

АВТОЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ ИЗ НАНОУГЛЕРОДА

Дидейкин А.Т., Эйдельман Е.Д., Вуль А.Я.

Физико-технический институт им.А.Ф.Иоффе

194021 Санкт-Петербург, Политехническая ул. 26, Россия

В последнее десятилетие проявляется заметный интерес к изучению полевой (автоэлектронной) эмиссии из различных напуглеродных структур в надежде создать полевой катод, обеспечивающий плотность эмиссионного тока до 10^3 Асм^{-2} в электрических полях менее чем 10^4 Всм^{-1} и работоспособных в относительно невысоком вакууме 10^{-6} Торг .

Однако фундаментальная природа полевой эмиссии из углерода остается непонятной, что препятствует достижению указанных параметров и делает невозможным выбор оптимальной конструкции углеродного эмиттера.

Мы предлагаем новый подход к конструкции полевого эмиттера основываясь на теории, которая учитывает термоэлектрический эффект, возникающий из-за увлечения фононов в углеродных наноструктурах [1].

Поскольку эмиссионный ток концентрируется в некоторых малых областях, известных как эмиссионные центры, то вблизи этих центров возникает градиент температур, приводя к возникновению термоэлектрического поля вследствие эффекта увлечения электронов фононами. Это внутреннее локальное электрическое поле в эмиссионном центре, которое может значительно превышать внешнее поле. Локальное поле, в свою очередь, понижает работу выхода, увеличивая эмиссионный ток.

Основываясь на этой идее мы предложили оптимальную структуру углеродного центра, состоящего из области (sp^3) кристаллического алмаза и проводящей графитовой (sp^2) области.

Эмиссионный электронный ток вызывает нагрев sp^2 областей, в то время как sp^3 (алмазные) области с высокой теплопроводностью вызывают температурный градиент. Алмазные области должны быть в тепловом контакте с массивным проводящим катодом.

Можно рассмотреть, что происходит в эмиссионном центре полевого катода под влиянием внутреннего электрического поля. Ток электронной эмиссии приводит к разогреву области эмиссионного центра, обращенной в вакуум. Существование кристаллических алмазных (sp^3) областей приводит к понижению температуры в области эмиссионного центра, которая контактирует с этими sp^3 областями. Возникающая при этих условиях разность температур поддерживает внутренне электрическое поле и, тем самым, эмиссионный процесс.

Заметим, что эффект увлечения электронов может быть существенным только в поликристаллических полуметаллах и полупроводниковых пленках, с малыми размерами зерен при больших градиентах температур. Такие условия возникают в смеси алмазных и графитовых кластеров. В металлах этот эффект несущественен.

Развита аналитическая теория, основанная на приведенной выше модели. Теория объясняет все основные экспериментальные факты, наблюдаемые в алмазоподобных пленках [2].

Литература

1. A.T.Dideikin, E.D.Eidelman, A.Ya.Vul'. The Mechanism of Autoelectron Emission in Carbon Nanostructures. Solid State Communication, v.126, 495 (2003).
2. A. T. Dideikin, E. D. Eidelman, and A. Y. Vul'. Thermoelectric effect in field electron emission from nanocarbon. In: Proceedings of the NATO ARW "Synthesis, Properties and Applications of Ultrananocrystalline Diamond", June 7-10, 2004, Springer, 2005, p.383.