



Информация за изпълнение на етап на проект

| |
|--|
| Наименование на конкурса: |
| Конкурс за финансиране на научни изследвания – 2017 г. |
| Основна научна област: |
| Физически науки |
| № на договор: |
| ДН18/6 |
| Начална и крайна дата на проекта: |
| 10 Дек. 2017-10 Юни 2019 + 5 месеца удължение |
| Заглавие на проекта: |
| Получаване и характеризиране на слоеве от AlN за прибори на основата на повърхностно акустична вълна |
| Базова организация: |
| Институт по Електроника –БАН |
| Партньорски организации: |
| |
| Ръководител на научния колектив (академична длъжност, научна степен, име): |
| доц. д-р Милена Георгиева Бешкова |
| Общ размер на отпуснатото финансиране за първи етап: |
| 60 000 лв |
| Интернет страница на проекта (ако има такава): |
| |
| Научни публикации по проекта: |
| 1. Milena Beshkova, and Rositsa Yakimova, Properties and potential applications of two dimensional AlN –theoretical aspects, Vacuum (under review) |
| 2. M. Beshkova, B.S. Blagoev, V. Mehandzhiev, R.Yakimova, I. Avramova, P. Terziyska, D. Kovacheva, Growth of AlN films by plasma-enhanced atomic layer deposition, http://www.veit.ie-bas.org/ (to be published in J. of Physics) |
| 3. R. Yakimova, I. Shtepliuk, M. Vagin, T. Iakimov, M. Beshkova, I.G. Ivanov, K. Sarakinos, Interplay of metals with epitaxial graphene on SiC http://www.veit.ie-bas.org/ (to be published in J. of Physics) |
| |
| |



Описание на очакваните резултати по проекта (до 1 стр. в рамките на полето по-долу):

1. Очакваме да намерим предпоставка за самоограничаващ се растеж на тънки слоеве AlN чрез плазма стимулирано атомно послойно отлагане (PEALD plasma enhanced atomic layer deposition).

В резултат, на което да се получават еднородни по дебелина слоеве, като дебелината може да се контролира от броя на циклите. Което също е предпоставка за отлагане на 2D-AlN. Ниският размер на AlN е предмет на темата в областта на материалознанието поради уникалните и потенциални полезни свойства. Това ще позволи прогнозиране на ново поколение прибори на основата на повърхностно акустична вълна (SAW Surface aquatic wave).

2. Очакваме да намерим влиянието на технологичните параметрите върху преференциалната ориентация, грапавостта на повърхността и хомогеността и за двата типа отлагане (PEALD и магнетронно разпръскване) .

i) По отношение на структурата:

- (002) преференциална ориентация, тъй като е установено, че има висок пиезоелектричен отговор

-висока интензивност на 2θ за (002) рефлекс, което показва добро качество на кристалите

-без отместване от стандартна позиция на 2θ за (002) рефлекс 36.04 (съгласно Joint Committee on Powder Diffraction Standards, JCPDS), което следва да показва, че AlN е свободна от стрес

ii) по отношение на кристално качество

-очаква се полуширините на омега-кривите на (002) рефлекс да бъде около 3° , което ще индикира силна текстура по оста с

(iii) По отношение на грапавостта на повърхността:

-да бъде по-малко от 30 nm , за да удовлетвори изискванията за SAW прибори

(iv) По отношение на морфология

-свободна от пукнатини повърхност на AlN слоеве

(v) по отношение на химичния състав

-хомогенен състав със съотношение Al / N (1: 1)

SAW прибори, като резонатори и филтри, са жизненоважни компоненти, особено в телекомуникациите. Постоянното търсене за увеличаване на честотата на предаване изисква тези прибори да работят на по-високи честоти.



Членове на научния колектив

| <i>Организации/участници¹</i> | <i>Бележка²</i> |
|--|----------------------------|
| <i>Базова организация:</i> | |
| Институт по Електроника –БАН | |
| <i>Ръководител на научния колектив</i> | |
| доц. д-р Милена Георгиева Бешкова | |
| <i>Участници:</i> | |
| Проф. д-р Росица Тодорова Якимова | УЧ |
| Доц. д-р Благой Спасов Благоев | |
| Физик Владимир Борисов Механджиев | |
| Проф. дфн Тимерфаяз Хаматшинович Нургалиев | |
| Инженер-химик Емил Георгиев Моралийски | СТ |
| Инженер-химик Борислава Веселинова Георгиева | ДО, МУ |
| | |
| <i>Участници:</i> | |
| | |
| | |
| <i>Партньорска организация:</i> | |
| | |
| | |
| <i>Участници:</i> | |
| | |
| | |

¹ Отбележете академичната длъжност, научната степен, име и фамилия на всеки участник като включите и участниците, които са работили по проекта не през целия период за изпълнение на проекта

² Отбележете дали участникът в колектива е млад учен (МУ), постдокторант (ПД), докторанти (ДО) или студенти (СТ), или учен от чужбина (УЧ).



Постигнати резултати от изпълнението на проекта и кратък анализ на тяхната приложимост (до 1 стр. в рамките на полето по-долу)

Успехът на графена е показал, че е възможно да се създадат стабилни слоеве ван дер Ваалс материали с дебелина един или няколко атома, както и че тези материали могат да проявяват различни и технологично полезни свойства.

Първата работа представя преглед на теоретичните изчисления, изволзвайки теория на функционалната плътността (DFT, density functional theory), фокусирани върху стабилността на безкраен хексагонален лист AlN (h-AlN), различията които възникват в електронната структура между обемния и моно слой и различни методи за манипулиране на техните електронни и магнитни свойства чрез функционализиране на повърхността с водород и флуор или прилагане на различни видове стрес.

На базата на DFT представяме преглед за по-нататъшно приложение на 2D-AlN като газов сензор за CO₂, CO, H₂, O₂ и NO и възможността за селективно откриване на молекули от NO₂ в присъствието на NH₃ молекули.

Освен това, 2D-AlN може да има потенциално приложение като сорбентен материал за отделяне на CO₂ и улавяне от газова смес. Допълнително очертаваме различните стратегии за отлагане на еднослойни и няколкослойни AlN върху различни подложки и експериментални методи за тяхната идентификация и характеризиране. AlN приема графеноподобна хексагонална решетка с по-голяма решетъчна константа (3.13 Å) в сравнение с обемния вюрцитен AlN (3.10 Å). Ширината на забранената зона на 2D-AlN в сандвич система Si подложка/графен е теротично пресметнато да бъде ≈9.63 eV използвайки DFT и експериментално установен в границите 9.20-9.60 eV използвайки ултравиолетова фотоелектронна спектроскопия (UPS-ultraviolet photoelectron spectroscopy). Ултра широката ширина на забранената зона на 2D-AlN ще даде възможност за развитието на следваща генерация прибори в оптоелектрониката.

Втората работа изследва израстването на тънки слоеве от AlN върху подложка от 4H-SiC (0001) използвайки Beneq TFS-200 ALD (atomic layer deposition) реактор с капацитивен източник на плазма. За източници на Al и N са използвани триметилалуминий (TMA-Trimethylaluminum) и амоняк (NH₃), а за носещ газ е използван азот. Дозите на TMA и NH₃ са 0.05 s и 40 s, съответно и времето на прочистване е 10 s.

Изследван е ефекта на силата на плазмата (150-250 W), температурата на подложката (200-300°C) и броят на ALD цикли върху скоростта на отлагане, хомогеността, структурата и грапавостта на слоевете.

XPS (x-ray photoelectron spectroscopy) анализ показва спектър с пикове при 73.02 и 396.07 eV характерни за Al 2p и N 1s което потвърждава наличието на AlN за всички слоеве. Съотношението на Al/N е близо до стехиометричните стойности (1:1).

Отлагането на атомни слоеве чрез контролиране на дебелината от броя ALD цикли е предпоставка за отлагане на 2D-AlN, което ще позволи изследването на нови уникални физични свойства и прогнозирането на ново поколение прибори.

Третата работа изследва възможностите за получаване епитаксиален графен допиран с различни алкални и тежки метали (Li, Ag I Pb) чрез термично декомпозиране на SiC(0001) подложка като темплейт за 2D-AlN израстване чрез ALD.