

# Научном већу Института за физику у Београду

## Извештај комисије за избор др Станка Недића у звање научни сарадник

На основу захтева који је др Станко Недић поднео 2. јула 2019. године, Научно веће Института за физику у Београду именовало нас је у комисију за избор др Станка Недића у звање научни сарадник.

Прегледом материјала који нам је достављен, као и на основу увида у рад и публикације кандидата, Научном већу Института за физику у Београду подносимо овај извештај.

### Биографски подаци о кандидату

Др Станко Недић је рођен 23. априла 1987. у Аранђеловцу. Похађао је основну школу „Светолик Ранковић“ у родном месту да би потом завршио Математичку Гимназију у Београду 2005. године. Током школовања у Математичкој Гимназији, био је учесник многобројних такмичења у области физике, математике и хемије, од општинског до савезног ранга.

Дипломирао је на студијама интегрисаног мастера у трајању од 4 године на Универзитету у Саутемптону у Великој Британији, и то на одсеку за електронику. Током прве три године, еквивалентне основним студијама, имао је други најуспешнији просек у генерацији. Дипломски рад под називом “Simulation of vertical fillet local oxidation MOSFETs” урадио је под менторством Prof Peter Ashburn, тадашњег предводника групе за наноелектронику на Универзитету у Саутемптону. За тај рад и укупна достигнућа у области инжењеринга, кандидат је награђен престижном медаљом *Sir William Siemens Medal*, која је била додељена 17 студената са најбољих универзитета у Великој Британији, при чему је кандидат изабран од стране Универзитета у Саутемптону. Кандидат је затим на четвртој години, еквивалентној мастеру, био добитник *Zepler Prize* за најбољи просек у генерацији где је такође имао прилику да изабере велики број предмета у области наноелектронике. Интегрисани мастер завршава 2009. године и исте године уписује докторат на Универзитету у Кембриџу у области инжењеринга, са фокусом на наноелектронику.

Кандидат је започео свој научноистраживачки рад у октобру 2009. године при Центру за нанонауку Универзитета у Кембриџу, а под супервизијом предводника институције, Prof Sir Mark Welland. Станко Недић се фокусирао на области нанотехнологије и наноелектронике, и то на тему транзистора са ефектом поља на бази цинк оксидних наножица и истраживање практичних примена истих. Цинк оксидне наножице су идентификоване као обећавајућа класа наноматеријала пошто се сматрају сјајним кандидатима за изградњу будућих нанотехнологија са потенцијалним апликацијама у великом броју области од оптоелектронике до сензора. Током свог доктората, кандидат је радио на примени поменутих транзистора као уређаја за детекцију ултравиолетног зрачења и као меморијских наноуређаја на бази фероелектричних материјала.

Кандидат је учествовао на међународној научној школи нанотехнологије у Салбаху и Хинтерглему у Аустрији, а његови резултати су такође презентовани на више међународних конференција – у Гвангџуу у Јужној Кореји и у Сан Франциску у Сједињеним Америчким Државама. Током свог докторског рада, значајну сарадњу је остварио са групом Prof Takhee Lee са Института за науку и технологију у Гвангџуу (Gwangju Institute of Science and Technology – GIST) која је позната на међународном нивоу по оствареним запаженим резултатима у области наноелектронике. Кандидат је до сада објавио 2 рада у међународним часописима, од тога 1 рад у међународном часопису изузетних вредности и 1 рад у врхунском међународном часопису.

Докторску дисертацију под називом “Zinc oxide nanowire field effect transistors”, урађену под руководством Prof Mark Welland, одбранио је 08. маја 2014. године на Универзитету у Кембриџу. У периоду од 2015. до 2017. године кандидат је радио у области електронике и енергетике у компанији Global Substation Solutions у Њукаслу на северу Енглеске.

## **Преглед научне активности кандидата**

Др Станко Недић је започео свој научноистраживачки рад у Центру за нанонауку на Универзитету у Кембриџу октобра 2009. године. Кандидат се у току досадашњег рада бавио фабрикацијом и испитавањем наноелектронских уређаја на бази транзистора са ефектом поља заснованих на цинк оксидним наножицама. У оквиру научноистраживачког рада кандидата обухваћене су 3 теме:

### **1. Испитивање електричних својстава транзистора са ефектом поља заснованих на цинк оксидним наножицама**

Кандидат је користио методу термалне хемијске депозиције из парне фазе за синтезу цинк оксидних наножица услед могућности усмереног раста наножица пречника око 50-200 нанометара и дужина до 30 микрометара, и ради минимизације дефеката у кристалној структури који утичу на електрична својства транзистора са ефектом поља. Основна електрична својства транзистора различитих структура (back-gate, surface passivated back-gate, top-gate) фабрикованих помоћу фотолитографије су анализирана и при том је установљено да транзистори са *pyrene* C површинском пасивизацијом имају ниску потрошњу (услед ниског напона прага) и високе вредности мобилности електрона до  $\sim 189,2 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ . Адсорпција кисеоника на површини цинк оксидних наножица и стрес у гејт оксиду су одређени као кључни фактори нестабилности напона прага транзистора с ефектом поља заснованих на цинк оксидним наножицама.

### **2. Утицај електричних фактора и фактора средине на перформансе фотодетектора на бази транзистора из тачке 1**

Детекција периодичног ултравиолетног зрачења је проучавана помоћу транзистора са и без *pyrene* C пасивизације у циљу остваривања идеалних сензорских карактеристика. Кандидат је утврдио, у складу са претходним научноистраживачким радом у области, да нагиб површинских енергетских нивоа цинк оксида услед адсорпције кисеоника на површини наножица у средини без зрачења игра велику улогу у сепарацији фотогенерисаних парова електрона и шупљина што лимитира њихову рекомбинацију и доводи до споре редукције електричне струје која протиче кроз наножице услед спорог

процеса реадсорпције кисеоника након искључења извора ултравиолетног зрачења. Кандидат је такође испитао утицај површинске пасивизације, напона на гејт терминалу, температуре, и притиска амбијента на фотосензитивност, фотокондуктивни ефекат и динамику релаксације фотогенерисаних носилаца струје.

### **3. Постојана меморија на бази транзистора из тачке 1 и фeroелектричних гејт диелектрика**

Постојана меморија са одличним карактеристима је демонстрирана фабрикацијом “top-gate” транзистора цинк оксидних наножица и спинованих фeroелектричних материјала који имају улогу гејт диелектрика. Наиме, 200 nm фeroелектричног слоја poly(vinylidene fluoride-co-trifluoroethylene) (P(VDF-TrFE)) је спиновано на површину цинк оксидне наножице на стакленом субстрату у функцији “top-gate” диелектрика. Модулација електричне проводности и меморијска хистереза су постигнуте захваљујући реверзибилној промени електричне поларизације фeroелектричног диелектрика индуковане помоћу електричног поља гејта. Кандидат је демонстрирао резултујући наноуређај са меморијском хистерезом од 16,5 V, високим ON/OFF односом електричне струје која протиче кроз наножицу од  $\sim 10^5$ , ниским губицима електричне струје кроз фeroелектрични гејт диелектрик од  $\sim 300$  pA, и сјајном карактеристиком меморијске ретензије током периода од преко  $10^4$  секунди.

# Елементи за квалитативну анализу рада кандидата

## 1. Квалитет научних резултата

### Значај научних резултата

Кандидат се у току досадашњег рада бавио фабрикацијом и испитавањем наноелектронских уређаја на бази транзистора са ефектом поља заснованим на цинк оксидним наножицама. Ова тематика је значајна с обзиром да се цинк оксидне наножице сматрају сјајним кандидатима за будућност нанотехнологије са применама у великом броју области од оптоелектронике до сензора.

Научни рад кандидата је дао приметан допринос у области горенаведених транзистора тиме што је кандидат анализирао електронска својства различитих структура транзистора фабрикованих помоћу фотолитографије при чему је установио да транзистори са пасивизацијом помоћу полимера *polyene C* имају ниску потрошњу и високе вредности мобилности електрона. Адсорпција кисеоника на површини цинк оксидних наножица и стрес у гејт оксиду су одређени као кључни фактори нестабилности напона прага транзистора.

Кандидат је такође допринео разумевању детекције периодичног ултравиолетног зрачења помоћу транзистора са и без *polyene C* пасивизације у циљу остваривања идеалних сензорских карактеристика.

Коначно, кандидат је демонстрирао и окарактерисао електронске уређаје постојане меморије веома високих перформанси базиране на транзисторима ефекта поља са цинк оксидним наножицама и фероелектричним диелектрицима. При том је губитак струје кроз фероелектрични гејт диелектрик минимизиран, што јасно показује потенцијал фероелектричних диелектрика у апликацијама постојане меморије на бази наноелектронских уређаја.

### Подаци о цитираности

Према бази *Web of Science*, радови др Станка Недића су цитирани укупно 42 пута без присуства аутоцитата (57 цитата према бази *Google Scholar*).

### Параметри квалитета часописа

Кандидат др Станко Недић је објавио укупно 2 рада у међународним часописима и то:

- 1 рад у међународном часопису изузетних вредности *ACS Nano* (IF = 10,774)
- 1 рад у врхунском међународном часопису *Applied Physics Letters* (IF = 3,729)

Укупан импакт фактор објављених радова је 14,503.

### Међународна сарадња

Током свог докторског рада, кандидат је остварио значајну сарадњу са групом Prof Takhee Lee са Института за науку и технологију у Гвангџуу (*Gwangju Institute of Science*

and Technology – GIST) у Јужној Кореји. Ова група је веома позната на међународном нивоу по оствареним запаженим резултатима у области наноелектронике.

## **2. Нормирање коауторских радова, патената и техничких решења**

Рад кандидата категорије M21a објављен у *ACS Nano* има нормирану вредност од 5,5 М-бодова према формули из Прилога 1 Правилника о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача (укупно 11 коаутора укључујући кандидата). Број М-бодова за категорију M21a је 10 без нормирања.

## **3. Утицај научних резултата**

Утицај научних резултата кандидата се огледа у броју цитата који су наведени у тачки 1 овог одељка као и у прилогу о цитираности. Значај резултата кандидата је такође описан у тачки 1. Кандидат се сматра основним/најважнијим аутором рада објављеног у врхунском међународном часопису *Applied Physics Letters*.

## **4. Конкретан допринос кандидата у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству**

Кандидат је све своје истраживачке активности реализовао на Универзитету у Кембриџу у Великој Британији. Кандидат је дао кључни допринос објављеним радовима и у раду објављеном у *Applied Physics Letters* је први аутор. Његов допринос се огледа у експерименталним делатностима попут фабрикације и електронске карактеризације наноуређаја, као и писању радова и комуникацији са уредницима и рецензентима часописа преко Prof Sir Mark Welland.

## Елементи за квантитативну оцену научног доприноса кандидата

### Остварени М-бодови по категоријама публикација

Категорија	М-бодова по публикацији	Број публикација	Укупно М-бодова
M21a	10 (норм. 5,5)	1	5,5
M21	8	1	8
M34	0,5	2	1
M70	6	1	6

### Поређење оствареног броја М-бодова са минималним условима потребним за избор у звање научног сарадника

Минималан број М-бодова неопходан за избор у звање научни сарадник		Остварен број М-бодова
Укупно	16	<b>20,5</b>
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42	10	<b>13,5</b>
M11+M12+M21+M22+M23	6	<b>13,5</b>

## Закључак и предлог

Др Станко Недић у потпуности испуњава све услове за избор у звање научни сарадник предвиђене Правилником Министарства просвете, науке и технолошког развоја о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача. Приложени извештај комисије за избор др Станка Недића у звање научни сарадник поштује Упутство о начину писања извештаја о изборима у звања, које је усвојио Матични одбор за физику.

Током рада на докторској дисертацији др Станко Недић је остварио оригиналне и међународно запажене научне резултате које је објавио у 1 раду М21а категорије и 1 раду М21 категорије, и саопштио на 2 конференције.

Имајући у виду квалитет научноистраживачког рада и достигнути степен научноистраживачке компетентности кандидата, изузетно нам је задовољство да предложимо Научном већу Института за физику у Београду да донесе одлуку о прихватању предлога за избор др Станка Недића у звање научни сарадник.

Београд, 12. јул 2019.

Чланови комисије:



др Радош Гајић  
Научни саветник  
Институт за физику у Београду



др Јелена Пешић  
Научни сарадник  
Институт за физику у Београду



др Марко Спасеновић  
Виши научни сарадник  
Институт за хемију, технологију и металургију у Београду