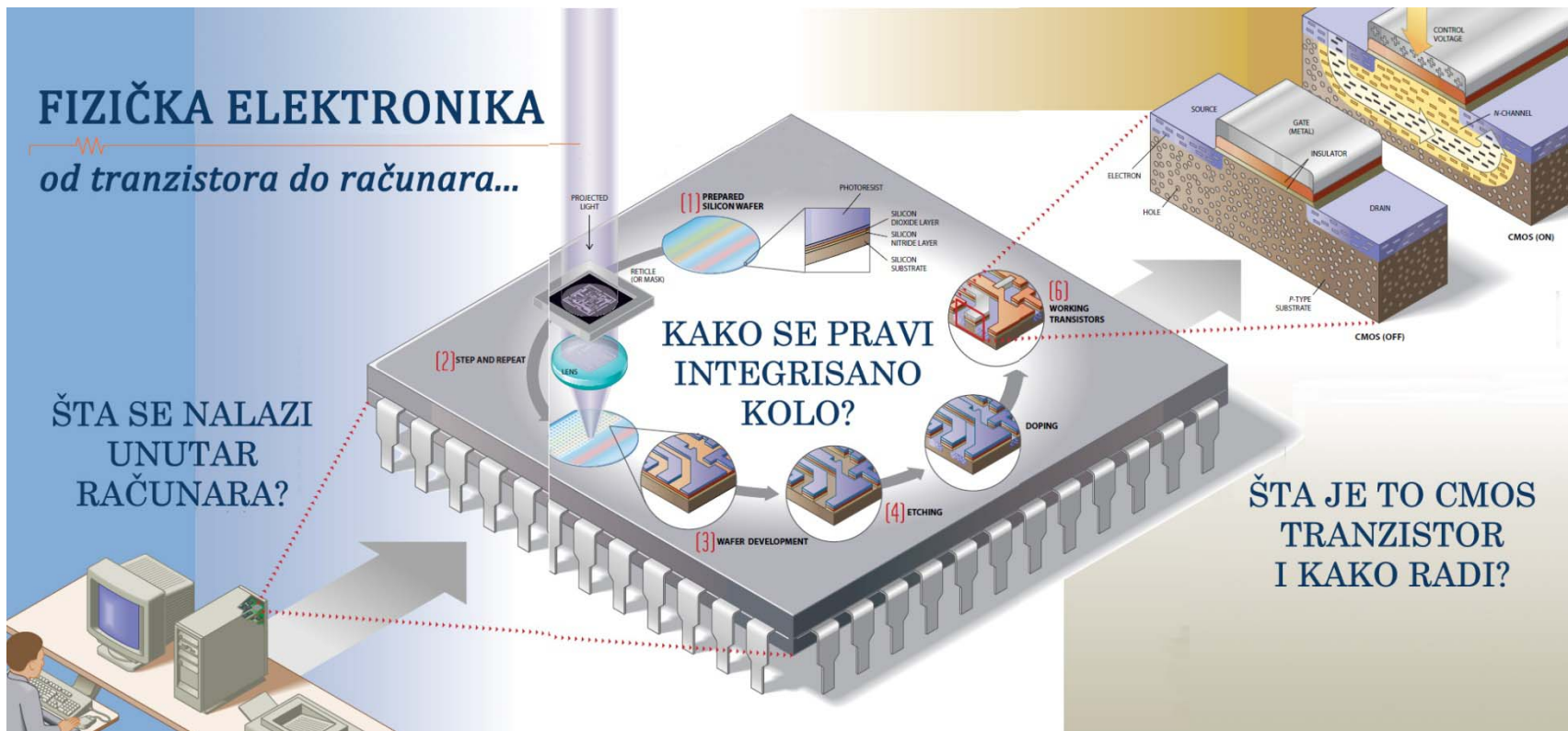


Nastava iz oblasti tehnologija, projektovanja i primene integrisanih kola na Odseku za fizičku elektroniku ETF-a

Milan Tadić



Uz asistenciju: Vladimira Arsoskog



Odsek za fizičku elektroniku

- Odsek za fizičku elektroniku (FE) bavi se primenom principa moderne fizike u:
 - (1) informaciono-komunikacionim tehnologijama,
 - (2) elektronici,
 - (3) biomedicinskom inženjeringu i
 - (4) ekološko-nuklearnom inženjeringu.
- Nastava na FE odseku je organizovana kroz dva smera:
 - (1) Smer za nanoelektroniku, optoelektroniku i lasersku tehniku (NOL) i
 - (2) Smer za biomedicinski i ekološki inženjering (BEI).
- Više predmeta na FE odseku se bavi tehnologijama izrade elektronskih naprava i projektovanjem integrisanih kola.

Osnovi fizičke elektronike (OFE)

3. semestar

Studenti stiču osnovna znanja iz oblasti tehnologije izrade i principa rada poluprovodničkih elektronskih i optoelektronskih komponenti.

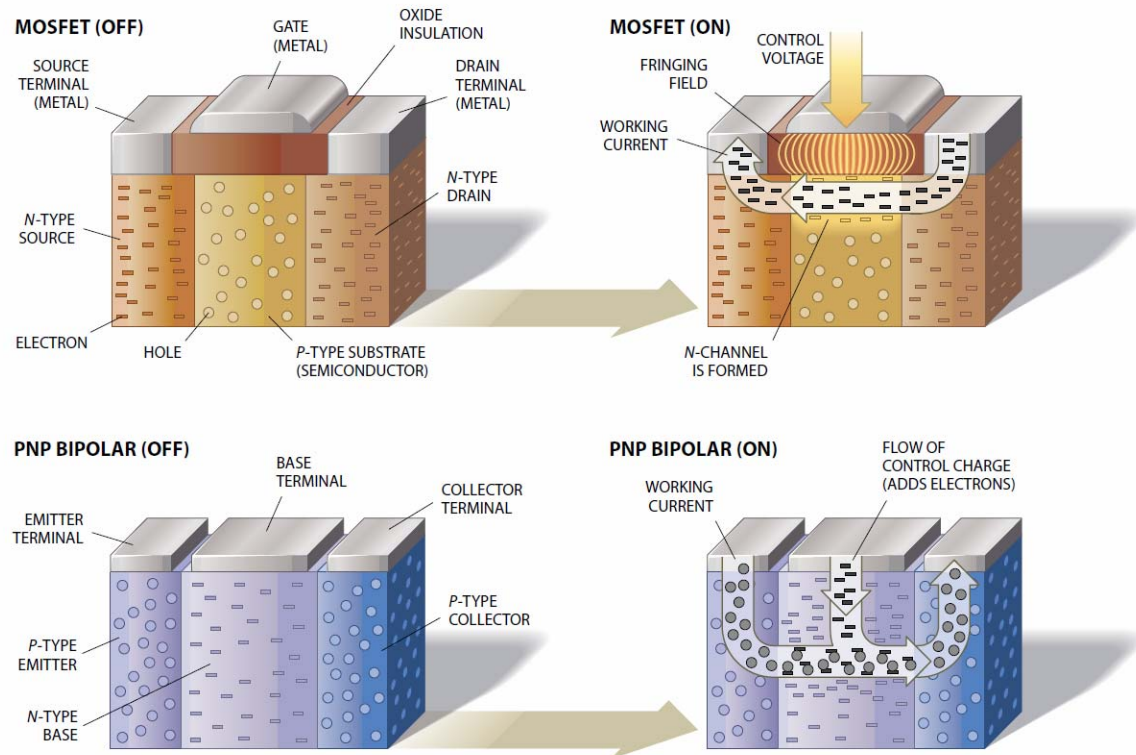
- PN spoj
- Metal-poluprovodnik spoj
- MOS struktura
- Laseri
- LED
- Fotodetektori
- JFET-ovi
- MOSFET-ovi
- Bipolarni tranzistori

Predavači:

Prof. Dr Dejan Gvozdić

Dr Jasna Crnjanski

As. Angelina Totović, MS



Ilustracija rada MOSFET-a i homospojnog bipolarnog tranzistora.

Materijali u elektrotehnici (MUE)

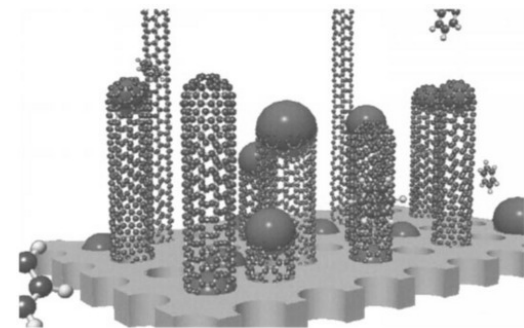
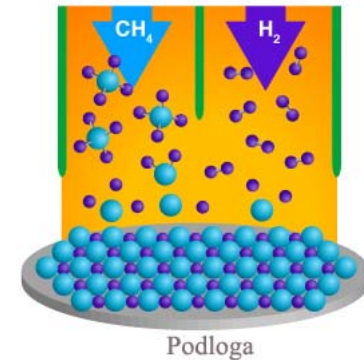
3. semestar

Pregled osnovnih znanja iz fizičkih osnova, karakteristika inženjeringa i tehnologija elektrotehničkih materijala.

- Hemijske veze i svojstva materijala
- Poluprovodnici, Provodnici, Dielektrici, Magnetici, Superprovodnici
- Metode dobijanja monokristala
- Planarna integrisana kola
- Karakterizacija materijala
- Biomaterijali
- Novi materijali i primene



Ingoti.



CVD za izradu nanotuba.

Predavači:

Prof. Dr Dejan Raković

Doc. Dr Miloš Vujisić

Doc. Dr Koviljka Stanković

Fizička elektronika čvrstog tela (FEČT)

5. semestar

Predmet omogućava uvid u fizičke principe neophodne za razumevanje funkcionisanja poluprovodničkih naprava i komponenti.

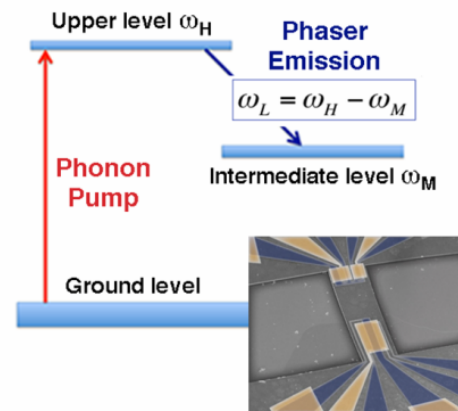
- Zonska struktura čvrstih tela sa akcentom na poluprovodnicima
- Osnovni elektronski transportni procesi i optičke osobine poluprovodnika
- Heterospojevi

Predavači:

Prof. Dr Jelena Radovanović

Dr Jovana Petrović

Primer najsavremenije naprave realizovane zahvaljujući istraživanjima u oblasti fizičke elektronike čvrstog stanja:



Fononski laser: akustični ekvivalent lasera – naprava koja proizvodi koherentni snop fonona

(izvori: Physics 6, 32 (2013); Phys. Rev. Lett. 110, 127202 (2013),

<http://spectrum.ieee.org/semiconductors>).

Elementi elektronskih uređaja (EEU)

5. semestar

Izučavaju se konstrukcija i svojstva elektronskih komponenata iz perspektive performansi elektronskih sistema

- Pasivne komponente
- Diskretne poluprovodničke komponente
- Integrisane komponente u instrumentaciji
- Optoelektronske komponente
- Senzorske komponente
- Pouzdanost elektronskih uređaja

Predavači:

Doc. Dr Slobodan Petričević

As. Marko Krstić, MS



Diskretni otpornik.



Diskretni tranzistor.

Mikroelektronika i nanoelektronika

6. semestar

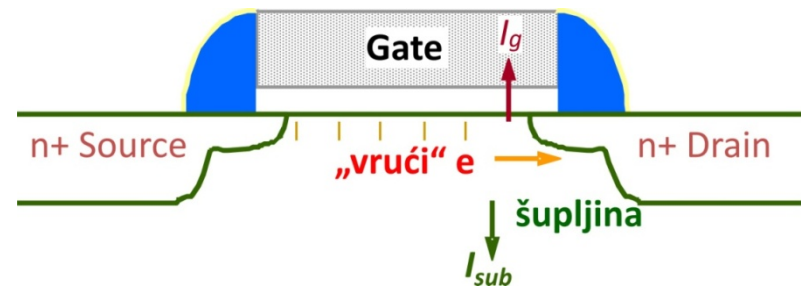
Studenti stiču osnovna znanja o planarnim procesima, nanotehnologiji, silicijumskim, heterostrukturalnim i nanostrukturnim elektronskim napravama.

- Planarni procesi
 - jonska implantacija
 - termička oksidacija
 - depozicija
 - metalizacija
 - litografija
- Skaliranje; Mooreov zakon
- Efekti u tranzistorima malih dimenzija
- Nanostrukture
- HEMT, HBT, RTD, CNTFET

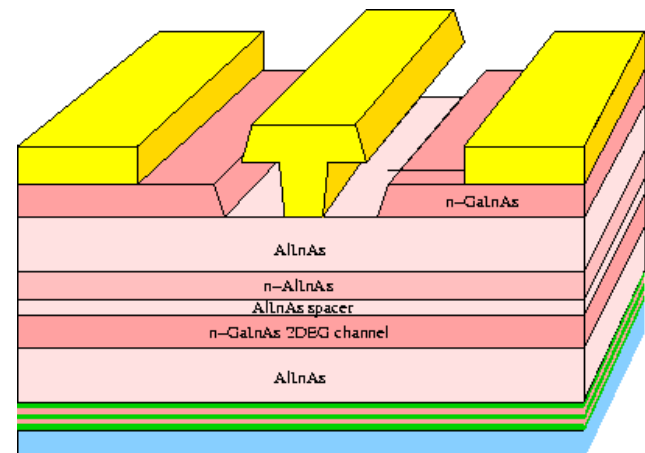
Predavači:

Prof. Dr Milan Tadić

Dr Vladimir Arsoški



Ilustracija efekata vrućih nosilaca.

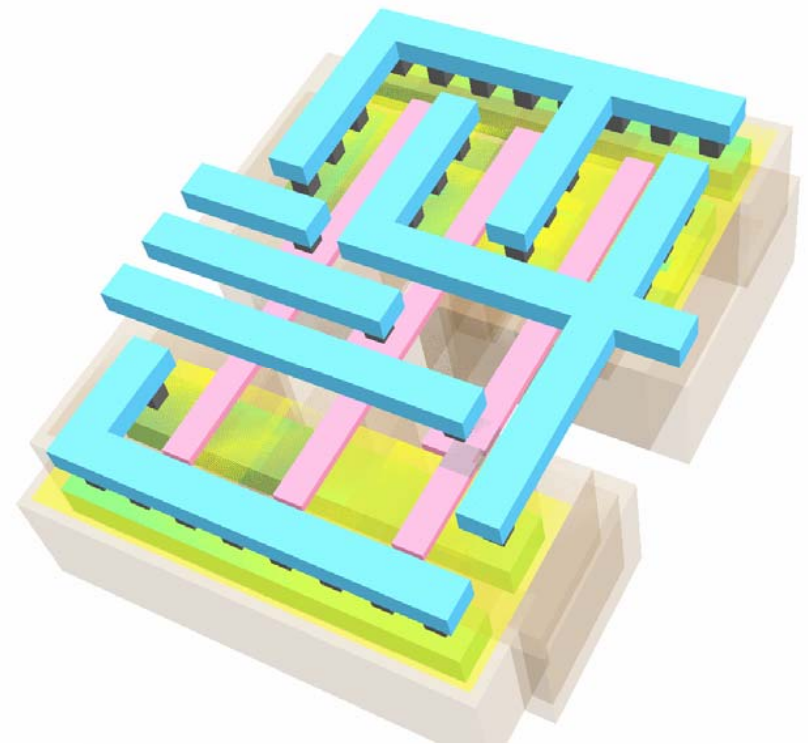


HEMT.

Mikroelektronska kola (MK)

6. semestar

- Integrisana digitalna kola:
 - projektovanje
 - tehnološki i geometrijski parametri
 - familije logičkih kola
- Programabilna logička kola: FPGA, CPLD
- Primena programabilnih logičkih kola: Xilinx WEBpack softver
- Digitalna i analogna integrisana kola: topografija, proračun parametara (potrošnja, margine smetnji...), SPICE simulacije
- Projektovanje: programski paket Electric CAD



Topografija trouzalnog NI kola.

Predavači:

Doc. Dr Slobodan Petričević

Dr Vladimir Arsoski

Analiza i modelovanje poluprovodničkih naprava

7. semestar

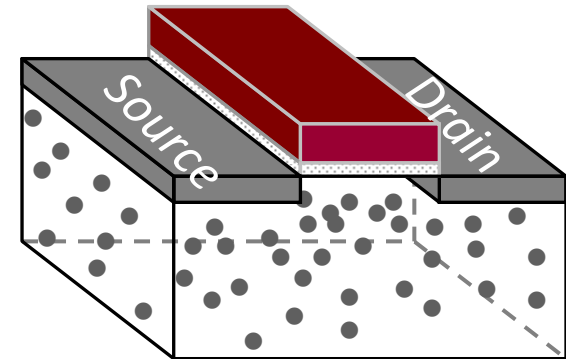
- Modelovanje poluprovodničkih naprava:
 - bipolarni tranzistori
 - unipolarni tranzistori
 - tranzistori sa efektom polja
- Modelovanje tehnoloških procesa
- Makromodeli u SPICE simulatoru:
 - gradivne komponente analognih integrisanih kola
 - operacioni pojačavači
 - optoelektronske komponente
- Primena SPICE-a u analizi elektronskih kola
- Modelovanje šuma u poluprovodničkim napravama

Predavači:

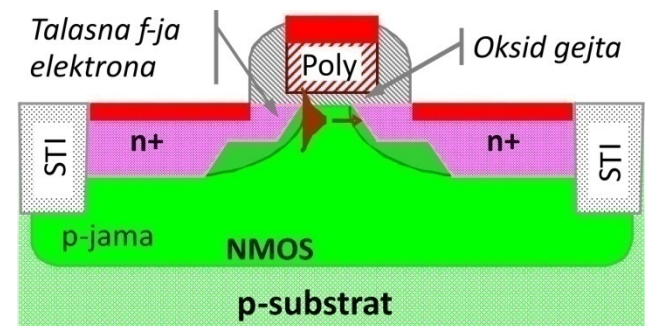
Doc. Dr Slobodan Petričević

Dr Vladimir Arsoski

As. Angelina Totović, MS



Efekat diskretnih dopanata.



Modeli MOS tranzistora sa ultra-tankim oksidom gejta.

Poluprovodničke kvantne nanostrukture

7. semestar

Upoznaje studente sa elektronskom strukturom i optičkim osobinama 2D, 1D i 0D poluprovodničkih nanostruktura.

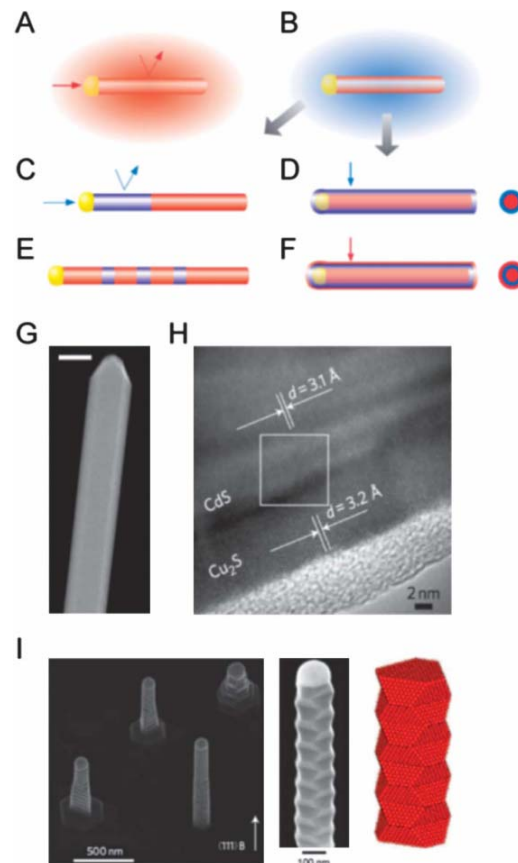
- MBE i MOCVD.
- Poluprovodničke kvantne jame. Superešetke.
- Poluprovodničke nanožice.
- Kvantne tačke.
- Optičke osobine nanostruktura.
- Eksitoni i fononi u nanostrukturama.
- Nanostrukture u magnetskom polju.
- Napregnute nanostrukture.
- Primene.

Predavači:

Prof. Dr Milan Tadić

Prof. Dr Jelena Radovanović

Dr Vladimir Arsoški



Formiranje VLS nanožica.

Nanotehnologije i nanokomponente

8. semestar

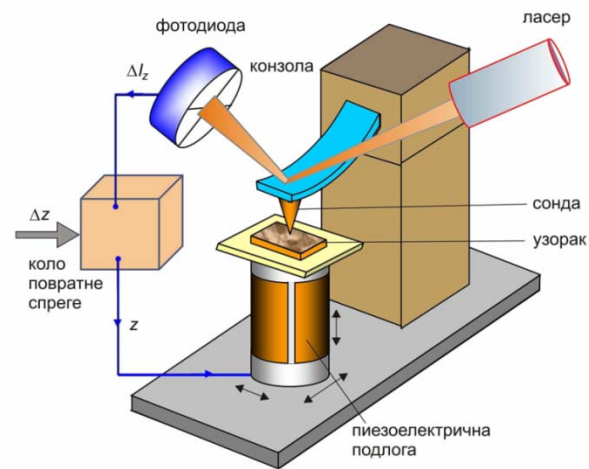
Upoznaje studente sa izradom, fizikom rada i karakteristikama nanoelektronskih naprava.

- SPM.
- Kontaktna (Sharvinova) otpornost.
- Landauerova formula.
- Landauer-Büttikerov formalizam.
- Metod neravnotežne Grinove funkcije (NEGF).
- Kvantno-tačkasti kontakt.
- Jednoelektronski tranzistor.
- Grafenski tranzistor.
- Diode i tranzistori na bazi ugljeničnih nanotuba.
- Kvantne interferentne naprave.

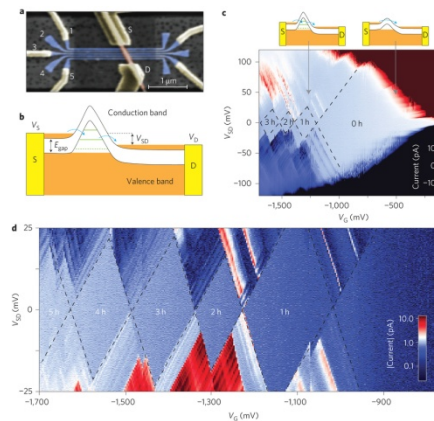
Predavači:

Prof. Dr Milan Tadić

As. Nemanja Čukarić, MS



AFM.



Kulonovi dijamaniti.



Mikroelektromehanički sistemi

8. semestar

- **Modelovanje i simulacija**

- Mehanička, elektromagnetska i termička analiza.
- Kvantnomehaničko modelovanje. Spregnuti modeli...

- **Mikro i nanofabrikacija**

- Materijali. Zapreminsko i površinsko mikromašinstvo silicijuma, LIGA, mikrogalvanika, EMD...

- **Strukture za MEMS i NEMS**

- Osnovni gradivni elementi: Mikro i nanogredice, mikro-mostovi, membrane. Ultratanke strukture. CNT. Molekularne žice. Metamaterijali.

- **MEMS i NEMS sistemi i primene**

- Senzori i aktuatori. MOEMS. Nanoantene. Mikrofluidika i mikroreaktori. Hemijski MEMS i bioMEMS. Senzori pomeraja, pritiska, ubrzanja. Termalni senzori. Termalni, elektrostatički, SMA aktuatori. Mikro i nanomotori. Nanogeneratori.

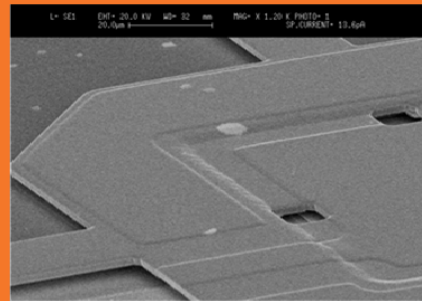
Mikroelektromehanički sistemi

8. semestar

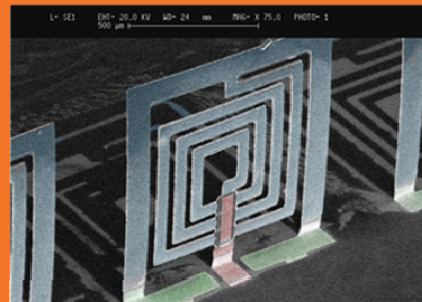
Predavači:
Dr Vladimir Arsoski
As. Nemanja Čukarić, MS

Top Ten MEMS

#9: RF MEMS



Surface micromachined tunable capacitors



Three dimension low loss integrated inductors

Tech Bio

Function:

MEMS components are used as filters, tunable capacitors, tunable inductors, switches, and antenna.

How it works:

Micromaching allows RF devices with unprecedented tunability to be made. Micromechanical structures enhances filter performances (such as quality factor).

Market size:
~\$ 1 Billion/year

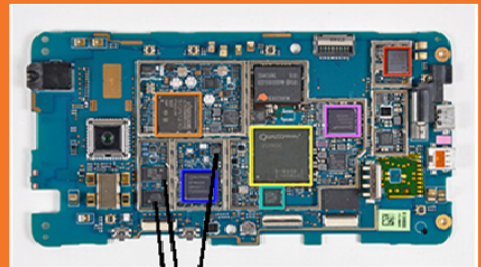
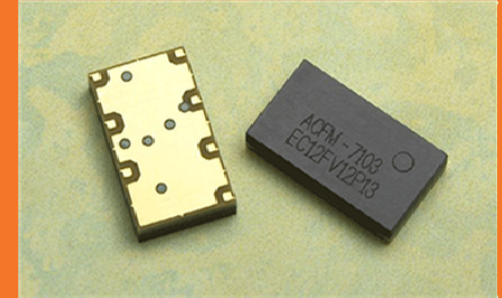
Products where you can find them:

Cell phones, radar, transmission/receiving (TR) modules, duplexer.

Why?

High tunability. Low cost.

Avago Technologies FBAR filter.



- MEMS accelerometer (Bosch BMA180)
- Avago FEM7750 front end module
- Trecant TQM513029 CDMA PA Duplexer



Master i doktorske studije

- Dizajn nanoelektronskih kvantnih struktura
- Modelovanje mikroelektronskih naprava
- Projektovanje integrisanih kola
- Projektovanje aktivnih fotonskih integrisanih kola
- Modelovanje heterostrukturnih mikroelektronskih naprava
- Skenirajuća mikroskopija u nanonauci i nanotehnologiji
- Primena plazme u savremenim tehnologijama u elektronici i nauci o materijalima
-