

## РЕЦЕНЗИЯ

на материалите по конкурс за заемане на академичната длъжност “доцент” по научната специалност „Физика на кондензираната материя“ –към направление „Нанозфизика“; професионално направление 4.1. за нуждите на ИФТТ-БАН, обявен в ДВ, бр. 64 от 16 август 2016г. с единствен участник д-р Пенка Танова Терзийска.

Рецензент: Марин Мирчев Господинов, професор, дфн, Институт по физика на твърдото тяло при БАН.

На конкурса се представя един кандидат- д-р Пенка Танова Терзийска, която отговаря на законовите изисквания за заемане на академичната длъжност “доцент” по чл. 29 от Закона за развитието на академичния състав на Република България и чл. 60 от Правилника за неговото прилагане. Предоставени са всички необходими документи. Трудовете и научните резултати на кандидата напълно съответстват на тематиката на обявения конкурс в Държавен вестник.

Д-р Пенка Танова Терзийска завършила висше образование по инженерна физика със степен Магистър в Пловдивския Университет « Паисий Хилендарски», с квалификация – инженерна физика, специалист по твърдотелна оптоелектроника. Темата на дипломната работа : “Модификация на повърхността на високотемпературен полупроводник от  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  с  $\text{CO}_2$  лазер” През 1999 г започва докторантура към Университета в Монпелие-Франция и защитава докторска дисертация на тема „ Електронни транспортни свойства на SiC .Приложение в полупроводниковата електроника“. В периода 2000-2005 г. работи като научен сътрудник в Централна лаборатория по приложна физика –БАН, Пловдив. В периода 2007-2008 г. е на постдокторска позиция в Отавския университет университета в Отава- Канада, а в периода 2010-2013 г. също на постдокторска позиция в университета в Онтарио- Канада.

Дисертацията за научната степен « доктор» е основана върху 3 публикации,които не са приложени към документите по конкурса, приложен е автореферата на докторската дисертаци, написан на български език, а докторската степен издадена във Франция е потвърдена от ВАК на Република България. Автореферата и приносите са отразени в тези 3 публикации, които тук не се рецензират, но ще се отчитат приносите на кандидата в тези работи при заключението.

Без публикациите, на които е изградена дисертацията, д-р Пенка Танова Терзийска е представила 22 научни труда и автореферат на дисертация. Публикациите са в най-авторитетните международни списания в областта на конкурса :- "physica status solidi (a) -2 броя." "Materials Science Forum." "Thin solid films. physica status solidi (c)." -2 броя, "MRS Proceedings том 1396- 1 брой." "Applied Surface Science." - 2 броя, "Japanese Journal of Applied Physics- 1 брой." "Journal of Crystal Growth." - 1 брой, "Materials Letters." – 1 брой, "Journal of Physics: Conference Series." - 6 броя, "Bulgarian Chemical Communications- 2 броя, "Bulgarian Journal of Physics-1 брой.

### **Обща характеристика на научната и научно- приложна дейност на кандидата**

Научните трудове на д-р Пенка Танова Терзийска са в областта на физиката на полупроводниците и физиката на тънки слоеве. Изследвани са различни полупроводникови материали и слоеве от сложни окиси.

Кандидатката е работила основно върху 4 експериментални проблема във физиката.

#### *1. Изследване на електронните транспортни свойства на 4Н- и 6Н-SiC чрез ефект на Хол.*

- Проведени са Холови измервания и е предложен модел, който описва едновременно поведението на концентрацията и подвижността на свободните токоносители във функция на температурата в кристали от 6Н-SiC.

- На основата на получените експериментални резултати е предложен модел за определяне на концентрацията и подвижността на свободните токоносители във функция на температурата в слоеве от 4Н- и 6Н-SiC, легирани с азот in-situ и чрез йонна имплантация. Получени са слоеве с концентрация на свободните токоносители в интервала от  $10^{15} \text{ cm}^{-3}$  до  $10^{19} \text{ cm}^{-3}$  – публикация (3) от списъка.

- Изследване на структурните и електрофизични свойства на епитаксиални слоеве от GaAs и InGaAsN посредством AFM, XRD, SEM, FTIR и метода на Хол

- Посредством метода на рентгенова дифракция е определено качеството на изследваните слоеве и параметъра на решетката на епитаксиални слоеве от разредени нитриди InGaAsN, получени върху подложки от GaAs по метода на течната епитаксия. Несъответствието на параметрите на решетките на слоевете InGaAsN и подложката от

GaAs, е по-малко от  $7 \cdot 10^{-4}$ , а полушираната на дифракционните максимуми на InGaAsN от снетите дифракционни криви е в интервал 50-75 arcsec. С помощта на AFM е изследвана топографията на повърхността на епитаксиалните слоеве и е измерена грапавост (RMS) в интервал от 0.18-0.22 nm.

- Изследвана е локалната микроструктура на получените съединения посредством измерване на ИЧ поглъщане. Установено е, че получаването на изорешетъчни ненапрегнати дебели слоеве с високо кристалографско качество върху подложки от GaAs е свързано с преференциално формиране на In-N връзки в кристалната решетка на тези съединения.

- По метода на Хол са характеризирани нелегирани слоеве от GaAs и InGaAsN, както и легирани с Sn InGaAsN слоеве. Концентрацията на свободните токови носители на нелегираните слоеве от GaAs е  $\sim (6-8) \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ , а за нелегираните InGaAsN слоеве концентрацията на свободните токови носители се увеличава драстично и е в граници  $(1-2) \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ . Предположено е, че включването на азот в кристалната решетка на бинарното съединение е свързано с модификация на зоната на проводимост в следствие на образуването на азотосъдържащи кластери, които водят до възникване на локализиращи състояния близо до края на ЗП, като част от тях играят роля на изовалентни електрони.

- Легиране с калай на съединенията от разредени нитриди довежда до понижение на концентрацията на свободните електрони с близо на 1 порядък, а подвижността слабо се увеличава. Включването на калай влияе върху количеството и вида на точковите дефекти в слоевете, като намалява концентрацията на свободните токови носители. Определена е подвижността на токовете носители в слоевете от разредени нитриди със стойности около  $2000 \text{ cm}^2/\text{V.s}$

- измерени са концентрациите и подвижностите на токовете носители на нелегирани слоеве от GaAs, израстнати от разтвори на чист Ga, и от разтвори Ga+Bi. Епитаксиалните слоеве, израстнати от разтвори Ga+Bi са с по-ниска концентрация на носители и значително по-висока подвижност, в сравнение с подвижността на свободните токови носители в слоевете израстнати от разтвори на чист галий – публикации № 4, 10, 12 и 15 от списъка .

*2. Изследване на слоеве от InN, GaN и AlN с методите на Атомно-Силовата Микроскопия .*

- Изследвани са епитаксиални слоеве от InN, GaN и AlN израстнати върху подложки от сапфир (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) или силиций (Si) получени чрез Migration Enhanced Afterglow (MEAglow). Изследвана е топографията на слоевете публикации №5-7, 9, 10, 17.)

- Разработена е методика за експресно регистриране на наличието на излишек от (нереагирал) метал на повърхността на епитаксиалните слоеве (или подложките) с помощта на AFM. Тази методика позволява да бъдат регистрирани течен галий на повърхността на слоя, а също и за детектирането на метали като In, които са в много малки количества на повърхността на образеца.

3. Получаване и изследване на InN nanofwires (10,17).

4. *Спектрална елипсометрия.*

- Изследвани са еднослойни структури от AlN, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO, HfO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, CoO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO, GaN, ZnMgO, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, W<sub>0.92</sub>Mo<sub>0.08</sub>O<sub>3</sub>, WO<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> (DLC, C, отложени върху подложки от Si, стъкло, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ITO. Определени са дебелините и оптичните константи на слоевете от изследваните структури.

- Изследвани са свръхрешетки от HfO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> отложени чрез ALD  
Публикации № 16, 18-22 от списъка .

### **Основни научни и научно- приложни приноси**

- предложен е модел, който описва едновременно поведението на концентрацията и подвижността на свободните токоносители във функция на температурата в кристали от 6H-SiC.

- направено е моделиране на експерименталните резултати от измерванията на подвижността на свободните токоносители във функция на температурата в слоеве от 4H- и 6H-SiC, легирани с азот in-situ и чрез йонна имплантация. Определени са основните електрическите параметри на слоевете – публикация № 3 от списъка

- В епитаксиалните слоеве , получени по метода на нискотемпературната течна епитаксия от разтвори с различно съдържание на Ga и Bi, както и от разтвори на чист галий е наблюдавано значително намаляване на концентрацията на свободните токови носители ( $n \sim 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ ) и увеличаване на тяхната подвижност до (40 000 cm<sup>2</sup>/V.s)- публикация (4)

- В слоеве от InN, израстнати върху подложки от сапфир и силиций е наблюдаван механизъм на двумерен растеж , който е свързан със структурата на повърхността на подложката, наблюдавана с метода на AFM топографията- публикации (11, 14 и 17) от списъка.

Работите на д-р Пенка Танова Терзийска са добре известни на научната общественост. Те са докладвани на общо 31 международни конференции и 10 научни семинари. Независимите цитати на нейните трудове са 27. Най-много са цитирани работи номер 1 и 4 от списъка публикувани през 1998г. във „physica status solidi (a)” и „Thin solid films” . За приноса на д-р Пенка Танова Терзийска говори факта, че тя е първи автор в 7 от статиите. а в 8 втори. Това показва нейната вдещата роля. Научната продукция на д-р Пенка Танова Терзийска е в съавторство, но нейните лични приноси са добре открити. Това е напълно разбираемо, като се има предвид, че изследванията са предимно експериментални в много актуална област на приложната физика. Критични бележки към рецензираните трудове нямам, те са публикувани във водещи научни списания във областта на физиката и са рецензирани от специалисти .

### **Преподавателска дейност**

Д-р Пенка Танова Терзийска е водела упражнения и лекции по медицинска физика в Института за чуждестранни студенти към Медицинска Академия , Пловдив.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ:**

**Представените за този конкурс материали и научни трудове на д-р Пенка Танова Терзийска характеризират кандидата като изграден специалист, способна за самостоятелно провеждане на научни изследвания в една важна и перспективна област на физиката на кондензираната материя – полупроводници и измервателни методи във физиката и тънките слоеве. Имайки предвид това, както и качеството на трудовете й, и международен отзвук на нейните публикации, препоръчвам на почитаемия Научен съвет на Института по Физика на твърдото Тяло при БАН да избере д-р Пенка Танова Терзийска на академичната длъжност "доцент".**

26.12.2016 г.

София

РЕЦЕНЗЕНТ:

/проф. Марин Господинов/