

УДК 621.362: 537.58

С.В.Сергеев (6 курс, каф.ФЭ),  
В.К.Шигалев, к.ф.м.н., доц.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОЭМИССИИ НАНОПОРИСТЫХ ПОКРЫТИЙ В ПАРАХ ЦЕЗИЯ

ABSTRACT: Thermionic emission investigation of diamond-carbon composites is used as a verification method for the hypotheses, which explains the high field emission of such composites by low work function of emissive centers.

Исследование термоэмиссии нанопористых покрытий в парах цезия содержит в себе два этапа. Первый - заключается в исследовании вакуумной работы выхода, а второй - в изучении влияния цезия на термоэмиссионные свойства нанокластерных алмазных соединений. Первый этап представляет самостоятельный интерес, так как в принципе позволяет ответить на вопрос, объясняются ли низкие эмиссионные пороги нанопористых соединений низкой работой выхода поверхности автоэмиссионных центров [1, 2]. Именно начальному этапу и посвящена настоящая работа.

Композитные соединения диэлектрик/углерод представляют собой класс материалов, обладающих очень низкими порогами полевой эмиссии. Например, для алмаз/графитовых соединений были зарегистрированы автоэмиссионные пороги  $\sim 1-3$  В/мкм. Объяснить столь низкие пороги усилением поля трудно, так как при работе выхода поверхности 4,8 эВ (графит) необходим коэффициент усиления  $\sim 5000$ . Это соответствует структурам атомных размеров высотой  $> 10$  мкм [1]. Поэтому, первоначально низкие пороги автоэмиссии связывались с отрицательным электронным сродством (ОЭС) [3,4,5].

Однако более глубокое изучение алмаз/углеродных пленок поставило под сомнение такое объяснение. Экспериментальные данные, полученные в работе [1], с использованием сканирующего туннельного микроскопа (топография поверхности, полевая эмиссия, электрическое сопротивление, поверхностный потенциал), говорят о хорошем соответствии эмиссионных центров наименьшей работе выхода (наименьшему поверхностному потенциалу) и наиболее высоким значениям электрического сопротивления. В то же время корреляция эмиссионных центров и острий на поверхностях образцов не обнаружена. Такую ситуацию довольно сложно объяснить с помощью ОЭС. К тому же недавно были получены еще более низкие автоэмиссионные пороги ( $\sim 0,5-1$  В/мкм) у других нанокластерных материалов ( $\text{SiO}_2$ , кубический и гексагональный BN вместо алмаза), которые дали похожие результаты при использовании сканирующей туннельной микроскопии, хотя ОЭС у них отсутствует [2].

В свете всего вышесказанного было выдвинуто предположение о преобладающем влиянии графитовой фазы в нанопористых соединениях. Исследуя эту фазу более подробно, пришли к мнению, что относительно большое значение электрического сопротивления в эмиссионных областях не типично для графита. Оно говорит о том, что пироуглеродная фаза имеет вид тонких графитовых пленок, которые, в свою очередь, могут разделяться на двумерные (2D) и трехмерные (3D) области. Наличие 2D/3D перехода на поверхности диэлектрика (алмаза) ведет к появлению приповерхностных уровней, которые снижают работу выхода, т.е. уменьшают туннельный барьер для выхода электронов в вакуум ( $\phi \sim 1$  эВ) [6, 7]. В том случае, если на определенном участке образца коэффициент локального усиления поля имеет достаточно большую, но разумную величину (100...500), и там же снижена работа выхода до  $\sim 1$  эВ, то этот участок может обеспечить эмиссию с наблюдаемыми порогами.

С другой стороны, при таких низких значениях работы выхода должна иметь место термоэлектронная эмиссия уже в условиях относительно невысоких температур ( $T \sim 300-$

400<sup>0</sup>С). Если считать, что суммарная площадь автоэмиссионных центров составляет  $10^{-7}$ - $10^{-8}$  см<sup>2</sup> [1], то с 1 см<sup>2</sup> поверхности суммарный термоэмиссионный ток должен быть порядка

$10^{-7} \dots 10^{-8}$  А, что достаточно просто измерить.

Для экспериментальной проверки низкой работы выхода алмаз/углеродных композитов разработана установка, позволяющая определять термоэмиссионный ток с поверхности композитов при температуре несколько сот <sup>0</sup>С. Низкий уровень исследуемых температур позволил предельно упростить конструкцию экспериментального прибора, при которой изучаемый образец нагревался в обычном термостате вместе со всем прибором. Вакуум ( $10^{-7}$  Тор) был безмасляный. Межэлектродное расстояние катод-анод составляло ~0,2 мм, площадь анода 0,25 см<sup>2</sup> (образец был больше анода). Напряжение на катод подавалось в диапазоне 0...100 В, ток измерялся при помощи ИМТ-05.

Предварительный результат измерений не выявил наличия термоэмиссионного тока, превышавшего порог чувствительности ИМТ-05 ( $\sim 10^{-12}$  А). Это говорит против выдвинутой в [1] гипотезы о наличии участков поверхности с работой выхода ~1эВ. Однако не исключено, что причина заключается в иной, чем в [1, 2] структуре поверхности образца. Поэтому для окончательного ответа на поставленный вопрос предполагается провести автоэмиссионные измерения с исследуемой поверхностью, чтобы убедиться, что она действительно имеет соответствующий (низкий, ~1 В/мкм) порог автоэмиссии.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Karabutov A.V., Florov V.D., Konov V.I., Ralchenko V.G., Gordeev S.K., Belobrov P.I. Low field electron emission of diamond/pyrocarbon composites // J. Vac. Sci. Technol., May/Jun 2001, B19(3).
2. Karabutov A.V., Ralchenko V.G., Vlasov I.I., Gordeev S.K., Korchagina S.B. Dielectric-carbon composites for field electron emitters // Paper presenter at the 14<sup>th</sup> IVMC, 13-16 August, 2001, Davis, CA, USA. p.1.
3. Himpsel F.J., Knapp J.A., Van Vechten J.A., Eastmen D.E. // Phys. Rev. 1979, B 20, 624.
4. Baumann P.K., Nemanich R.J. // Diamond Relat. Mater. 1998, 7, 612.
5. Robertson J., Rutter M.J., // Diamond Relat. Mater. 1998, 7, 612.
6. Karabutov A.V., Florov V.D., Konov V.I., Ralchenko V.G., Gordeev S.K., Belobrov P.I. // J. Vac. Techno. 2001, B 19, 965.
7. Karabutov A.V., Florov V.D., Konov V.I. // Diamond Relat. Mater. 2001, 10, 840.