



## KATALOG ZNANJA

### 1 IME PREDMETA: **OSNOVE MIKROELEKTROMEHANSKIH SISTEMOV**

#### 2 SPLOŠNI CILJI

Študent:

- se seznani z mikroelektromehanskimi sistemi (MEMS)
- se usposobi za načrtovanje in izdelavo novih MEMS
- uporablja MEMS pri načrtovanju mehatronskih naprav in sestavov
- spremlja novosti in trende na področju MEMS
- je sposoben komunicirati in aktivno sodelovati v skupini za razvoj novih MEMS
- je sposoben poiskati informacije in uporabljati strokovno literaturo

#### 3 PREDMETNOSPESIFIČNE KOMPETENCE

Študent:

- prepoznava nova možna področja uporabe MEMS
- zasnuje preprostejši MEMS
- izdelava model in simulira delovanje MEMS s pomočjo namenskih programov za računalniško podprto načrtovanje (CAD)
- optimizira delovanje MEMS glede na rezultate simulacij
- izbere tehnologijo izdelave ter izdelava načrt izdelave
- določi ustrezno ohišje in pogoje delovanja MEMS
- zagotavlja ustrezno kvaliteto in zanesljivost MEMS

#### 4 OPERATIVNI CILJI

INFORMATIVNI CILJI Študent:	FORMATIVNI CILJI Študent:
<ul style="list-style-type: none"><li>- pozna zgodovino razvoja MEMS in tehnologij izdelave</li><li>- seznani se s trenutnimi aplikacijami ter novimi možnostmi na področju MEMS</li><li>- pozna literaturo, revije in spletna mesta za nadaljnji študij in spremljanje novosti</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- analizira s tehnološkega in ekonomskega vidika uporabo MEMS v novih mehatronskih sistemih</li><li>- spremlja razvoj in dosežke na področju izdelave in uporabe MEMS</li><li>- predlaga razvoj novih vrst MEMS</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>- razume skalirne zakone ter probleme in izzive pri izdelavi v tako majhnem merilu</li><li>- spozna osnove mehanike, termike in elektrodinamike pomembne za delovanje MEMS</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- zasnuje MEMS tako, da izkorišča osnovne ter posebne fizikalne zakone in pojave pri velikostnem razredu MEMS ob upoštevanju skalirnih zakonov</li><li>- kritično analizira izbiro principa</li></ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- razume vzroke za nastanek lastnosti materialov pomembnih za MEMS kot so piezoelektričnost ali termoelektričnost</li> <li>- pozna posebne fizikalne pojave v velikostnem redu MEMS (Brownovo gibanje, Paschen-Bakov pojav, tunelski tok ...)</li> <li>- razume delovanje različnih MEMS aktuatorjev in njihovih principov (elektrostatični, elektromagnetni, termični, piezoelektrični ...)</li> <li>- razume delovanje različnih MEMS senzorjev fizikalnih in kemijskih veličin in njihovih principov (kapacitivnosti, piezoelektričnosti, tunelskega pojava ...)</li> </ul>	<p>delovanja</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ovrednoti omejitve zaradi določenih fizikalnih pojavov</li> <li>- ovrednoti vplive na delovanje zaradi netočnosti pri izdelavi</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- pozna osnovne kemijske strukture in pojme</li> <li>- loči med kristalnim, polikristalnim in amorfnim silicijem</li> <li>- pozna mehanske, kemične, električne, termične in optične lastnosti silicijevih struktur</li> <li>- pozna druge materiale in njihove lastnosti za izdelavo MEMS, kot so kvarc, diamant, stekla, polimeri in kovine</li> <li>- pozna vzroke in lastnosti zaradi nepravilnosti v kristalni strukturi</li> <li>- spozna metode za določanje lastnosti materialov</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- določi ustrezne materiale za razne MEMS in kritično ovrednoti izbiro</li> <li>- ovrednoti tehnološke lastnosti materialov (notranje in zaostale napetosti, mehanska trdnost, modul elastičnosti, električne upornosti, zrnatost)</li> <li>- pravilno uporablja metode določanja teh lastnosti</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- spozna se s tehnikami fizičnega in kemičnega nanašanja z naporjevanjem, jedkanja (mokra izotropno in anizotropno, elektrokemično, suho jedkanje z uporabo plazme ...)</li> <li>- spozna se s tehnologijami litografije, dopiranja, kemičnega ter mehanskega poliranja, spajanja rezin</li> <li>- spozna se s tehnologijami LIGA (Lithographie, Galvanoformung, Abformung), SUMMiT (Sandria uniplanar multilevel MEMS technology) ter drugimi naprednimi tehnologijami izdelave</li> <li>- pozna osnovne postopke končne obdelave in pakiranja MEMS</li> <li>- pozna združevanje MEMS in integriranih vezij</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- določi ustrezno tehnologijo izdelave glede na vrsto in zasnovo MEMS</li> <li>- ovrednoti relativne tolerance in njene vrednosti za določeno metodo izdelave</li> <li>- določi potrebne končne postopke obdelave MEMS</li> <li>- zasnuje ustrezno ohišje glede na vrsto MEMS in zahteve po mehanski zaščiti, zagotavljanju ustreznih delovnih pogojev ter integriranju MEMS v naprave in sisteme</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- spozna probleme pri matematičnem opisovanju, modeliranju in</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nastavi parametre CAD programov tako, da ne prihaja do napak</li> </ul>

<p>simuliranju pojavov pri velikostnih redih MEMS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- spozna se z uporabo namenskih programskih orodij za računalniško podprto načrtovanje MEMS (ANYSIS, MEMCAD...)</li> <li>- razume omejitve in vzroke za možne netočnosti simulacije</li> </ul>	<p>zaokroževanja zaradi majhnih enot</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- izdelava modela preprostega MEMS v namenskem CAD programu</li> <li>- simulira delovanje</li> <li>- kritično analizira rezultate simulacij</li> <li>- optimizira zasnovo MEMS glede na rezultate simulacij</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- pozna osnovne metode in naprave za pregledovanje in merjenje MEMS</li> <li>- pozna vzroke za napako, kot posledice delovanja (obraba, zlom, utrujenost materiala, deformacije, trenje, sila lepljenja, naelektritev ...)</li> <li>- pozna vzroke napak kot posledica vplivov okolice (sunki in vibracije, termično nihanje, vlažnost, sevanje, elektrostatična razelektritev ...)</li> <li>- pozna vzroke zmanjšanja zmogljivosti (oksidacija, korozija ...)</li> <li>- razume osnovne pojme in teoretične modele za zagotavljanje zanesljivosti MEMS</li> <li>- razume osnovna načela načrtovanja in postopke za zagotavljanje zanesljivosti MEMS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- odkriva napake na MEMS s pomočjo mikroskopa ali drugih naprav</li> <li>- izvaja analizo možnih napak, njihovih posledic in kritičnosti (FMEA) ter analizo drevesa napak (FTA)</li> <li>- natančno določi pogoje delovanja, napako ter testni vzorec pri ugotavljanju zanesljivosti</li> <li>- nariše kumulativni razporeditveni diagram, diagram gostote verjetnosti ter funkcijo tveganja iz podatkov testiranja</li> <li>- razvrsti posamezen MEMS v razred zanesljivosti glede na tip in izvedbo</li> </ul>

## 5 OBVEZNOSTI ŠTUDENTOV IN POSEBNOSTI V IZVEDBI

Število kontaktnih ur: 72 (36 ur predavanj, 36 ur laboratorijskih vaj)

Število ur samostojnega dela: 78 (52 ur študij literature in gradiv, 26 ur priprave na vaje in zagovor laboratorijskih vaj)

Obvezna prisotnost na vajah (80%), izdelava poročil laboratorijskih vaj ter pisni izpit.

KREDITNO OVREDNOTENJE PREDMETA: 5 KT.

ZNANJE, KI GA MORAJO IMETI IZVAJALCI PREDMETA:  
mehatronika, strojništvo, elektrotehnika

\*\*\* \*\* \*\*\* \*\* \*\*\* \*\* \*\*\*

AVTOR KATALOGA:  
Tomislav Canjuga, univ. dipl. inž. el.

Projekt **Impletum**  
Uvajanje novih izobraževalnih programov na področju višjega strokovnega izobraževanja v obdobju 2008–11

Konzorcijski partnerji:



Operacijo delno financira Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada ter Ministrstvo RS za šolstvo in šport. Operacija se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007–2013, razvojne prioritete Razvoj človeških virov in vseživljenjskega učenja in prednostne usmeritve Izboljšanje kakovosti in učinkovitosti sistemov izobraževanja in usposabljanja.