

**НАНОСТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ПЛЁНКАХ НИТРИДА УГЛЕРОДА,
ЛЕГИРОВАННЫЕ ОКСИДОМ ЕВРОПИЯ**

Шемченко Е.И., Лихтенштейн И.Я., Глазунова В.А.

*ГУ «Донецкий физико-технический институт им.А.А.Галкина», г.Донецк
shemal@km.ru*

Методами электронной микроскопии исследованы плёнки нитрида углерода, легированные оксидом европия, полученные с помощью магнетрона постоянного тока - $CN_x:Eu_yO_z$. Получены ПЭМ-изображения плёнок $CN_x:Eu_yO_z$ на просвечивающем электронном микроскопе JEM200A.

Обычно для получения плёнок нитрида углерода не применяется магнетрон постоянного тока, так как его диапазон устойчивой работы требует хорошо проводящей мишени, металла, а углерод является полупроводником, то сложность подбора необходимых параметров, обычно являлась чрезмерной для получения образцов необходимого качества. Также традиционно легирующая примесь в виде редкоземельных металлов вводилась в углеродные плёнки в виде чистого металла [1-5]. При этом, кислород и азот необходимые для оптимального лигандного окружения люминесцирующего центра, вводили либо ионной имплантацией, либо отжигом в соответствующей атмосфере. В первом случае это приводило к деградации структуры, во втором к химическому травлению плёнок, и в целом к очень скромным результатам. Магнетрон постоянного тока при соответствующей модернизации позволяет полностью обойти эти ограничения.

Плёнки нитрида углерода CN_x , легированного трёхвалентным оксидом европия Eu_2O_3 , получали методом магнетронного распыления планарной комбинированной мишени магнетроном постоянного тока в атмосфере чистого азота на вакуумной установке ВУП-5М.

Мощность магнетрона постоянного тока не превышал 20 Вт при индукционной стабилизации плазмы разряда и давлении азота в рабочем объёме от 90 до 120 мТорр.

Комбинированная мишень представляла собой пластину химически чистого графита, в которой в зоне максимального разряда были просверлены несквозные отверстия диаметром 2 мм, заполненные подготовленным трёхвалентным оксидом европия. Мелкодисперсный порошок Eu_2O_3 сильно гигроскопичен, и абсорбированная вода в процессе распыления углеродной мишени активно реагирует с распыляемым углеродом, тем самым полностью стравливая растущую плёнку. Таким образом, возникает необходимость убрать абсорбированную воду. Учитывая, что оксид европия может иметь на одну собственную молекулу до 14 молекул абсорбированной воды, порошок компактировался в условиях всестороннего гидростатического сжатия, и отжигался при непрерывной откачке не хуже 10^{-5} Торр при температуре от 300° до 400° С.

В качестве подложек применялись полированные пластины гадолиний-галлиевого граната и покровные стёкла для оптической микроскопии. Подложки предварительно проходили двухступенчатую очистку в химически чистых этиловом, изопропиловом спиртах и парах изопропилового спирта. Финальную очистку поверхности подложки непосредственно перед процессом выращивания плёнки осуществляли аргоновой плазмой тлеющего разряда.

Больше поверхность подложки никак специально не подготавливалась для роста наноструктур. Подложкодержатель разогревался штатным радиационным нагревателем установки ВУП-5М, температура подложек при этом варьировалась в пределах 200° - 250° С для различных образцов. Время роста плёнок также варьировалось от 0,5 до 1,0 часа.

ПЭМ-изображения плёнок $CN_x:Eu_yO_z$ были получены методами просвечивающей электронной микроскопии с помощью микроскопа JEM200A фирмы «JEOL».

Характерные ПЭМ-изображения плёнок $CN_x:Eu_yO_z$, полученных методами просвечивающей электронной микроскопии, приведены на рис.1:

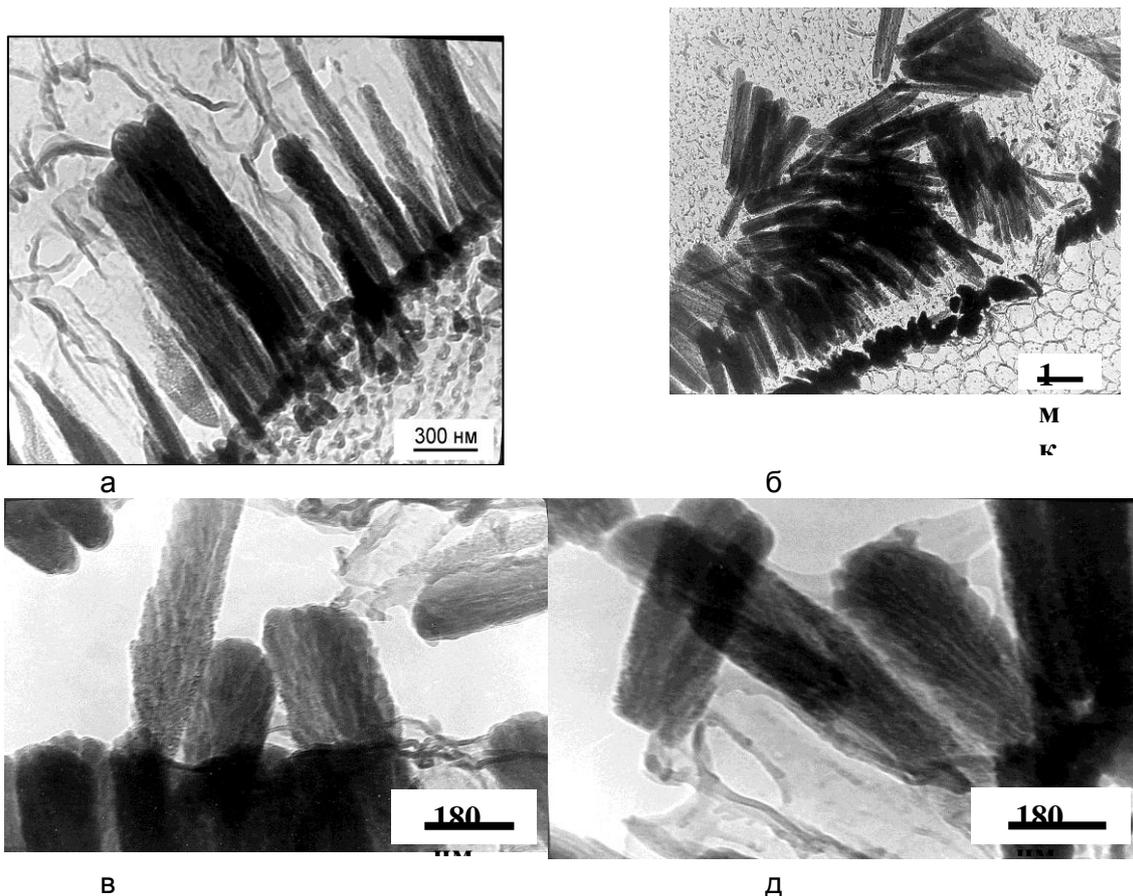


Рисунок 1- Характерные ПЭМ-изображения плёнок $CN_x:Eu_yO_z$,
 Рисунок 1а - торец плёнки $CN_x:Eu_yO_z$, в верхнем левом углу соответственно поверхность плёнки, а в нижнем правом углу поверхность подложки.
 Рисунок 1б,в и г - отдельные пучки наноколонн, удалённых из массива плёнки при различных масштабах

Плёнки состоят из расширяющихся к поверхности роста пучков наноколонн, диаметром около 20 нм, и длиной до 1200 нм, то есть на всю толщину образца.

На рис.1 а приведено ПЭМ-изображение торца плёнки нитрида углерода. В верхнем левом углу соответственно поверхность плёнки, а в нижнем правом углу поверхность подложки. Хорошо видно, что плёнка состоит из плотно прилегающих к друг другу пучков наноколонн.

На Рис.1 б,в и г, приведены ПЭМ-изображения отдельных пучков наноколонн, удалённых из массива плёнки при различных масштабах.

Отдельный пучок наноколонн образует хорошо заметную ветвистую структуру, то есть количество наноколонн у поверхности плёнки и у поверхности подложке в пучке может быть разным. Соответственно, длина отдельной наноколонны не обязательно составляет всю толщину плёнки, а может быть меньше.

Необходимо отметить, что переходной слой в системе подложка-плёнка не обнаруживается, что обусловлено либо его отсутствием, либо малой толщиной, выходящей за пределы разрешения электронного микроскопа.

Литература.

1. Kenichi Ohno, Joseph Heremans, Charles F. de las Casas, Bryan A. Myers, Benjamin J. Aleman, Ania C. Bleszynski Jayich, David D, Appl. Phys. Lett., T105, 052406 (2014).
2. Goeckner M.J., Goree J.A., Sheridan T.E.(Jr), IEEE. Trans. Plasma Sci, PS-19, 301 (1991)
3. Haberland H et al, Phys. Rev. Lett., 69, 3212 (1992).
4. Haberland H et al, J.Vac.Sci.Technol. A, 10, 3266 (1992).
5. Haberland H et al, Mater. Sci. Eng. B, 19, 31 (1993).