

сохраняющихся в течение длительного времени в тождественных термодинамических условиях, и способности раствора переходить из одного состояния в другое при слабых внешних воздействиях.

Л и т е р а т у р а

- [1] Индуцированные лазером химические процессы. Под ред. Дж. Стейнфелда, М.: Мир, 1984, 309 с.
- [2] Крюк А.С., Мостовников В.А., Хохлов И.В., Сердюченко И.С. Терапевтическая эффективность низкоинтенсивного лазерного излучения. Минск, Наука и техника, 1986, 231 с.
- [3] Девятков Н.Д., Зубкова С.М., Лапрун И.Б., Макеева Н.С. - Успехи современной биологии, 1987, т. 103, № 1. с. 31-43.
- [4] Скопинов С.А., Яковлева С.В. - Письма в ЖТФ, 1987, т. 13, № 2, с. 68.
- [5] Иоффе Б.В. Рефрактометрические методы химии. Л.: Химия, 1983, 349 с.

Уральский политехнический институт им. С.М. Кирова, Свердловск

Поступило в Редакцию 26 августа 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 20

26 октября 1988 г.

МНОГОЧАСТИЧНОЕ ТУННЕЛИРОВАНИЕ ПРИ АВТОЭЛЕКТРОННОЙ ЭМИССИИ ИЗ $\gamma\text{Ba}_2\text{Si}_3\text{O}_{7-d}$

Г.Н. Фурсей, А.В. Кочерыженков, В.И. Маслов, А.П. Смирнов

В настоящей работе рассматривается туннелирование электронов в вакуум из металлокерамики $\gamma\text{Ba}_2\text{Si}_3\text{O}_{7-d}$ ($\gamma\text{-Ba-Si-O}$). Основная задача исследования - изучение численности элементарного акта и статистики автоэлектронной эмиссии (АЭ). Под статистикой эмиссии подразумевается распределение актов по их численности.

Статистика АЭ позволяет получать уникальную информацию о корреляционных эффектах, отражающих внутреннее состояние электронной подсистемы эмиттера, т.к. АЭ происходит без возбуждения электронов внешним воздействием. При этом выявление в эмиттированном потоке группы электронов может отразить и особенности сверхпроводящего состояния эмиттера.

Первые попытки изучения статистики автоэлектронов, эмиттируемых из металлов, связаны с работами [1-3]. В цикле работ [4-6] решена задача построения корректной методики исследования численности элементарного акта АЭ с атомарно-чистой поверхности в раз-

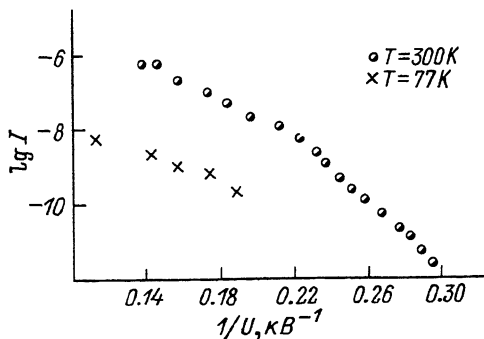


Рис. 1. Вольт-амперные характеристики автокатода из $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$.

личных кристаллографических направлениях для W , Mo , Nb и Ta .

В последнее время проведены исследования статистики АЭ для W и Nb при температуре 4.2 К [7]. Во всех случаях 4–7 зарегистрировано только одночастичное туннелирование, в том числе и из сверхпроводящего ниобия. В приложении к исследованию высокотемпературных сверхпроводников метод статистики АЭ применен впервые.

В наших экспериментах использовались эмиттеры, изготовленные из поликристаллического образца $Y-Ba-Cu-O$, имеющего удельное сопротивление $\rho = 3 \cdot 10^{-3}$ Ом см. Острие эмиттера получалось путем механического затачивания.

Эмиссионная картина имела нерегулярную структуру в виде набора ярких пятен. Характерной особенностью поведения эмиссионной картины $Y-Ba-Cu-O$ являлось ее сжатие при охлаждении катода. Подобный эффект наблюдается при исследовании полупроводников и объясняется проникновением электрического поля внутрь автоэмиттера [8].

Вольт-амперные характеристики автоэмиттеров из $Y-Ba-Cu-O$ в координатах Фаулера-Нордгейма в области больших плотностей тока имели относительно пологий участок (рис. 1). По-видимому, такое поведение вольт-амперной характеристики, как и в случае полупроводников, свидетельствует о зависимости тока АЭ не только от прозрачности барьера, но и от скорости генерации свободных носителей в приповерхностной области эмиттера [8]. Это подтверждается тем, что при охлаждении катодов из $Y-Ba-Cu-O$ от 300 К до 77 К токи, соответствующие пологому участку вольт-амперной характеристики, уменьшались на два порядка.

Статистика АЭ изучалась при значениях полного тока (10^{-15} – 10^{-11}) А. Средняя величина зондового тока составляла 500 е/с, что обеспечивало чувствительность методики к парным актам эмиссии на уровне 0.1%, а к измерениям доли групп из трех и четырех электронов в эмиссионном потоке – на уровне 0.001% и 0.0001% соответственно.

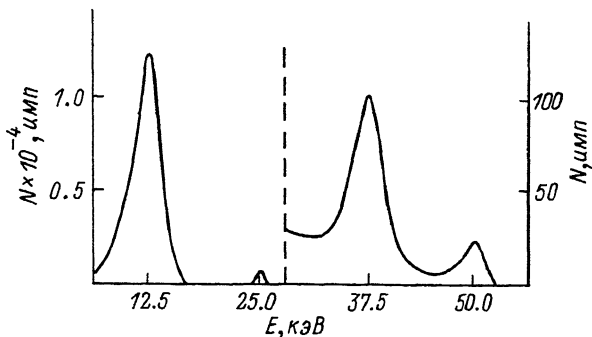


Рис. 2. Спектр статистики автоэлектронной эмиссии из металлокерамики $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$.

В настоящей работе впервые обнаружены многоэлектронные акты АЭ из $Y-Ba-Cu-O$ (рис. 2). Многочастичное туннелирование зарегистрировано для слабоэмиттирующих участков. С участков поверхности, соответствующих ярким местам автоэмиссионной картины, в пределах чувствительности методики, наблюдалась одноэлектронная эмиссия. Многочастичные акты АЭ были обнаружены в интервале температур (4.2–300) К. Наблюдение многочастичных актов при $T > T_c$ указывает на то, что многоэлектронный характер АЭ не обусловлен особенностью сверхпроводящего состояния, а отражает исходные свойства металлокерамики.

В описываемых экспериментах были зарегистрированы элементарные акты АЭ с 1, 2, 3 и 4 электронами в группе (рис. 2). Относительная доля парного туннелирования доходила до 10%, а доля трехэлектронных и четырехэлектронных актов была около 1% и 0.2% соответственно.

При температуре 4.2 К была обнаружена немонотонная зависимость статистики от рабочего напряжения. При некотором оптимальном значении напряжения между катодом и анодом доля кратных актов в токе АЭ была максимальной.

В настоящее время однозначная интерпретация эффекта многочастичного туннелирования затруднительна и требует дополнительных исследований. Однако характер наблюдаемых закономерностей позволяет предположить, что многочастичное туннелирование отражает лавинное размножение носителей в тех областях металлокерамики, вглубь которых проникает электрическое поле. Не исключена также возможность многочастичного туннелирования из поверхностных и локализованных состояний.

Представляется интересным в дальнейшем связать вид статистики АЭ для того или иного участка эмиттирующей поверхности со структурными особенностями $Y-Ba-Cu-O$ [9].

В заключение авторы сердечно благодарят профессора В.И. Раховского, В.В. Канцеля и С.Н. Лохмачева за предоставление

образцов и обсуждение параметров сверхпроводящей керамики, а также А.Л. Шмаева и Л.Н. Борисова за помощь в проведении экспериментов.

Л и т е р а т у р а

- [1] Young R. - Proceedings of 14-th Field Emission Symp. NBS, Maryland and Georgetown University, 1967, p. 7-10.
- [2] Herrmann M. - Z. Phys., 1965, Bd. 184, H. 4, S. 352-354.
- [3] Gazier C. - Phys. Lett. 1971, v. 35 A, p. 243-244.
- [4] Афанасьева Н.П., Егоров Н.В., Кочерыженков А.В., Фурсей Г.Н. - ПТЭ, 1982, № 5, с. 141-142.
- [5] Фурсей Г.Н., Егоров Н.В., Кочерыженков А.В. - Письма в ЖТФ, 1981, т. 7, в. 13, с. 798-801.
- [6] Фурсей Г.Н., Мохасне М.М., Егоров Н.В., Пономарев В.С., Щемелев В.Н. - ФТТ, 1976, т. 18, в. 2, с. 631-632.
- [7] Кочерыженков А.В., Маслов В.И., Фурсей Г.Н. - ФТТ, 1987, т. 29, в. 8, с. 2471-2472.
- [8] Фишер Р., Нойман Х., Львов О.И., Фурсей Г.Н. Автоэлектронная эмиссия полупроводников. Под ред. Сокольской И.Л. М. Наука. 1971, 215 с.
- [9] Варлашкин А.В., Васильев А.Л. и др. - Письма в ЖЭТФ, 1987, Приложение к т. 46, с. 59.

Ленинградский электротехнический институт связи
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

Поступило в Редакцию
19 августа 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 20

26 октября 1988 г.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ АЗОТНОГО УФ-ЛАЗЕРА, ВОЗБУЖДАЕМОГО СКОЛЬЗЯЩИМ РАЗРЯДОМ

П.П. Б р ъ н з а л о в, Б.О. З и к р и н,
Н.В. К а р л о в, Г.П. К у з ь м и н

Большой интерес к исследованию физики развития сильнопоточного скользящего разряда [1-4] в значительной мере определяется успешным его применением в качестве источника предионизации и плазменных электродов при создании мощных газовых лазеров