

УДК 538.945 538.935

С. Р. Арутюнян, С. Р. Саакян, Р. Б. Акопян

Нелинейные вольт-амперные характеристики контактов
 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}-\text{In}$

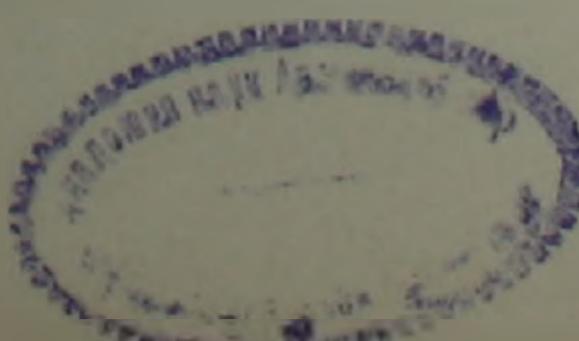
(Представлено академиком АН Армении М. Л. Тер-Микаеляном 28/IX 1990)

При изучении вольт-амперных характеристик (ВАХ) новых высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) возникает ряд проблем, касающихся определения величины энергетической щели, качества поверхности ВТСП материалов, необычной структуры туннельных спектров и др. (^{1, 2}). Все это привлекает пристальное внимание и требует дальнейшего изучения.

В настоящей работе были исследованы $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ ВТСП пленки, полученные методом лазерного распыления сверхпроводящей керамики с последующим отжигом при 800—850°C на воздухе в течение одного часа (³). Пленки имели различные качество поверхности и температуру сверхпроводящего перехода T_h . Контакт нормальный металл—сверхпроводник (N—S) создавался втиранием металлического индия In в поверхность пленки $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$. Для уменьшения поверхности контакта нами использовались конфигурации $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ пленок в форме мостиков с металлическим контактом посередине. Это позволило получить площадь механического контакта порядка 0,5 мм². Площадь же электрического контакта гораздо меньше, так как поверхностный слой системы Y—Ba—Cu—O в основном состоит из изолирующих и плохо проводящих областей, а контакт возникает на малых участках чистой пленки. На полученных контактах было проведено исследование нелинейных вольт-амперных характеристик.

Измерение ВАХ проводили в температурном диапазоне 11—100 К в вакууме 10⁻³ мм рт. ст. Вольт-амперные характеристики и их первые производные $dI(U)/dU$ были получены с помощью стандартной модуляционной техники.

Измеренные ВАХ в целом подразделяются на три типа (рис. 1, а—в). Из рисунков видно, что характер контактов меняется от туннельного (рис. 1, а) до металлического (рис. 1, в). Сопротивление контактов R_0 при нулевом напряжении смещения и температуре 11 К составляет 400, 160 и 15 Ом, соответственно. Такое изменение вида ВАХ в зависимости



от величины контактного сопротивления описывается теорией Бланда—Тинкхама—Клапвйика (БТК) (4). Согласно этой теории переход от металлического контакта к туннельному описывается эффективной жесткостью барьера z . Из вольт-амперных характеристик при $T=0$, соответствующих различным величинам z и приведенных на рис. 2 (4), следует, что случай $z=0$ соответствует чисто металлическому контакту, а случай $z \gg 1$ — туннельному. Для ВАХ, приведенных на рис. 1, были получены значения z , равные 0,9, 0,6 и 0,4, соответственно.

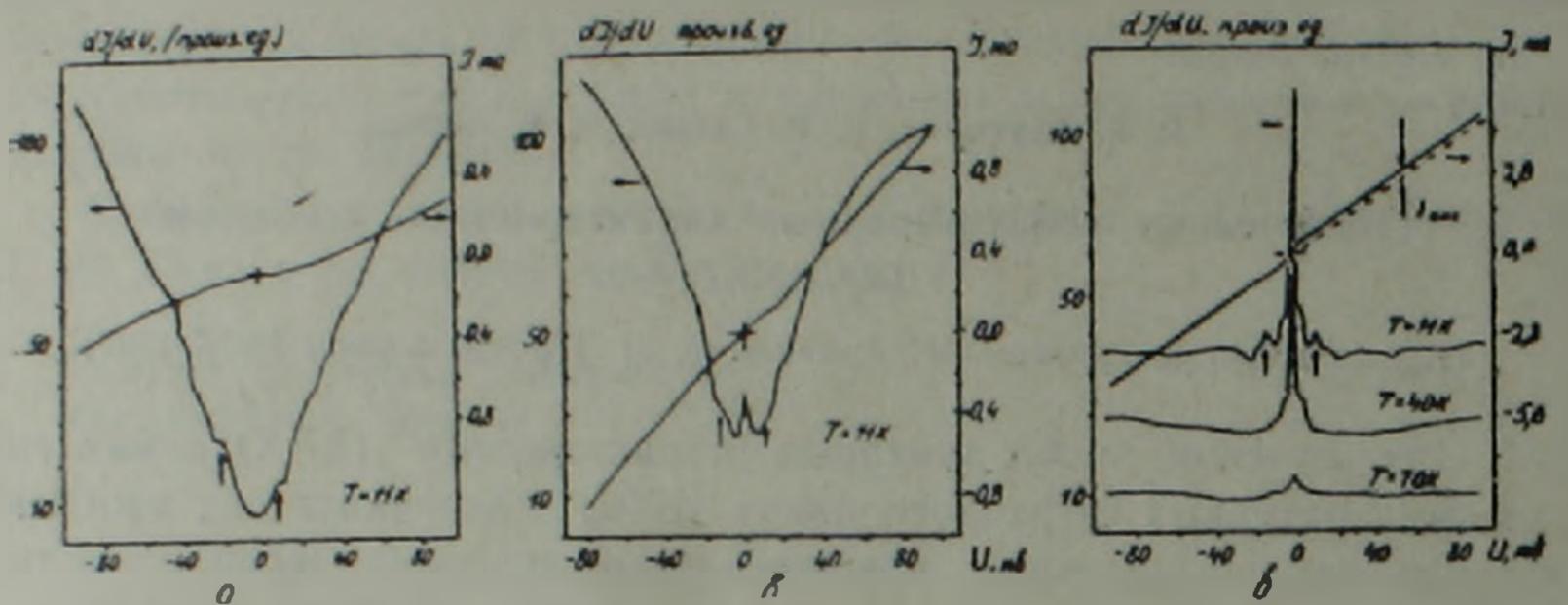


Рис. 1. ВАХ и e — первая производная для контакта сопротивлением $R_0 = 100 \text{ Ом}$ (а). $R_0 = 160 \text{ Ом}$ (б) и $R_0 = 15 \text{ Ом}$ (в) (стрелками указаны щелевые особенности)

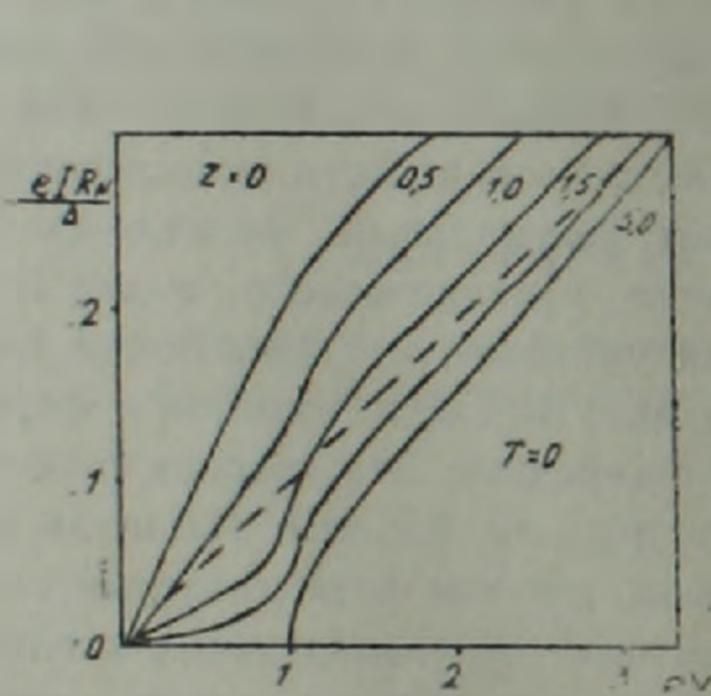


Рис. 2. $I-U$ характеристики при $T=0$ для различных эффективных жесткостей z барьера из работы (4). R_n — сопротивление контакта в нормальном состоянии

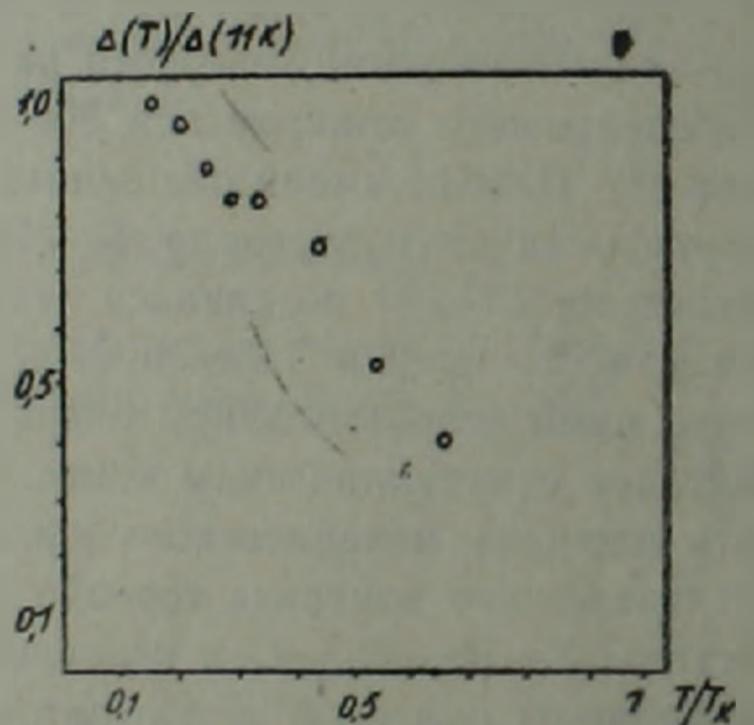


Рис. 3. Температурная зависимость величины энергетической щели для контакта с $R_0 = 15 \text{ Ом}$

Для всех типов контактов на кривых дифференциальной проводимости проявляются максимумы, характерные для энергетической щели $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$. Амплитуда максимумов невелика вследствие размытия щели из-за неоднородности качества поверхности пленки и, следовательно, разброса T_c по площади контакта. Кроме того, критическая температура T_c объемного образца, определяемая по температурной

зависимости сопротивления пленки, больше критической температуры менее чистого поверхностного слоя $T_{k, пов}$, определяемой по ВАХ. Величины щелей определенные нами по максимумам дифференциальной проводимости (~ 15 мэВ), несколько меньше значений, приводимых в литературе для образцов с чистой поверхностью (~ 20 мэВ) (10, 9).

Для металлического контакта, как следует из теории БТК, характерно присутствие избыточного тока $I_{ex} \approx 4\Delta/3eR_0$ при напряжениях $V < \Delta/e$. Это может приводить к тому, что проводимость в области напряжений $V < \Delta/e$ становится выше, чем в областях $V > \Delta/e$. Подобное поведение ВАХ можно наблюдать на рис. 1, в; здесь величина избыточного тока составляет ~ 25 нА. Кривые дифференциальной проводимости имеют ярко выраженную особенность при нулевом напряжении. Причем узкая центральная составляющая этого пика сильно зависит от температуры, и, возможно, это является проявлением эффекта близости, который вызывает уменьшение величины энергетической щели для данного контакта по сравнению с туннельным. Из рис. 1, в видно, что с ростом температуры щелевые особенности постепенно сглаживаются и исчезают. Температурная зависимость величины энергетической щели $\Delta(T)$ для контакта металлического типа (рис. 1, в) приведена на рис. 3. Величина отношения $2\Delta/kT_{k, пов}$ этого контакта составляет 3,71 для $T_{k, пов} = 75$ К и $\Delta = 12$ мэВ при $T = 11$ К.

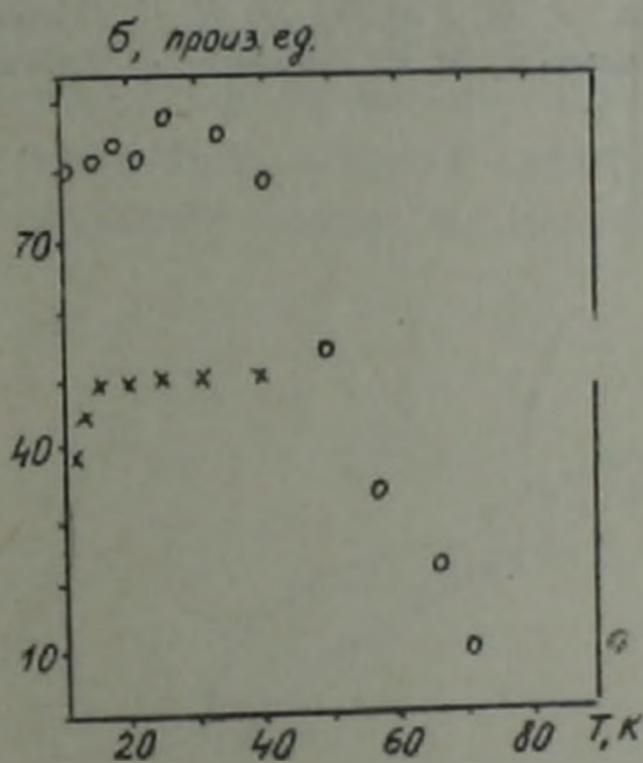


Рис. 4. Зависимости дифференциальных проводимостей σ от температуры при нулевом напряжении: x — для контакта с $R_0 = 400 \text{ Ом}$, o — для контакта с $R_0 = 15 \text{ Ом}$

Зависимости дифференциальных проводимостей от температуры, приведенные на рис. 4, подтверждают туннельный характер контакта с ВАХ, приведенной на рис. 1, а, и металлический характер контакта с ВАХ на рис. 1, в.

$YBa_2Cu_3O_{7-x}$ —III կոնտակտների ոչ գծային վոլտ-ամպերային բնութագրերը

Այս աշխատանքում չափված են բարձրաստիճանային գերհաղորդիչների թաղանթների միկրոկոնտակտային վոլտ-ամպերային բնութագրերը: Որպես միկրոկոնտակտային էլեկտրոդ ծառայել է մետաղական ինդիումի շերտը: Ջափումները կատարվել են 11—100 Կ ջերմաստիճանային տիրույթում:

Կախված կոնտակտային դիմադրությունից (400, 160 և 15 Օհմ) ստացվել են երեք տիպի վոլտ-ամպերային բնութագրեր, որոնց բացատրությունը տրվում է Քլոնդերի-Տինգհամի-Կլապպիյկի տեսությամբ: Ստացված են էներգետիկ ճեղքի և դիֆերենցիալ հաղորդականության ջերմաստիճանային կախումները: 15 Օհմ դիմադրությամբ կոնտակտի համար հաշվարկված $2\Delta/kT_{k, \text{нон}}$ մեծությունը ստացվել է հավասար 3,71, որտեղ $T_{k, \text{нон}} = 75$ Կ, $\Delta = 12$ մեՎ 11 Կ ջերմաստիճանի համար:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ M. Reiffers, P. Samuely, M. Kupka e. a., Modern Physics Letters B, v. 2, № 11—12, p. 1269—1277 (1988). ² И. К. Янсон, Л. Ф. Рыбальченко, В. В. Флеун и др. ФНТ, т. 15, № 8, с. 803—823 (1989). ³ П. Б. Абрамян, А. В. Геворкян, Б. А. Глушко и др. 7-я Всесоюзн. конф. по росту кристаллов, т. 11, с. 374—375 (1988). ⁴ G. E. Blonder, M. Tinkham, T. M. Klapwijk, Phys. Rev. B, v. 25, № 7, p. 4515—4532 (1982). ⁵ A. M. Cucolo, J. M. Valles, Jr, R. C. Dynes e. a., Physica C, v. 161, p. 351—35 (1989). ⁶ J. R. Gavaler, M. G. Forrester, J. Talvacchio, Physica C, v. 162—164, p. 1051—1052 (1989).