

Эмиссионные свойства углеродного нанокристаллита

© В.М. Лобанов*, Ю.М. Юмагузин, Р.З. Бахтизин

* Башкирский государственный аграрный университет,
450001 Уфа, Россия
E-mail: bgau@soros.bashedu.ru

Башкирский государственный университет,
450074 Уфа, Россия
E-mail: rector@bsu.bashedu.ru

Использование эффекта Зинера в качестве критерия обнаружения кристаллита на эмиссионной поверхности автокатода позволило идентифицировать кристаллическую фазу углеграфитового эмиттера и наблюдать явления интерпретированные как самопроизвольная и термополевая перестройка эмитирующего углеродного нанокристаллита.

Исследование углеграфитовых материалов методами полевой электронной микроскопии и спектроскопии значительно осложняется гетерогенным составом: эмиттер, содержащий кристаллическую и аморфную фазы, не дает регулярного изображения в полевом электронном проекторе, что не позволяет оценить состояние его эмиссионной поверхности, определить кристаллографическую ориентацию, связать получаемые сведения с фазовым состоянием зондируемой области.

Модернизируемый аппаратно-программный комплекс [1] позволил осуществить методику непрерывного контроля состояния эмиссионной поверхности углеграфитового эмиттера в пределах зондируемого участка по энергораспределению автоэлектронов (ЭРА) и вольт-амперной характеристике (ВАХ) зондового тока.

1. Методика

Исследования углеродных кристаллитов проводились на углеродном волокне типа Ровилон с температурой отжига 1173 К, содержащем кристаллиты, ориентированные базисными плоскостями вдоль оси волокна. Полевой эмиттер приготавливался из отрезка волокна длиной ~ 1 мм, крепившегося аквадагом к вольфрамовой дужке. После сушки на воздухе образец прогревался в вакууме при температуре 1023 К.

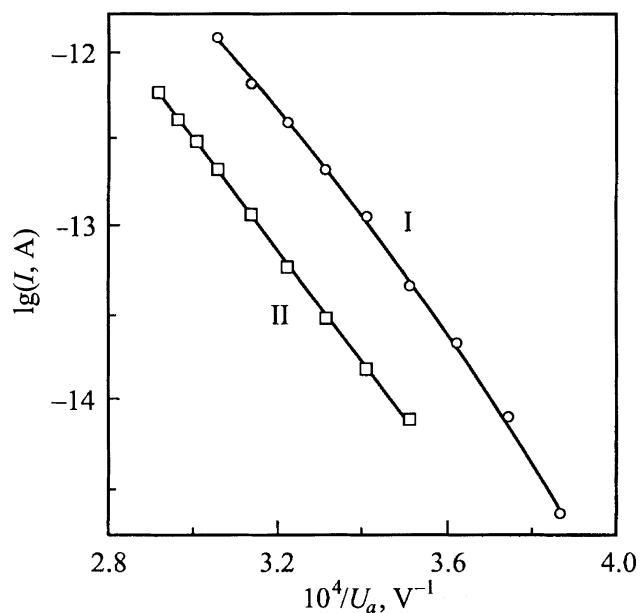
Выделение кристаллитов на эмиссионной поверхности эмиттера проводилось катодным распылением аморфного углерода ионами остаточных газов в условиях низкого вакуума согласно [2]. В сверхвысоком вакууме образец очищался отжигом при температуре 1023 К. Измерение ЭРА проводилось по методике, изложенной в [1]. Для построения ВАХ эмиссионного тока кристаллита использовались значения анодного потенциала U_a и соответствующие значения потока электронов через энергоанализатор.

2. Результаты

Сканирование зависимости ЭРА от анодного потенциала обнаружило его смещение в область низких энергий относительно уровня Ферми с шагом, пропорциональ-

ным шагу увеличения анодного потенциала, — эффект Зинера. Это смещение было принято за критерий обнаружения кристаллита на эмиссионной поверхности автокатода.

Для ряда образцов дальнейшее увеличение анодного потенциала до некоторого предельного значения приводило к резкому уменьшению тока эмиссии кристаллита почти на порядок. При этом в ЭРА появлялся дополнительный низкоэнергетический максимум, расположенный на 0.45–0.5 eV ниже основного. Отжиг катодов при 1023 К возвращал кристаллит в исходное состояние. На рисунке представлены ВАХ зондового тока, соответствующие состояниям эмитирующего кристаллита до (ВАХ I) и после (ВАХ II) самопроизвольного уменьшения тока эмиссии.



Вольт-амперные характеристики эмиссионного тока кристаллита до (I) и после (II) самопроизвольной перестройки, соответствующие нормальному энергетическому распределению автоэлектронов (кривая I) и энергораспределению автоэлектронов, содержащему дополнительный низкоэнергетический максимум (кривая II).

По аналогии с поведением ВАХ при перестройке металлических и полупроводниковых автокатодов обнаруженное явление изменения состояния эмиттирующего углеродного кристаллита, сопровождающееся изменением положения и наклона ВАХ эмиссионного тока, было интерпретировано как его самопроизвольная перестройка вследствие джоулева разогрева в проникающем электрическом поле. Это предположение проверялось исследованием зависимости ЭРА от термического отжига углеродного кристаллита в электрическом поле.

Поле отжига эмиттера в сверхвысоком вакууме при температуре 1023 К ЭРА имело нормальный вид, ВАХ зондового эмиссионного тока кристаллита соответствовала положению I. Отжиг эмиттера при той же температуре в электрическом поле вызывал уменьшение величины зондового тока на порядок. Сканирование зависимости ЭРА от анодного потенциала обнаруживало дополнительный низкоэнергетический максимум, расположенный на 0.45–0.5 eV ниже основного. ВАХ зондового тока соответствовала положению II. С увеличением анодного потенциала ЭРА смещалось в область низких энергий с шагом, пропорциональным шагу анодного потенциала, подтверждая кристаллическую структуру зондируемого участка. При достижении анодным потенциалом некоторого предела происходило резкое восстановление эмиссионного тока и ЭРА к исходным: ЭРА и ВАХ кристаллита изменялись в направлении II → I.

Таким образом, эмиссионные токи углеродного кристаллита углеграфитового материала, отожженного при температуре 1173 К, имеют верхний предел, устанавливаемый джоулевым перегревом кристаллита. Джоулев перегрев эмиттирующего углеродного кристаллита вызывает его самопроизвольную перестройку, сопровождающуюся уменьшением эмиссионного тока на порядок и появлением дополнительного низкоэнергетического максимума в ЭРА либо, наоборот, увеличением эмиссионного тока кристаллита на порядок и восстановлением ЭРА нормального вида. Отжиг углеродного кристаллита в электрическом поле вызывает его термополевую перестройку, сопровождающуюся уменьшением эмиссионного тока кристаллита на порядок и появлением дополнительного низкокристаллического максимума в ЭРА.

Список литературы

- [1] Р.З. Бахтизин, В.М. Лобанов, Ю.М. Юмагузин. ПТЭ 4, 247 (1987).
- [2] Б.В. Бондаренко, А.Ю. Черепанов, Е.П. Шешин и др. РЭ 30, 11, 2234 (1985).