

Prof. dr. Slavko Amon, predstojnik Laboratorija za mikrosenzorske strukture in elektroniko (LMSE) na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani

Vsekakor smo se z razlogom odločili, da za intervju izberemo mednarodno priznanega strokovnjaka **prof. dr. Slavka Amona**, ki je tesno povezan tako s pedagoškim kot z razvojnoraziskovalnim delom ter z vedno bolj aktualnimi sodobnimi mikroelektronskimi in mikroobdelovalnimi tehnologijami za izdelavo mikrosenzorjev, mikro-aktuatorjev, mikroreaktorjev, LOC (Lab-on-Chip) in drugih mikrostruktur na siliciju in drugih novejših materialih. Ni veliko strokovnjakov pri nas, ki se lahko pohvalijo, da so na tem področju uspeli in uresničujejo svojo vizijo, ki je načrtovana v prihodnost. Prof. Amon je priljubljen tako med študenti kot raziskovalci in kot takšnega ga poznajo na fakulteti ter tudi mnogi v gospodarstvu, še posebno v odboru za znanost in tehnologijo pri Obrtno-podjetniški zbornici Slovenije, saj sodeluje tudi na njihovih strokovnih dogodkih. Prof. Amon je vsekakor velik strokovnjak, ki je sposoben prepoznati trende razvoja na področju sodobnih tehnologij, odlikuje ga velika naklonjenost povezovanju akademske in znanstvene sfere z gospodarstvom, saj razume, da je pomembno implementirati znanje v gospodarstvo in da so mikroelektronske tehnologije tiste, ki se in se bodo uspešno uporabljale v različnih industrijah. Prof. Amon je mednarodno priznan strokovnjak in človek, ki pomembno prispeva k razvoju novih tehnologij v okviru Univerze v Ljubljani in seveda tudi veliko širše.



Prof. dr. Slavko Amon, redni profesor in vodja LMSE na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani

Ventil: Preden vas, prof. Amon, povprašam o vašem izjemno uspešnem delu na področju vodenja LMSE Fakultete za elektrotehniko UL, vas prosim za kratko predstavitev vašega osebnega poklicnega razvoja in dosežanj dejavnosti.

Prof. Amon: Moja pot je šla skozi gimnazijo. Leta 1964 sem v Ljubljani maturiral in se nato vpisal na visokošolski študij tehniške fizike na Fakulteti za naravoslovje in tehnologijo v Ljubljani. Tam sem leta 1970 tudi diplomiral. Podiplomski magistrski študij sem nadaljeval na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani in tam leta 1976 uspešno zaključil magistriraj. Doktorat znanosti sem prav tako dosegel na Fakulteti za elektroteh-

niko Univerze v Ljubljani leta 1981. Asistent sem postal leta 1973, docent 1982 in izredni profesor 1987. Redni profesor sem postal leta 1992. V času študija in seveda po njem sem se izpopolnjeval tudi v tujini. Leta 1973 in 1974 pri CIBA AG, Basel, Švica, in leta 1978 na Université Catholique de Louvain, Louvain, Belgija. V študijskih letih 1992/93 in nato 1994/95 sem bil gostujoči profesor na Università di Trento, Trento, Italija. Po diplomi, med letoma 1970 in 1973, sem bil zaposlen na Zavodu za avtomatizacijo v Iskri na projektu Mikroelektronika pod vodstvom prof. Lojzeta Trontlja in prof. Jožeta Furlana. Od leta 1973 dalje sem raziskovalec in pedagog na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Kot

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za mikrosenzorske strukture in elektroniko



strokovni sodelavec sem med drugim leta 2008 sodeloval tudi v 3. razvojni skupini, ki je bila ustanovljena pri Službi Vlade RS za razvoj.

Ventil: Ali nam lahko poveste, katera so vaša strokovna področja in katere zadolžitve imate v okviru Fakultete za elektrotehniko Univerze v Ljubljani kot tudi širše?

Prof. Amon: Moja osnovna strokovna področja so polprevodniški materiali in tehnologije, mikroobdelava (micro-machining), elektronski elementi, tako teorija kot tehnologija in modeliranje, nato raziskave, razvoj in izdelava raznih mikrostruktur, kot so mikrosenzorji, mikroakuatorji, mikroreaktorji, LOC, in druge. Lahko pa bi na vprašanje odgovoril tudi drugače – da so moje strokovno področje mikro/nanotehnologije in strukture za aplikacije v elektroniki, medicini, kemiji, farmaciji in drugih panogah. Trenutnih zadolžitev v okviru Fakultete za elektrotehniko in drugje imam kar veliko oz. preveč, zato bom izpostavil le tiste, ki so najbolj bistvene: sem predstojnik LMSE, vodja programske skupine *Mikrostrukture in nanostrukture*, vodja aplikativnega raziskovalnega projekta na področju pametnih senzorjev, v dveh drugih projektih pa delujemo kot sodelujoči raziskovalni partner, vključeni smo v Center odličnosti NAMASTE. Sem tudi predstojnik Katedre za elektroniko in član Senata FE. Drugi mandat sem predsednik mednarodnega strokovnega društva MIDEM in med drugim izdajamo revijo Informacije MIDEM/Midem Journal s faktorjem vpliva (Impact Factor). Sodelujem tudi v programskih odborih najrazličnejših domačih in mednarodnih konferenc ter kot član domačih in mednarodnih strokovnih združenj (SATENA – Slovensko akademsko tehniško-naravoslovno društvo, IEEE – The Institute of Electrical and Electronics Engineers, ECS – The Electrochemical Society idr.). Minister me je imenoval za pred-

stavnika Slovenije v ENIAC (European Nanoelectronics Initiative Advisory Council). Vključen sem tudi v številne druge funkcije, ki so vezane na moje strokovno delo. Seveda vsega tega dela ne bi mogel uspešno opravljati sam, temveč le v sodelovanju z mojimi sodelavci, zato naj tu naštejemo le glavne sedanje člane LMSE: dr. Danilo Vrtačnik, dr. Drago Resnik, doc. dr. Matej Možek, mag. Uroš Aljančič, Borut Pečar, dipl. inž. el., in Matjaž Cvar, inž. kem.

Ventil: Ali nam lahko poveste, katere nagrade in priznanja ste doslej prejeli samostojno ali z vašimi sodelavci in za kaj so vam bile podeljene?

Prof. Amon: Priznanj je bilo v teh letih kar precej. Številna so bila povezana z mojim delom ali mentorstvom. Mogoče bi na kratko izpostavil le naslednje: nagrajeni referat »Analiza enosmernega delovanja IIL celice« kot najboljši prispevek v sekciji Elektronika, ETAN, Opatija 1976. Bil sem tudi mentor pri delu D. Križaja »Fast Reverse Biased Semiconductor Modeling with a Nonlinear Multigrid Method«, ki je bilo nagrajeno kot najboljšo študentsko delo na mednarodni konferenci MELECON '91. Nadalje sem prejel priznanje zaslužni član Društva univerzitetnih profesorjev za dolgoletno delo kot tajnik društva. Bil sem mentor tudi pri delu

E. Buliča »Analiza in načrtovanje strukture polprevodniškega senzorja sevanja z integriranim JFET transistorjem«, ki je bilo nagrajeno s Prešernovo nagrado za študente FE 1997. Podeljena nam je bila tudi nagrada SBK za raziskovalno delo »Optoelektronske lastnosti monokristalnega in amorfne silicija« (skupaj z J. Furlanom, F. Smoletom in J. Klopčičem), Ljubljana 1987.

Ventil: Glede na vaše mnogoštevilne zadolžitve nas zanima, čemu bi kot strokovnjak na področju mikroelektronike in mikrostruktur dali največji poudarek, še zlasti, ker se ukvarjate z izjemno zahtevnimi tehnologijami?

Prof. Amon: Mikroelektronske in mikroobdelavne tehnologije na osnovi naprednih materialov (silicij itd.) za realizacijo novih mikro/nanostruktur ter raziskave pametne (smart) elektronike za njihovo delovanje so nedvomno infrastrukturne tehnologije bodočnosti. Upam si tu uporabiti staro frazo, da čez deset let brez njih ne bo vstopa v krog modernih industrijsko razvitih držav. Zato je potrebno, da tudi naša država poskrbi za omenjena področja, kar se pa sedaj izvaja le delno. Večjo podporo države tem aktivnostim vidim v dveh smereh: direktna podpora v obliki razvojno-raziskovalnih projektov, ki v razpisu eksplicitno vsebujejo kot prioritete



Razvojno-raziskovalno delo v čistih prostorih v LMSE FE UL



Električna karakterizacija izdelanih prototipov v LMSE FE UL

aktivnosti omenjena področja, ter posredno podporo v obliki stimuliranja industrije na tem področju. Tu poleg velikih uspešnih podjetij, ki itak že dobro (so)delujejo, vidim zlasti velike možnosti v vzpodbujanju države, da majhna (nova) podjetja, npr. z do deset zaposlenimi, opogumi oz. ustvari pogoje za množičen vstop na področje (mnoga danes velika podjetja so začela v garažah). To vzpodbujanje države vidim morda v obliki relativno majhnih projektov (par deset tisoč evrov nepovratnih sredstev letno), razpisanih v okviru Ministrstva za gospodarstvo, z **zelo poenostavljeno kratko prijavo** (predvsem le delovni program oz. ideja, brez referenc in druge administracije), kar bo mogoče opogumilo male podjetnike in obrtnike za pristop k prijavi in sodelovanju z RR institucijami na omenjenih hightec področjih.

Ventil: Kot strokovnjak za mikroelektroniko in še zlasti za mikrosenzorsko ter mikroaktuatorsko tehnologijo ste leta 2008 predavali tudi na Tehnološkem dnevu, ki ga je organiziral odbor za znanost in tehnologijo pri OZS v času sejma elektronike na Gospodarskem razstavišču v Ljubljani.

ni. Prav tako ste leta 2009 predavali na 3. Nanotehnološkem dnevu na temo mikro/nanostrukture. Zanima nas, kako vi ocenjujete sodelovanje na takšnih strokovnih dogodkih?

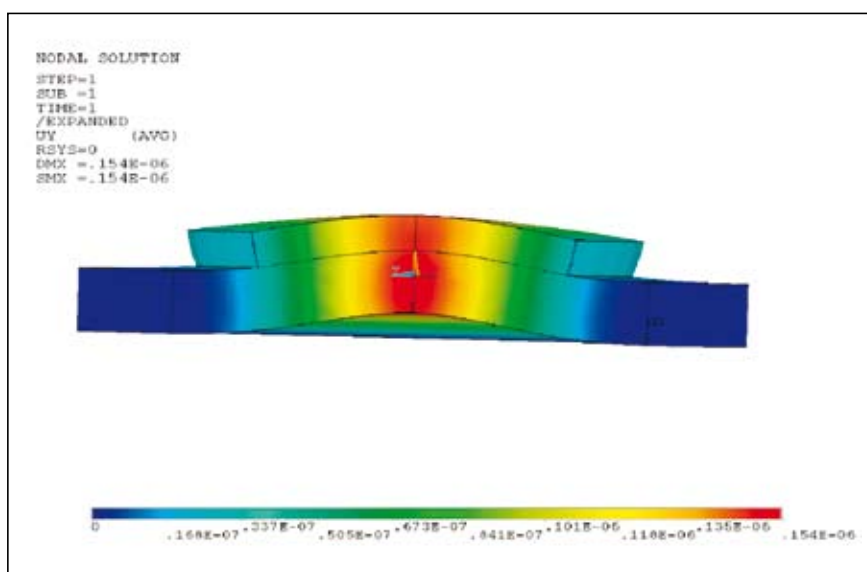
Prof. Amon: Sodelovanje na strokovnih dogodkih, ki jih izjemno uspešno organizira Odbor za znanost in tehnologijo pri Obrtno-podjetniški zbornici Slovenije, ocenjujem kot zelo pozitivno. Veseli me, da se v takšni organizaciji, kot je OZS, daje poudarek

naprednim tehnologijam in povezovanju gospodarstva z znanostjo. Moram priznati, čeprav prihajam s fakultete, da pri tem včasih z naprednimi temami že kar prehitevajo uveljavljene RR institucije, kot so univerze in inštituti. Tudi sicer moram pohvaliti, da z OZS dobro sodelujemo, tudi na skupnih sejemskih predstavitev, kot je Mednarodni obrtni sejem v Celju (MOS), Sejem elektronike in drugi.

Ventil: Za vami je izjemno bogata in zanimiva življenjska pot, ukvarjate se z izjemno naprednimi tehnologijami, ki so v svetu obravnavane kot tehnologije sedanjosti in obetavne za prihodnost. Kot strokovnjak sledite trendom razvoja tudi na področju nanotehnologij, še zlasti, če izpostavimo nanostrukturne aplikacije. Ukvarjate se z MEMSi (mikro-elektromehanski sistemi), mikroreaktorji in laboratoriji na čipu ter seveda z mikrosenzorji in mikroaktuatorji. Tem tehnologijam pri nas kaj radi rečemo, da so »IN«, zato nas zanima, kako si zamišljate prihodnji razvoj v vašem LMSE?

Prof. Amon: Predvsem si v LMSE želimo, ob ustrezni podpori, kot je to v navadi v razvitih državah, slediti naglemu razvoju mikro/nanotehnologij in tako obdržati stik z vodilnimi institucijami na področju. Pri zadevali si bomo tudi, da obstoječe odlično sodelovanje s slovensko in tujo industrijo povzdignemo na še višjo raven. Kot omenjeno, si tu želimo tudi bolj množičnega sodelovanja z malimi in srednjimi (SME) podjetji in obrtniki, kar naj bi med drugim vodilo k produktom z večjo dodano vrednostjo.

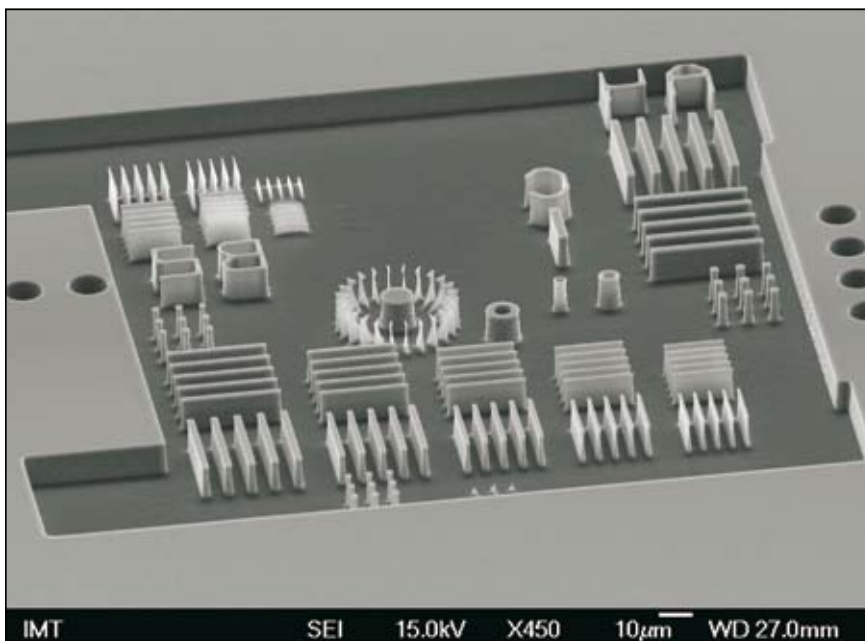
Ventil: Kot strokovnjak ste bili leta 2008 vključeni v 3. Razvojno skupino pri Službi Vlade RS za razvoj, ki jo je vodila prof. dr. Marija Kosec. Od teh skupin so mnogi veliko pričakovali,



Modeliranje piezoelektričnega mikroaktuatorja v LMSE FE UL s simulatorjem ANSYS

saj so bile pod takratnim ministrom dr. Žigo Turkom ustanovljene v okviru Sveta za konkurenčnost. Po naših podatkih ste takrat predlagali izjemno zanimiva tehnološka področja, ki jih pokriva vaš laboratorij. Mogoče jih lahko na kratko predstavite.

Prof. Amon: Res smo takrat zavzeto pripravili predloge in seveda upali, da bodo te razvojne skupine tudi začele. Predlagali smo konkretna prioriteta področja: novi materiali in postopki mikro/nanoelektronike, nove mikro/nanostrukture, pametni senzorji in aktuatorji. Kot pridobljena znanja smo izpostavili: razumevanje novih naprednih materialov mikro/nanoelektronike in razumevanje novih naprednih postopkov mikro/nanoelektronike ter mikro/nanoobdelave kot tudi razumevanje novih efektov v mikro/nanosvetu, načrtovanje in izdelava novih naprednih mikro/nanostruktur, elementov, vezij, senzorjev in aktuatorjev in drugo. Pričakovane napredne (high-tec) izdelke smo takrat razdelili na več skupin: mikro/nanoelektronski elementi in vezja, mikro/nanosenzorji in aktuatorji, mikro/nanoelektromehanski sistemi (MEMS, NEMS), mikro/nanofluidni sistemi, kot npr. mikro/nanokemijski reaktorji, mikro/nanolaboratoriji na čipu – LOC (Lab-



Prototipi mikrostruktur, izdelanih z RIE-procesom v LMSE FE UL (merilo: 1 delec = 10 μm, gl. sl. spodaj)

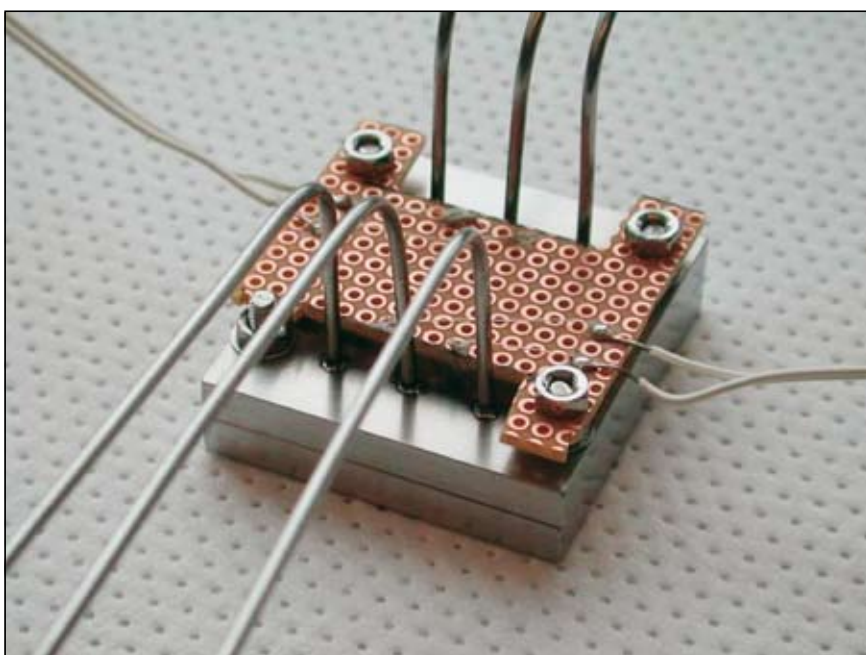
on-chip), mikro/nanobiosistemi, kot npr. biočipi (BioMems, BioNEMS), mikro/nanofotonika, mikro/nanoizvori energije (fotovoltaične celice, gorivne celice, drugi izvori). Takrat smo zelo jasno in smelo opredelili, da bodo mikro/nanomateriali, tehnologije in izdelki osnova novim generacijam naprav in sistemov v vseh pomembnejših gospodarskih panogah, kot so npr. računalniška, avtomobilska industrija (že danes je v avtu preko 100 senzorjev in ak-

tuatorjev in so v stalnem porastu), nadalje medicina (diagnostika, operativna, doziranje ...), kemija, farmacija itd.

Ventil: Mogoče nam za zaključek, profesor Amon, še zaupate, kakšni so vaši načrti za naprej?

Prof. Amon: Kot sem že omenil, na našem področju posameznik ne pomeni veliko, temveč lahko pripelje do dobrih rezultatov le dobro uigrano moštvo, zato bom odgovoril na vaše vprašanje raje v množini. Skupaj s celotno ekipo v našem laboratoriju LMSE si bomo še naprej prizadevali ohraniti stik z vodilnimi dognanji na živahnem področju mikro-/nanotehnologij in struktur ter pripadajoče elektronike. V okviru celotne ekipe bomo morali pri tem stalno skrbeti za prenos obstoječih znanj na mlajše sodelavce, čas hitro teče. V laboratoriju bomo morali, kot do sedaj, stalno vpeljevati nove naprave in tehnologije, brez tega se tu ne preživi. In končno, vendar ne najmanj pomembno, skušali bomo obdržati in morda tudi še izboljšati obstoječe odlično sodelovanje s slovensko in tujo industrijo.

Ventil: Hvala za vaše odgovore in nadvse zanimive informacije. Želimo vam še veliko uspeha!



Integrirani mikroreaktor za pretvorbo metanola v čisti vodik za gorivne celice, izdelan v LMSE FE UL (naročnik MORS)

Janez Škrlec