

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Клеца Виктора Ивановича «Эмиссия электронов из углеродных наноструктур», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния

Автоэлектронная эмиссия активно исследуется экспериментально и теоретически многими специалистами в течение более века. Наблюдалось несколько волн повышенного интереса к данному направлению, связанных с созданием катодов Спиндта, регулярных многоострийных матриц из кремния и других материалов, эмиттеров на основе алмаза (имеющего отрицательное сродство к электрону), эмиттеров на основе горячих электронов, углеродных нанотрубок и других материалов. Новый импульс этим исследованиям в последние десятилетия придало появление необычных материалов, как правило (но не всегда), основанных на различных формах углерода, представляющих комбинацию структур с sp^2 и sp^3 связями: углеродных нанотрубок, графена, различных форм микрочешуйчатого графита в комбинации с алмазом. Во многом оставалась неясной природа повышенной автоэмиссии в таких структурах: отрицательное сродство к электрону, высокое аспектное соотношение или другие причины.

Работа В.И. Клеца как раз посвящена исследованию этого направления и ответам на поставленные вопросы. Работу отличает широкий охват материала: рассмотрены практически все известные в настоящее время структуры - кандидаты на роль эффективных эмиттеров. Таким образом, работа является актуальной и востребованной как научным сообществом, так и промышленностью.

Положения, выносимые на защиту, непосредственно вытекают из результатов эксперимента. При этом экспериментальные проверки проходили на имеющемся испытательном комплексе с поверенным и аттестованным измерительным оборудованием. Следует отметить и хорошее совпадение расчетных значений с измеренными. По этой причине нет оснований сомневаться в достоверности полученных результатов и обоснованности положений, выносимых на защиту.

Цели и задачи работы описаны в диссертации достаточно полно.

Достоинствами диссертационной работы являются следующие результаты:

1. Исследовано влияние кулоновской блокады на эмиссионные свойства автокатодов.
2. Рассмотрен квантово-размерный механизм ограничения тока в наноструктурных эмиттерах.
3. Расчеты и моделирование сочетаются в работе с экспериментальной проверкой, причем работа содержит большой объем экспериментальных результатов, что в настоящее время встречается нечасто.

Следует заметить, что с практической точки зрения критерием качества эмиттера является не его «низковольтность», а максимально достижимые ток и плотность тока.

К тексту диссертации можно высказать и некоторые критические замечания:

1. К сожалению, в автореферате не указано, при каком уровне вакуума были получены результаты экспериментов и насколько стабильны они были во времени.

2. В работе не прояснен вопрос о фазовом объеме (эмиттансе) электронного потока, создаваемого наноструктурными эмиттерами, особенно в катодах большой площади, от которого зависит возможность фокусировки электронного пучка и его транспорта в канале, что в свою очередь определяет возможности практического применения.
3. Не рассмотрен вопрос о стабильности работы углеродных эмиттеров в условиях отсутствия ограничения тока пространственным зарядом (в отличие от термокатодов) и возможного влияния процессов сорбции и электромиграции на поверхности эмиттера, а также об альтернативных физических механизмах стабилизации тока.

Однако указанные недостатки не уменьшают практической и научной значимости работы. Предлагаемые в работе подходы и экспериментальные методы значительно прояснили механизмы эмиссии в рассмотренных структурах и наметили возможности дальнейшего совершенствования эмиттеров в направлении повышения предельного тока и плотности тока.

Результаты работы представляют научный и технический интерес. Автореферат выполнен в соответствии с требованиями ВАК, предъявляемыми к кандидатским диссертациям и достаточно полно отражает содержание работы.

С нашей точки зрения, диссертационная работа В.И. Клеца выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную работу с перспективами дальнейшего развития. Она снабжена впечатляющим списком ссылок на литературу. Судя по публикациям, практически все результаты работы получены лично автором либо совместно с его научным руководителем в составе коллектива. Результаты работы весьма полно апробированы и опубликованы. По содержанию она соответствует специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния, и удовлетворяет

всем требованиям ВАК РФ к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук.

к.ф.-м.н. по специальности «Радиофизика, включая квантовую»,
начальник отделения проектирования
СВЧ приборов АО «НПП «Исток» им. Шокина»
Анатолий Васильевич Галдецкий

д.ф.-м.н. по специальности «Радиофизика»,
заместитель директора по научной работе
АО «НПП «Исток» им. Шокина»
Панас Андрей Иванович

АО «НПП «Исток» им. Шокина»
141190, Московская обл., г. Фрязино
ул. Вокзальная 2а
Тел. +7(495)-465-8620, e-mail: galdetskiy@istokmw.ru

Подпись А.В. Галдецкого и А.И. Панааса заверяю
Ученый секретарь диссер
АО «НПП «Исток» им. Ш

/И.В. Куликова/

" 19 " 03 2024 г.