

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Израэльянца Карена Рубеновича «*Эмиссионные характеристики углеродных нанотрубок в постоянном и слабом высокочастотном электрических полях*»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности  
01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Диссертационная работа Израэльянца Карена Рубеновича посвящена исследованию и анализу эмиссионных характеристик автоэлектронных эмиттеров с углеродными нанотрубками разной структуры в различных режимах работы.

Известно, что углеродные нанотрубки благодаря своим механическим и электронным свойствам, миниатюрным размерам и инертности углерода обладают большими потенциальными возможностями в области разработки низковольтных автоэлектронных эмиттеров. Эти возможности были отмечены, как только появились углеродные нанотрубки. Прошло 20 лет и, несмотря на многолетние усилия, реализовать потенциальные возможности в создании высокоэффективных эмиттеров до сих пор не удалось. В то же время необходимость в развитии радиолокации, спутниковой связи, высокоточного оружия, скоростного интернета требует скорейшей разработки автоэмиттеров для освоения частотного диапазона 0,1 - 1 ТГц.

Для реализации потенциальных возможностей углеродных нанотрубок в первую очередь требуется исследовать стабильность поведения нанотрубок в режиме большой плотности тока  $\approx 1 \text{ А/см}^2$ . Своими исследованиями и экспериментами диссертант показал, что в России имеются все возможности для производства на основе многостенных углеродных нанотрубок стабильных автоэмиттеров, обеспечивающие плотность тока более  $1 \text{ А/см}^2$  при флуктуации тока эмиссии не более 0.5%. Более того, экспериментальные образцы подобных эмиттеров были испытаны в малогабаритных рентгеновских трубках и показали стабильную работу в течение нескольких десятков часов в техническом вакууме. Причем рентгеновские трубки с таким катодом имели более простую конструкцию, меньшие габариты, обладали пониженным электропотреблением и требовали существенно меньшего времени для их включения по сравнению с аналогичными трубками, в которых используется термоэлектронный катод.

Диссертантом также разработано несколько оригинальных методик по определению физико-электронных характеристик углеродных нанотрубок.

Здесь в первую очередь следует выделить методику определения параметров собственных механических колебаний нанотрубок. Метод опирается на расчеты, проведенные с помощью теории колебаний. Расчетные формулы, полученные диссертантом, связывают параметры высокочастотного электромагнитного поля, в котором находятся нанотрубки, с частотами тока эмиссии и колебаниями нанотрубок.

Разработанные методики позволили диссертанту провести ряд уникальных исследований нанотрубок и дать ряд рекомендаций по формированию автоэммиттера с очень низким пороговым электрическим полем  $\approx 0.07$  В/мкм.

Результаты диссертации были заслушаны в ряде международных конференций, в том числе на 18-й международной конференции по вакуумной наноэлектронике (IVNC), Англия, Оксфорд, 2005, и опубликованы в ведущих иностранных журналах (например, Appl. Phys. Lett., Carbon и т. д.).

Считаю, что автореферат диссертации Израэльянца Карена Рубеновича полностью отражает основные результаты диссертации и соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к авторефератам кандидатских диссертаций, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

29.10.2014

Рычков Геннадий Сергеевич,  
доктор физико-математических наук

/ Рычков Г. С./

Подпись Г.С. Рычкова заверил  
нач. отдела кадров МИЭТ



/Заболотный С.В./

ФИО: Рычков Геннадий Сергеевич

Ученая степень: доктор физ. мат. наук

Специальность: 05.27.01.-твердотельная электроника, микроэлектроника

Почтовый адрес: 124498, Москва, Зеленоград, проезд 4806, дом 5

Телефон: 8(499)720-87-09

Адрес электронной почты: rych@niiifp.ru

Наименование организации: МИЭТ

Ученое звание: старший научный сотрудник

Должность: ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории функциональной электроники МИЭТ