

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭМИССИОННЫХ СВОЙСТВ УГЛЕРОДНЫХ ПЛЕНОК

Филипп А.Р., (БГУ), Кулешов А.К., (БГАТУ), г. Минск

В настоящее время во всем мире наблюдается все возрастающий интерес к созданию тонкопленочных углеродных покрытий. Их механические, электрические и оптические свойства уже достаточно хорошо изучены и широко используются. Другие же – такие, как эмиссионные, привлекли к себе внимание относительно недавно и перспективы от их применения выяснены еще не в полной мере. Достаточно сказать, что лишь в последние несколько лет появились первые сообщения [1] о создании прототипа «холодильного чипа», который уже в ближайшее время сможет произвести революцию в производстве холодильного оборудования самого различного назначения - от охлаждения микроэлектронных устройств, например, фильтров приемных антенн сотовой связи, высококачественных инфракрасных приборов ночного наблюдения, до бытовых холодильников.

В настоящей работе исследованы силовая и термоэмиссия электронов с поверхности углеродных пленок, специально предназначенных для использования в телевизионных устройствах и рассмотрена возможность их применения в теплоэнергетических преобразователях.

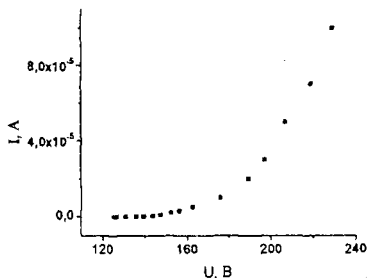
Для проведения данной работы была разработана и сконструирована экспериментальная установка. Уникальность созданной установки заключается в том, что в процессе измерения полевой эмиссии электронов образец может подвергаться контролируемому нагреву до температуры 700 °С, и это не приводит к заметному изменению сигнала, который остается постоянным в пределах уровня шума ($<10^{-10}$ А). Такие результаты были достигнуты благодаря тщательному подбору материалов, выдерживающих высокие температуры и характеризующихся малым давлением остаточных паров.

В сравнении с образцами, исследованными ранее [2], данные материалы обладают рядом преимуществ:

- Плотность тока эмиссии электронов достигает высоких значений при значительно более низком напряжении.
- Нет необходимости активирования поверхности пленок перед их использованием в качестве эмиттера даже после длительной выдержки на воздухе.

• ток эмиссии стабилен в широком диапазоне температур и приложенных напряжений.

На рисунке 1 представлена зависимость тока электронной эмиссии от приложенного напряжения.



Она подчиняется закону Фоллера-Нордгейма:

$$I = bE^2 \exp(-a\phi^{1.5}/\beta E) \quad (1)$$

где I – плотность тока в A/m^2 ,

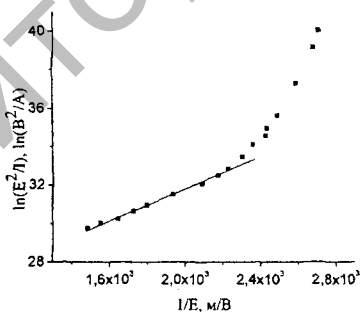
ϕ – работа выхода электрона в эВ,

E – напряженность электрического поля в В/м,

β – коэффициент усиления поля для шероховатой поверхности,

a и b – некоторые постоянные

На рисунке 2 – та же зависимость в координатах $1/E$ и $\ln(I/V^2)$ выглядит линейно на участке $155 \text{ В} < U < 230 \text{ В}$, что указывает на имевшее место в этом диапазоне напряжений тунелирование электронов с поверхности пленки:



Для определения работы выхода электронов с поверхности пленки в вакуум была исследована зависимость тока термоэлектронной эмиссии от температуры.

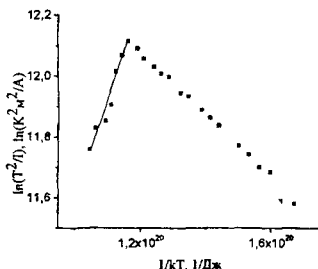
Полученные результаты, представленные на рисунке 3, дали возможность определить по формуле Ричардсона-Дешмена: $I = AT^2 \exp(-\frac{\phi}{kT})$

где T- абсолютная температура образца,

k- постоянная Больцмана,

A- некоторая постоянная

работу выхода электронов $\phi \approx 0,2$ эВ для диапазона температур $335^\circ\text{C} < T < 420^\circ\text{C}$.



Это значение существенно меньше, чем $\phi=1-1,5$ эВ – данные, наиболее часто приводимые в литературе [3]. Такое расхождение, вероятно, обусловлено тем, что полноценная методика оценки работы выхода предполагает спектральные измерения в диапазоне жесткого ультрафиолета.

Если же воспользоваться литературными данными как наиболее вероятными, то получается, что мощность охлаждения панели размером 50x50 мм составит 1 Вт при токе эмиссии 1 А. Если зазор анод-катод равен 50 мкм (легко реализовать в экспериментальном устройстве с помощью слюдяной прокладки), то напряжение на устройстве составит 500 В. Эти параметры устройства вполне легко реализовать.

Литература

1. US Patent № 6,593,683 2005 г.
2. V.M. Anishchik, V.V. Uglov, A.K. Kuleshov, A.R. Filipp, D. P.Rusalsky, M.V. Astashynskaya, M.P.Samtsov, T.A.Kuznetsova, F. Thièry, and Y. Pauleau Electron field emission and surface morphology of a-C and a-C:H thin films // Thin solid films, 482, 2005, 248-252.
3. F.Y. Chuang, C.Y. Sun, I.N. Lin //Appl. Phys. Lett –1996. – V.68. – P.1666.