

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Ли Иллариона Павловича** на тему «Физико-технологические принципы создания катодно-подогревательных узлов магнетронов с мгновенным временем готовности», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.27.06 – Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники.

Докторская диссертация Ли И.П. посвящена решению **актуальной** задачи создания и исследования принципов работы катодных узлов магнетронов с автоэмиссионным запуском на основе палладий-бариевых и металлопористых катодных материалов в сочетании с автоэмиссионными модулями с высокоэффективными автоэмиссионными структурами (вискерами) на поверхности танталовых АЭК. Представленная к защите работа является одной из первых (пионерских) работ в России, в которой на основе квантово-механических представлений изучено явление термоэлектронной эмиссии МПК с многокомпонентным составом эмиссионно-активного вещества, включая его основной элемент – оксид бария. Детально изучены механизмы межфазного взаимодействия компонентов МПК. При исследовании физико-химических процессов взаимодействия, кристаллической и электронной структуры компонентов МПК, энергетических зон кристаллов были использованы современные методы исследований и оборудование.

На основе теоретических и экспериментальных исследований диссертантом разработана физико-химико-технологическая модель палладий-бариевого катода. Результаты расчетов согласуются с результатами экспериментальных исследований.

Результатом выполненных исследований является разработанная автором технология изготовления и конструкции катодно-подогревательных узлов, которые внедрены в промышленно выпускаемые приборы магнетронного типа с автоэлектронным запуском.

Сказанное выше характеризует новизну результатов. Среди наиболее существенных из них можно отметить следующие:

1. Впервые проведены комплексные исследования электронной структуры кристаллитов ВаО - эмиссионно-активных компонентов в металлопористых и палладий-бариевых катодах.

2. Развиты теоретические представления о механизме термоэлектронной и вторично-электронной эмиссии кристаллитов ВаО с использованием экспериментально измеренных параметров их электронной структуры.

3. Впервые экспериментально обоснована кристаллитная модель работы металлопористых катодных материалов, согласно которой

эмиссионные свойства таких материалов определяются как кристаллитами ВаО, формирующимися в результате твердофазного взаимодействия алюминатов бария-кальция с вольфрамом, так и микропримесями атомов кальция, алюминия и вольфрама, находящимися в составе катодного материала.

4. Впервые предложена и экспериментально обоснована кристаллитная модель работы палладий-бариевого катодного материала, согласно которой эмиссионные свойства такого материала определяются кристаллитами ВаО, которые формируются в результате взаимодействия бария из состава интерметаллида Pd_5Ba и кислорода, растворенного в кристаллитах палладия.

5. Впервые предложена и экспериментально обоснована новая модель автоэлектронной эмиссии танталовых АЭК, работающих в составе КПУ магнетронов с мгновенным временем готовности, согласно которой автоэмиссионные свойства такого катода определяются свойствами вискерсов, формирующихся при тренировке АЭК и представляющих собой палладиевые нанокристаллические образования, покрытые кристаллитами ВаО.

6. Впервые предложен и экспериментально обоснован конструкторско-технологический принцип создания катодных узлов магнетронов с мгновенным временем готовности, согласно которому КПУ должен обязательно содержать автоэмиссионный модуль на основе танталового автокатада, вторично-эмиссионный модуль на основе палладий-бариевого материала-активатора АЭК и вторично-эмиссионный модуль на основе металлопористого катода (МПК).

Несомненна практическая значимость результатов диссертации: предложены новые физико-химические механизмы работы термоэлектронных, вторично-электронных и автоэмиссионных катодов магнетронов с безнакальным запуском, разработана новая конструкция КПУ, представляющая собой автоэмиссионный модуль на основе танталового автокатада, вторично-эмиссионный модуль на основе палладий-бариевого материала-активатора АЭК и вторично-эмиссионный модуль на основе МПК, а также разработана технология изготовления таких КПУ, расчетные параметры и характеристики разработанных КПУ подтверждены экспериментально и внедрены в серийном производстве АО «НПП «Плутон».

В качестве существенных достоинств данной работы следует отметить ее значительный прикладной характер. **Обоснованность, достоверность** и высокий уровень как теоретических, так и практических результатов диссертации обусловлен применением соискателем современных методов физики конденсированного состояния, оптической и электронной спектроскопии, электронной микроскопии и рентгенофлуоресцентного микроанализа, рентгеноструктурного и рентгенофазового анализа, методов измерений эмиссионных параметров материалов.

Вынесенные на защиту научные положения достаточно обоснованы и хорошо сформулированы. Основные материалы диссертации достаточно полно отражены в 112 печатных работах, включая 1 монографию, 42 из которых входят в рекомендованный перечень ВАК (включая 4 статьи без соавторов), предложенные конструкции КПУ и способ откачки ЭВП защищены патентами. Работа прошла хорошую апробацию путем представления основных результатов на международных и всероссийских конференциях.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации, его структура и объем соответствует требованиям, предъявляемым к рукописям такого рода. Однако к автореферату имеются следующие замечания:

1. Представляется некорректным употребление «мгновенное время готовности...», которое составляет $\sim 0,5$ сек, что по порядку величины соответствует времени готовности традиционного МПК короткоживущих вакуумных приборов.

2. В автореферате сказано, что «в рамках пленочной модели считается, что параметры электронной эмиссии катодного материала определяются пленкой бария, формирующейся на поверхности катодного материала в процессе его активирования и работы в приборе. Однако при наличии мощной электронной бомбардировки поверхности катода в приборах магнетронного типа стабильное существование такой пленки невозможно». Несмотря на этот факт, дальнейшее исследование эмиссионной неоднородности МПК на с.13 проводится в диодном режиме, при котором не воссоздаются условия мощной электронной бомбардировки поверхности катода и, наряду с кристаллитной моделью, следует учитывать и пленочную. Кроме того, экспериментальные результаты по методике определения параметров эмиссионной неоднородности не соответствуют реальным размерам зерна вольфрама, алюмината и зерна оксида бария на рис.4в и рис.5а.

3. В выводах автореферата на странице 29 п.3 написано про взаимодействие ВаО с металлической матрицей и металлическими пленками. О каких пленках идет речь? В тексте автореферата рассматривалось только взаимодействие ВаО с металлической матрицей.

4. Рисунок 13 затруднен для понимания, возможно стоило изменить подписи осей и дать комментарии к рисунку.

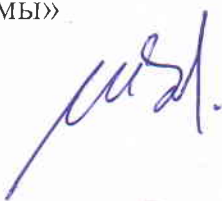
5. На странице 25 автореферата написано, что предложенная технология позволяет повысить параметры срока службы, но не указано на сколько.

Указанные замечания не снижают высокий научный уровень представленной диссертационной работы.

Из автореферата диссертации следует, что уровень проведенных автором исследований, их научная новизна и практическая значимость полностью удовлетворяют требованиям, предъявляемым ВАК к докторским

диссертациям (в частности полностью отвечают требованиям пп.9-11, 13,14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г.), а сам автор Ли Илларион Павлович несомненно заслуживает присуждения ему искомой степени доктора технических наук по специальности 05.27.06 – Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники. Содержание автореферата соответствует указанной специальности.

Старший научный сотрудник
отдела 112 НПЦ «Электронные системы»
АО «НПП «Алмаз», д.т.н.
410033 г. Саратов, ул. Панфилова 1Б
Тел./факс: 8 (845) 263-35-58
Email: shesterkinvi@almaz-rpe.ru



Шестеркин Василий
Иванович

Начальник сектора НПК-12
НПЦ «Электронные системы»
АО «НПП «Алмаз», к.т.н.
410033 г. Саратов, ул. Панфилова 1Б
Тел./факс: 8 (845) 263-35-58
Email: krachkovskayatm@almaz-rpe.ru



Крачковская Татьяна
Михайловна

Подписи Шестеркина Василия Ивановича и Крачковской Татьяны Михайловна заверяю.

Начальник отдела *Татьяна Михайловна*

