

# Научном већу Института за физику

## Извештај комисије за реизбор Марка Младеновића у звање истраживач сарадник

На седници Научног већа Института за физику одржаној 13. 9. 2016. године именовани смо у комисију за реизбор Марка Младеновића у звање истраживач сарадник.

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

### Биографски подаци о кандидату

Марко Младеновић је рођен 2. 9. 1988. у Зајечару. Завршио је Математичку гимназију у Београду као носилац Вукове дипломе. Потом уписује Електротехнички факултет Универзитета у Београду, одсек Физичка електроника, смер Наноелектроника, оптоелектроника и ласерска техника. Факултет је завршио са просечном оценом 9,78 као најбољи студент генерације на одсеку. Затим уписује мастер студије на истом факултету на модулу Наноелектроника и фотоника. Мастер рад под називом “Атомска и електронска структура граница између кристалних домена у нафталену” је одбранио 17. 9. 2012. Докторске студије на истом факултету и модулу уписује 30. 11. 2012, а у септембру 2016. године је предао докторску дисертацију под називом: “Electronic Properties of Interfaces Between Domains in Organic Semiconductors”.

Кандидат је започео свој истраживачки рад на Институту за физику у Београду у Лабораторији за примену рачунара у науци почетком августа 2011. године, а запослен је од 1. 11. 2012. Ангажован је на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије ОН171017 “Моделирање и нумеричке симулације сложених вишечестичних система”. Од 2011-2015. године био је ангажован и на пројекту из Седмог оквирног програма Европске комисије “Електронски транспорт у органским материјалима”. До сада је учествовао на већем броју међународних конференција и школа. На конференцији European Materials Research Society Spring Meeting 2014 у Лилу награђен је за најбољег младог истраживача у оквиру секције “Компјутерско моделовање органских полупроводника”. Објавио је 5 радова у врхунским међународним часописима (M21 и M21a).

У звање истраживач сарадник је изабран 24. септембра 2013. године.

## Преглед научне активности кандидата

Научно-истраживачки рад Марка Младеновића је у области електронских особина органских материјала. Досадашњи рад је био усмерен на разумевање електронских стања која се јављају на границама између домена у тим материјалима, као и на ефекте термалне неуређености материјала.

Марко Младеновић се најпре бавио испитивањем електронске структуре границе између кристалних домена у органским полупроводницима на бази малих молекула. Реални органски полупроводници на бази малих молекула су поликристални, тј. садрже кристалне домене различитих оријентација. Експериментално је утврђено да граница између кристалних домена лоше утиче на особине материјала али механизам утицаја није разјашњен. Као пример органских полупроводника на бази малих молекула коришћен је нафталин. За генерисање атомске структуре границе између кристалних домена у нафталину развијен је одговарајући Монте Карло алгоритам, а за прорачун електронске структуре коришћен је метод склапања наелектрисања, који се базира на теорији функционала густине. Утврдио је да долази до локализације електронских стања на два суседна молекула са различитих страна границе и то на местима где је растојање између та два молекула знатно мање него растојање између таквих молекула у кристалу. Притом је енергија таквог стања директно повезана са растојањем између молекула. Тај резултат је омогућио да се одреди густина електронских стања система само на основу његове геометрије, без детаљних квантномеханичких прорачуна.

Кандидат је затим испитивао ефекте термалне неуређености у органским полупроводницима на бази конјугованих полимера. Посебно је разматран утицај неуређености бочних ланаца, главних ланаца као и кумулативни ефекат неуређености бочних и главних ланаца. Утицај је квантификован прорачуном укупне локализације носилаца, локализације на различитим ланцима и густине стања. Закључено је да неуређеност главних ланаца доводи до локализације носилаца на неколико, најчешће два ланца.

Реални материјали на бази конјугованих полимера садрже измешане кристалне и аморфне домене. Кандидат је испитивао електронску структуру границе између кристалног и аморфног домена. Разматрано је неколико типова границе: (1) оштра граница између домена, (2) граница са неуређеним доменом између кристалног и аморфног домена и (3) граница сачињена од продужених ланаца који припадају и кристалном и аморфном домену. Резултати су показали да независно од типа границе највиша електронска стања у валентној зони припадају кристалном домену и да не долази до формирања стања у енергијском процепу, нити стања која припадају и једном и другом домену.

Коначно, кандидат је испитивао ефекте спонтане поларизације у уређеном РЗНТ (поли-3-хексилтиофен) полимеру. Закључено је да је узрок значајне вредности спонтане поларизације дуж главног ланца несиметричан распоред бочних ланаца. Показано је и да се спонтана поларизација очувава и на собној температури, али да тада има нешто мању вредност. На крају, разматрана је и електронска структура границе између кристалног и аморфног РЗНТ у случају када је граница нормална на правац главних ланаца у кристалном домену. Због ефеката спонтане поларизације, највиша стања у валентној зони су конфинирана са једне стране кристалног домена.

## Награде и остале активности

Марко Младеновић је добио награду за студента генерације на Одсеку за физичку електронику Електротехничког факултета. Добитник је и награде за најбољи рад младог истраживача у секцији за микроелектронику и оптоелектронику на конференцији ЕТРАН 2012. године. На конференцији European Materials Research Society Spring Meeting 2014 у Лилу награђен је за најбољег младог истраживача у оквиру секције “Компјутерско моделовање органских полупроводника”.

Марко је учествовао на већем броју конференција и школа. Своје резултате истраживања је лично представио на следећим конференцијама (пуне референце су дате у списку публикација):

- 56. конференција за електронику, телекомуникације, рачунарство, аутоматику и нуклеарну технику (ЕТРАН),
- The 3<sup>rd</sup> International conference on optical materials (ICOM),
- DPG Spring Meeting 2013,
- The 6<sup>th</sup> International Symposium on Flexible and Organic Electronics (2014).
- The 19<sup>th</sup> Symposium on Condensed Matter Physics (2015).
- Gordon Research Conference on Electronic Processes in Organic Materials 2016

Учествовао је на следећим школама:

- The 7<sup>th</sup> International Summer Schools on Nanosciences and Nanotechnologies, Organic Electronics and Nanomedicine, 6-13 July 2013, Thessaloniki, Greece,
- The 12<sup>th</sup> International Krutyn Summer School "Solving the World's Energy Demands with Molecules and Nanostructures in Sunlight", 1-6 October 2012, Krutyn, Poland,
- Advanced School on Scientific Software Development: concepts and tools, 20 February - 2 March 2011, Trieste, Italy.

## Закључак и предлог

Марко Младеновић испуњава све услове за реизбор у звање истраживач сарадник предвиђене Правилником Министарства просвете, науке и технолошког развоја о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата истраживача. Своје главне научне резултате је објавио у 5 радова у часописима М21 категорије (од чега је један рад у часопису категорије М21а). Марко је у свом досадашњем раду најпре стекао знања из области органских полупроводничких материјала, усвојио постојеће методе за прорачун њихових електронских особина, а затим и развио нове методе и добио оригиналне научне резултате.

Имајући у виду квалитет његовог научно-истраживачког рада и достигнути степен истраживачке компетентности, изузетно нам је задовољство да предложимо Научном већу Института за физику да реизабере Марка Младеновића у звање истраживач сарадник.

У Београду, 14. септембра 2016. год.

Чланови комисије:

др Ненад Вукмировић  
Научни саветник  
Институт за физику у Београду

др Антун Балаж  
Научни саветник  
Институт за физику у Београду

проф. др Јелена Радовановић  
Редовни професор Електротехничког  
факултета Универзитета у Београду