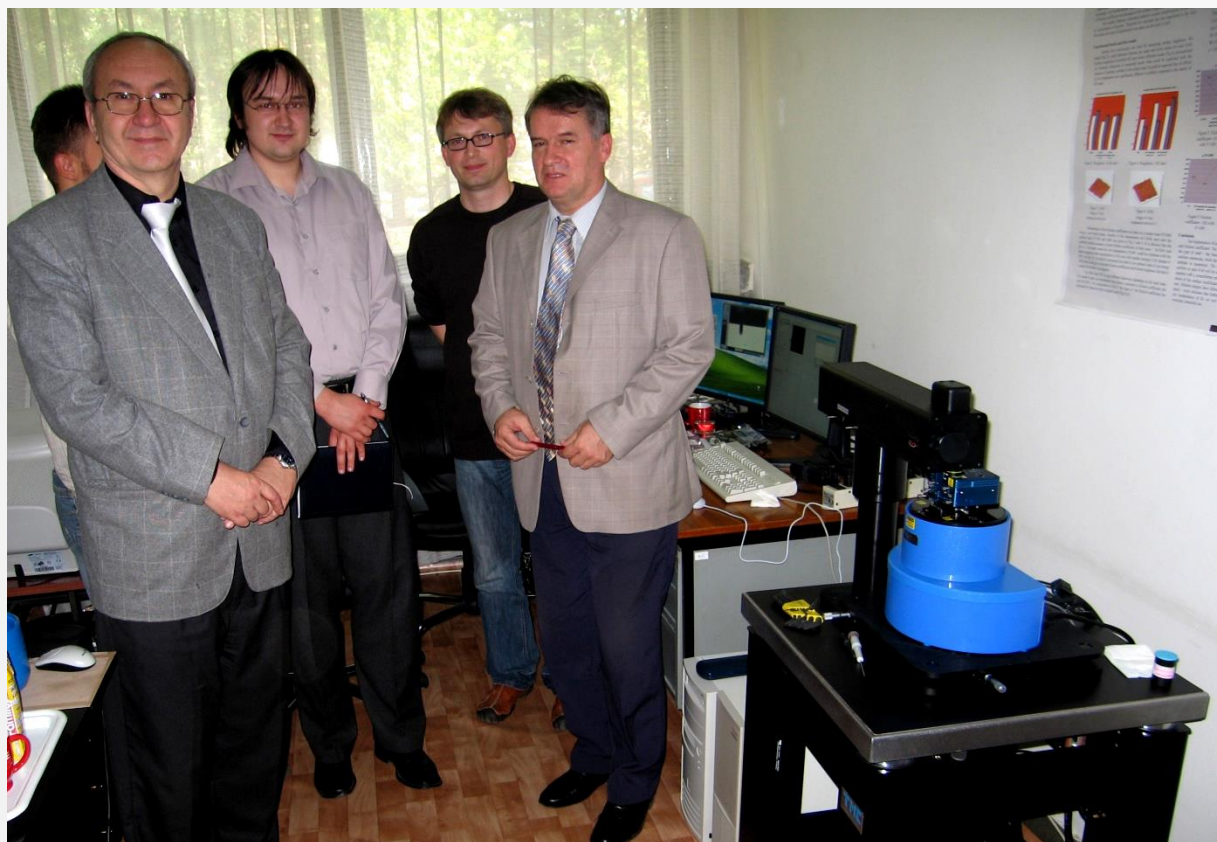


Nanotehnologije na DPM

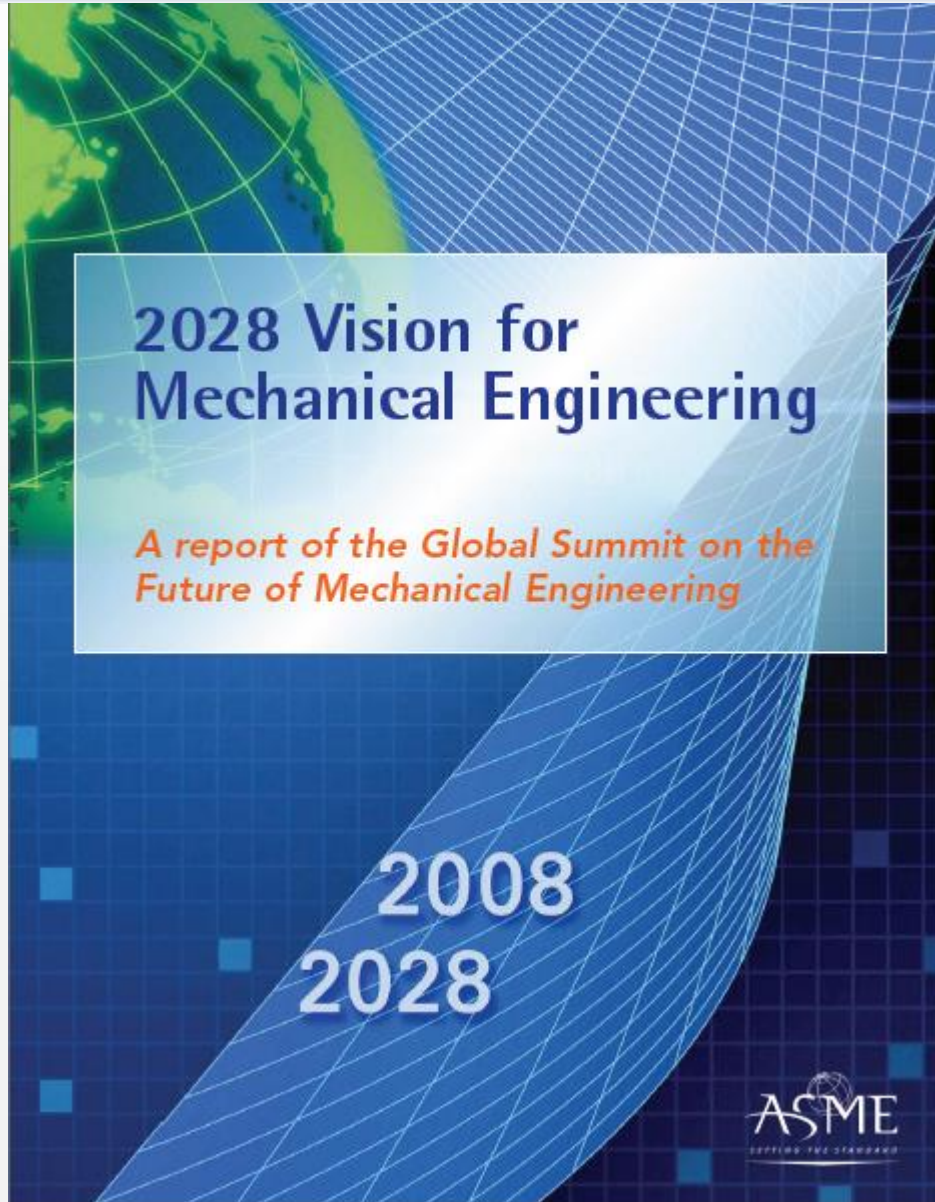
FTN – Institut za proizvodno mašinstvo je osnovao **Centar za inženjerstvo površina i nanotehnologije** – 2005 u decembru. Jedna od aktivnosti centra je širenje znanja o nanotehnologijama, privlačenje mladih za rad u ovoj oblasti.

Na FTN – Departman za proizvodno mašinstvo, smer tehnologije u mašinstvu – je uveden kao redovan predmet studija – **Nanotehnologije**.

Na istom departmanu postoje doktorske studije sa predmetima koji obuhvataju razne oblasti nanotehnologija.



Nanotehnologije mašinstvo



ASME convened more than 120 engineering and science leaders from 19 countries representing industry, academia and government to a global summit in Washington, D.C., April 16-18, to imagine what mechanical engineering will become between now and 2028

Inženjerstvo prve četvrtine 20 veka

Izazovi

Uz pomoću novih tehnologija razviti kontrolu održivost jer je ona ugrožena velikim finansijskim razvojem

Biti spreman na specifični razvoj sistema veoma velikih i veoma malih dimenzija

Raditi na razvoju bio-nano problematike

Rešavati inženjerske probleme proizvoda populacije koja živi sa manje od 2\$/dnevna

Inženjerstvo dominirano veoma velikim i veoma malim sistemima

Neophodna je multidisciplinarnost i inženjerstvo na različitim nivoima da bi se rešili ti problemi

Inženjerstvo sistema će uključiti veoma mnogo znanja iz mašinstva

Nano-Bio budućnost

Razvoj nauke dominiran nano i biotehnologijama koje su prisutne u različitim sferama našeg života

Inženjeri će primenom tih znanja rešavati problema u medicini, energetici, upravljanju vodama, poljoprivredi i zaštiti životne sredine



Helmut Kaiser
Consultancy
Unternehmensberatung

中国凯萨
CHINA KAISER
咨询 Consultancy



STRATEGY	RESEARCH	MARKET STUDIES	BUSINESS SERVICE	PORTFOLIO MANAGEMENT	PROJECT REALISATION
Technology-Market, Stockmarkets Worldwide	State of Science, Trends and Waves, Technologies	Multi-client, Exclusive, Political	Business Development, JV, M+A, Audits	Investment & Investor Service, Change-Management	Management, Coaching, Consulting

21. Century Trends
This study is updated in 2006, for the detailed table of contents please ask us.
Study: Nanotechnology2015
 Nanotechnology 2015 and the Convergence with Biotechnology, Information technology and Neural technologies(Brain science, Cognoscience, Cognitive science)
 Nanotechnology 2015. Converging nano-bio-neural-info-technologies 2002 to 2015
 State of Science, technologies 2003 and expectations up to 2015 and prospects up to 2025. Markets and Market development 2002- 2003-2006-2010-2015 and Prospects, Companies, Competition, Branches, Applications, Regions, Countries, Worldwide Opportunities and Risks and Strategies.

11. Reply Form/Order

Helmut Kaiser Consultancy
 Sigwartstrasse 20
 72076 Tübingen

Tel: +49 (0) 7071 67001
Fax: +49 (0) 7071 68086

Study: Nanotechnology 2015

We would like to order:

Price in Euro (per segment)

- | | | |
|--------------------------|------------------------------|----------------|
| <input type="checkbox"/> | Total Study Worldwide | 4.900,- |
| <input type="checkbox"/> | Segment of one country | 2,000,- |
| <input type="checkbox"/> | Segment: West Europe | 4,000,- |
| <input type="checkbox"/> | Summary | 2,900,- |

Payment: 50% have to be paid upon ordering, 50% upon delivery. All prices plus V.A.T., if applicable.

We request that you contact us before we make a final decision.

We are interested in: _____



Hvala na pažnji