

## СТАНОВИЩЕ

От член на НЖ: Доц. д-р Тая Цветанова Цветкова, ИФТТ-БАН,  
за дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен

„Доктор“

Професионално направление 4.1 „Физически науки“ („Електрични, магнитни и оптични свойства на кондензираната материя“)

Автор на дисертационния труд: Максим Кирилов Сандулов,  
редовен докторант в ИФТТ-БАН

Тема на дисертационния труд: „Приложения на йонната имплантация за целите на нано-размерен електрически запис на информация в диамантено- подобен въглерод“

Докторантът Максим Кирилов Сандулов е завършил през 2011 г. Южнорусийския Държавен Технически Университет в гр. Новочеркасск, Русия, като инженер-нанотехнолог в електрониката. Зачислен е като редовен докторант в ИФТТ-БАН в периода 2013-2016 г. с цел включване в участието на групата му в международен проект по 7РП - CareRAMM (Carbon resistive random access memory materials) (Въглеродни материали за резистивни RAM памети) по тематичен приоритет NMP.2012.2.2-2 'Materials for data storage' (Материали за запис на информация), завършил успешно през 2016 год.

Дисертационният труд на Максим Кирилов Сандулов е посветен на изследване на възможностите на йонно-лъчевата имплантация за оптимизиране на наноразмерен електрически запис на информация от типа на резистивните RAM памети в аморфен диамантеноподобен въглерод. Темата за използването на RAM памети на базата на въглеродни материали е особено актуална във връзка с предлаганите от тях предимства по отношение на налагащите се все по-високи изисквания към модулите цифрови памети, от гледна точка на информационна плътност (информационен капацитет), компактност, сигурност, енерго-независимост и операционна скорост.

Дисертационният труд е написан на 159 страници и се състои от въведение, три глави и заключителна част, включваща обобщение на резултатите, основните приноси и списък на цитираната литература. Авторефератът, представен на 35 страници, съвсем точно и изчерпателно отразява резултатите от изследванията, представени в дисертацията.

В уводната част на дисертацията убедително е представена мотивацията за изследванията, ясно са формулирани целите и задачите на дисертационния труд. От обширния обзор, включващ 100 страници от дисертацията, се вижда, че авторът познава добре състоянието на изследванията в областта и проблемите, които трябва да се решават.

Основните резултати и приноси на дисертационния труд са представени в следващата трета глава от дисертацията. В първата ѝ част е представено описание на избраната технология и изчисления на приложените условия на йонната имплантация чрез симулационната програма SRIM, а във втората са представени експерименталните резултати, получени на база на приложените експериментални методи за анализ. Изборът на тези методи е направен с цел оптимално характеризирание на изследваните образци с оглед на поставените цели и задачи на дисертационния труд. В заключението са обобщени получените резултати и приносите на автора.

Основните приноси на дисертационния труд се явяват разработката на технологията за йонно-лъчево структурно-химично модифициране и оптимизиране на ефекта на електричното резистивно превключване в тетраедрични въглеродни тънки слоеве, за целите на електрични RAM памети, изучаване на механизмите и условията на електростимулираните обратими фазови преходи, подобряване и оптимизиране условията на процесите за запис/изтриване чрез въвеждане на радиационни фазово-структурни модификации и химичното въздействие на азота.

Оптимизираното и контролируемо модифициране на електричните параметри в ефекта на резистивното превключване в та-С слоевете, отлично се постига чрез въвеждане на радиационни фазово-структурни изменения и химично въздействие на азотния елемент, предизвикани чрез метода на ниско-енергетичната йонна имплантация. Методът на йонната имплантация позволява да се получи равномерно разпределение на имплантирания азотен елемент водещ до образуване на цяла донорна примесна зона, която улеснява електронната полева емисия и допринася към общата проводимост с допълнителни примесни състояния. Химичното влияние на азотния елемент и неговото хомогенното разпределение се свързва с ефекта на постигнатите спадове в праговите напрежения на превключване в имплантираните тетраедрични въглеродни тънки слоеве.

Като участник в успешно приключилия проект CareRAMM през м. февруари 2016 г., докторантът несъмнено е получил допълнителна подкрепа от високотехнологичната апаратура и експертни консултации на няколко водещи европейски научни центрове, което съществено е спомогнало за по-пълното му професионално израстване в областта на материалознанието и по-конкретно на материалите за запис на информация. От не по-малко значение е също и допълнително развиваната самостоятелност по време на прилагане на получените знания за намиране на иновативни решения за конкретни експерименти и анализа на резултатите от тях, което се вижда и от представения значителен обем изследвания проведени в страната по време на курса на обучение.

Представените в дисертационния труд резултати са публикувани в 8 научни статии в научни списания, 3 от които са в списания с импакт фактор. Докторантът е представил резултатите на 10 международни научни конференции, научни семинари и научни сесии. Публикациите са в съ-авторство, като е представен разделителен протокол.

Имам някои забележки за техническото оформление на материалите. Не смятам за подходящо поставянето на Съдържанието на дисертационния труд след текста на Въведението, както е избрал дисертантът. Има наличие на езикови и граматически грешки.

Представеният дисертационен труд характеризира **Максим Кирилов Сандулов** като израстнал млад учен, способен да провежда самостоятелни изследвания с важно научно и практическо приложение. Считам, че представените материали напълно отговарят на ЗРАС в РБ и на изискванията на ИФТТ-БАН за присъждане на **образователната и научна степен „доктор“** и с пълна убеденост препоръчвам на членовете на научното жури да гласуват за присъждане на тази степен на **Максим Кирилов Сандулов**.

Дата: 30.03.2018 год.

Изготвил:

/подпис/