

# Перспективы применения некоторых углеродных наноструктур в термокатадах

Т.М. Крачковская<sup>1</sup>, Г.В. Сахаджи<sup>1</sup>, Л.А. Мельников<sup>2</sup>

<sup>1</sup>АО «НПП «Алмаз»

<sup>2</sup>СГТУ им. Ю.А. Гагарина

**Аннотация:** в работе представлены исследования металлопористых термокатодов с добавкой углеродных наноструктур – Астраленов® и Углерона®. Описано влияние данных кластеров на эмиссионные характеристики катодов. Кроме того, определена работа выхода различных вариантов, модифицированных МПК, а также скорость испарения активного вещества с добавкой Углерона®. Сделаны выводы о дальнейших шагах по развитию технологии металлопористых катодов, модифицированных наноуглеродом.

**Ключевые слова:** углеродные нанокластеры, металлопористый катод, эмиссия, долговечность, скорость испарения, работа выхода

## 1. Введение

В настоящее время одним из перспективных объектов исследования и разработки в области улучшения эмиссионных параметров источников электронов являются катодные системы с применением различных форм наноуглерода [1-3]. В работах [3-4] уже сообщалось о положительных результатах влияния углеродных нанокластеров на эмиссионные параметры металлопористых катодов (МПК). Данная статья является продолжением этого исследования.

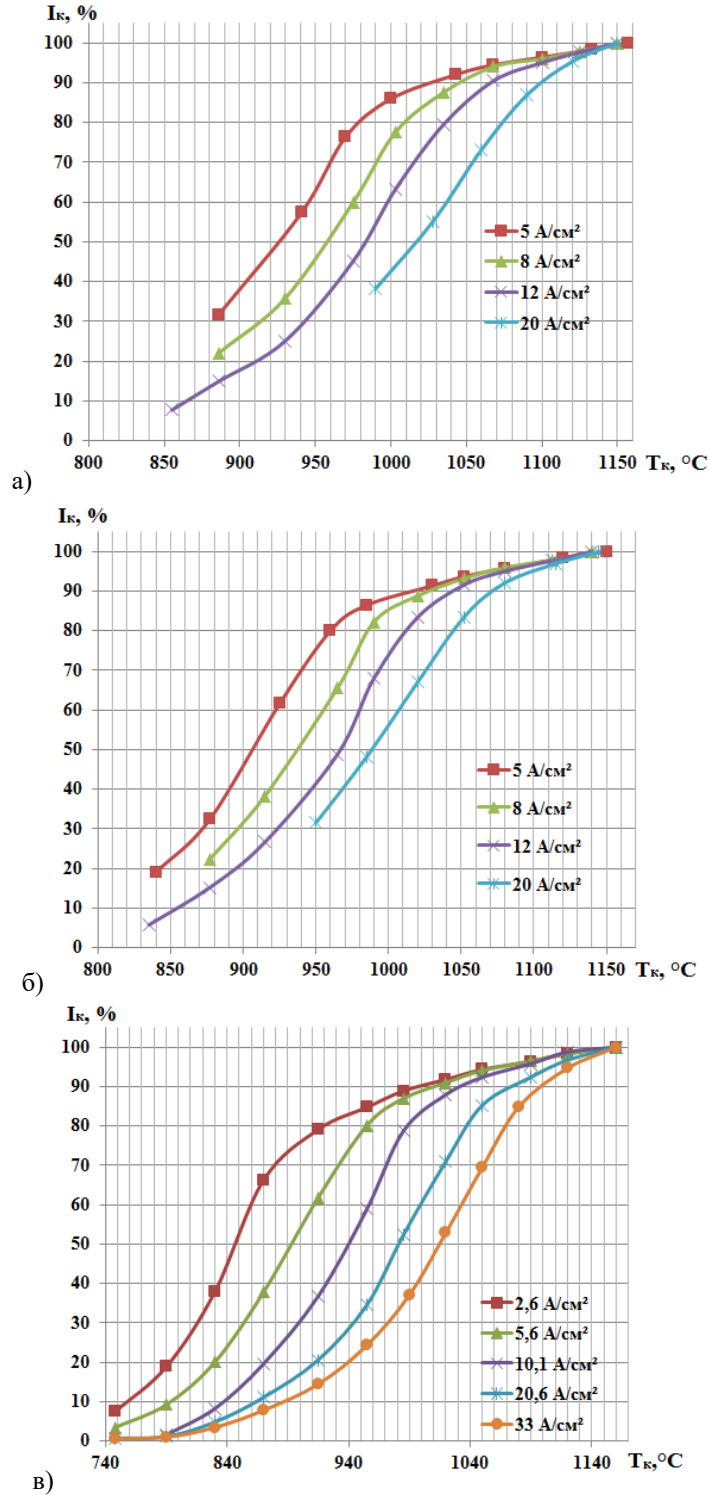
По итогам предыдущего эксперимента было выявлено, что добавление полиэдральных многослойных углеродных наноструктур фуллероидного типа тороидальной формы - Астраленов® в состав металлического диска МПК положительно влияет на его эмиссионную способность, но механизм влияния на данный процесс был изучен недостаточно, а также требовалось улучшение технологии изготовления дисков. Кроме того, исследование показало, что добавление сульфаддукта нанокластеров углерода - Углерона® в состав активного вещества МПК повышает долговечность МПК, как было предположено, за счет снижения скорости испарения. Но количественное сравнение скорости испарения типового и модифицированного активных веществ не проводилось. Также в результате исследования модифицированных МПК на устойчивость к отравлению осталась не исследована модификация МПК только с Астраленами® без наличия Углерона®, который, как показал эксперимент, повышал чувствительность МПК к условиям вакуума.

Поэтому целью данной работы является объяснение положительного влияния Астраленов® и Углерона® на эмиссионные характеристики модифицированных МПК, а также обозначение перспективных направлений дальнейшей разработки таких катодов.

## 2. Экспериментальная часть

В работе [3] уже была сделана попытка объяснить улучшение эмиссии МПК с Астраленами®. Для продолжения этого исследования была изготовлена вторая партия катодов модифицированных Астраленами® по технологии [5] с увеличенным временем перемешивания компонентов перед прессованием дисков. Макеты,

собранные с новыми катодами, показали еще более высокие эмиссионные характеристики, по сравнению с первой партией и типовыми катодами. После чего, был сделан вывод о том, что малые концентрации Астраленов® при равномерном распределении их в диске МПК увеличивают эмиссионную способность обычного осмированного катода примерно в 1,5 раза (рисунок 1).



**Рисунок 1.** Семейство не локальных характеристик диода с а) МПК с Астраленами® и Углеродом® 1 партии; б) типовым МПК; в) МПК с Астраленами® 2 партии.

После чего, для всех изготовленных катодов с различными вариантами исполнения эмитирующей поверхности: вакуумный отжиг, вакуумный отжиг и

глубокое ионное травление, вакуумный отжиг, глубокое ионное травление и нанесение покрытия Os-Ir-Al, была рассчитана средняя работа выхода электронов с поверхности МПК методом прямых Ричардсона. Оказалось, что добавка Астраленов® в состав МПК снижает среднее значение работы выхода электронов в среднем на 0,02 - 0,6 эВ в зависимости от варианта исполнения эмиссионной поверхности.

Далее была исследована скорость испарения типового активного вещества алюмината бария-кальция и алюмината бария-кальция с добавлением Углерона® по методу Беккера [6]. Эксперимент показал, что добавка Углерона® в приведенном количестве снижает скорость испарения активного вещества с поверхности МПК относительно типового в среднем в 1,5 раза, что подтвердило выдвинутое ранее предположение.

На последнем этапе был проведен эксперимент по сравнению устойчивости к отравлению типового катода и модифицированного Астраленами® МПК. По итогам исследования было установлено, что отравление катодов происходит примерно при одинаковом давлении отравляющего агента  $5 \cdot 10^{-6}$  мм рт. ст., что объясняется тем, что оба катода имеют на эмитирующей поверхности одинаковой композиционный слой Os-Ir-Al. Но катод с Астраленами® восстанавливал первоначальное значение анодного за 49 с, а типовой за 1 м 14 с. Это отчасти подтверждает гипотезу, о том, что добавка фуллероидных частиц способна повысить устойчивость катодов к работе в условиях ионной бомбардировки или недостаточного вакуума. Очевидно, что после отравления верхнего слоя покрытия Os-Ir-Al, слой вольфрамового диска с добавкой Астраленов® лучше препятствует прохождению отравляющих агентов в объем катода, за счет чего и достигается более быстрое восстановление эмиссионного тока в процессе откачки.

### 3. Заключение

По результатам проведенных экспериментов можно сделать следующие выводы:

- малые концентрации Астраленов® при равномерном распределении их в матрице МПК увеличивают эмиссионную способность за счет снижения работы выхода электронов;

- добавление Углерона® в состав активного вещества МПК снижает его скорость испарения с поверхности;

- добавка Астраленов® в состав диска МПК препятствует прохождению отравляющих агентов в объем катода, за счет чего достигается, увеличение скорости восстановления эмиссионного тока в процессе откачки.

Следовательно, дальнейшая разработка данного направления является перспективной и требует повторяемости лучших результатов, улучшение параметров технологии равномерного распределения Астраленов® в объеме металлического диска и исследование катодов с добавлением Астраленов® в состав покрытия эмиссионной поверхности, а также испытания модифицированных катодов на эмиссию и долговечность в составе приборов.

#### Список литературы

1. Глухова О.Е. Новая гибридная структура графен/графан как перспективный компонент для приборов радиоэлектроники / О.Е. Глухова, В.В. Шунаев, М.М. Слепченко, И.А. Накрап, Н.А. Панова // НАНОТЕХНОЛОГИИ: РАЗРАБОТКА, ПРИМЕНЕНИЕ - XXI ВЕК. – 2017. - Т.9. - № 3. - С. 48-52.

2. Яфаров Р.К. Формирование автоэмиссионных эмиттеров с использованием микроволнового плазмохимического синтеза наноуглеродных структур / Р.К. Яфаров, Е.С. Горнев, С.Н. Орлов, С.П. Тимошенко, В.П. Тимошенко, А.С. Тимошенко // Известия высших учебных заведений. Электроника. - 2016. - Т.21. - №2. - С. 122-127.

