1987 г. Август *Том 152, вып.4*

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

БИБЛИОГРАФИЯ

539.292(049.2)

ПРИНЦИПЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ТУННЕЛЬНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Wolf E. L. Principles of Electron Tunneling Spectroscopy.— New York: Oxford University Press; Oxford: Clarendon Press, 1985. — 576 p.— (International Series of Monographs on Physics. V. 71).

Само название книги предельно ясно определяет ее направленность и полностью соответствует ее содержанию. За почти тридцатилетний период туннельный эффект в твердых телах из объекта исследований превратился в изящный, необычайно информативный и надежный экспериментальный инструмент — метод туннельной спектроскопии. В книге сделан акцент прежде всего на принципиальные возможности метода. Физические же результаты, полученные с его помощью, выполняют роль несколько скупых, но выразительных декораций — они выявляют новые качества метода, убеждая читателя в многогранности и универсальности туннельной спектроскопии. Такой подход к написанию книги вполне оправдан и обеспечит надолго актуальность поднятых в ней вопросов.

Громадный фактический материал — теоретический и экспериментальный — автором строго (в соответствии с названием книги) систематизирован и содержится в одиннадцати главах и трех приложениях. Большая часть книги посвящена изложению основ спектроскопии сверхпроводников (гл. 3—7). Именно для этого объекта методическая сторона туннельного эффекта достигла совершенства. Спектроскопии нормального состояния (металлы, полупроводники, магнитные материалы, органические молекулы и др.) и перспективам ее развития отводятся вторая и восьмая главы. Обилие иллюстраций (их свыше 250) отличного качества с подробными подписями способствует лучшему пониманию всех принципов метода электронного туннелирования.

Первая глава книги — вводная, здесь обсуждаются основные представления о туннелировании как сугубо квантовом явлении и различные аспекты электронного туннелирования в твердых телах, вводятся понятия о квазичастичном и сверхпроводящем (джозефсоновском) туннельном эффекте, акцентируется внимание читателя на спектроскопических сторонах туннельных явлений. Во второй главе детализируется теоретическая и экспериментальная стороны туннелирования в нормальных структурах. Уделяется внимание рассмотрению многочастичных эффектов, описываются различные реальные типы структур — контактов и их отличия от идеальных, обусловленные дефектами в барьерах. Обсуждается влияние зонной структуры и плотности электронных состояний на вольт-амперные характеристики нормальных контактов.

В третьей главе изложены теории сверхпроводимости и туннелирования в сверхпроводниках — квазичастичного и джозефсоновского. Здесь же приведены результаты туннельного изучения энергетической щели в сверхпро-

водниках с сильным и слабым ЭФВ, ее анизотропии, влияния магнитного поля, магнитных примесей, высоких давлений, тепловых флуктуации и внешнего электромагнитного поля. Четвертая глава посвящена описанию теории сверхпроводников с сильным ЭФВ, базирующейся на уравнениях Элиашберга. Изложены методы решения этих нелинейных уравнений с целью получения спектральной функции ЭФВ $\alpha^2(\omega) F(\omega)$ — итерационная процедура Макмиллана и Роуэлла и дисперсионный метод Галкина, Дьяченко, Свистунова. В пятой главе содержатся основные представления об эффекте близости, возникающем в контактах нормального металла со сверхпроводником, анализируются соответствующие теоретические модели эффекта близости и рассматривается спектроскопия нормальных и сверхпроводящих объектов, основанная на этом эффекте. Шестая глава посвящена спектроскопии колебательного спектра и электрон-фононного взаимодействия сверхпроводников — простых и переходных металлов, сплавов, соединений, аморфных сверхпроводников, и изменениям их свойств в результате внешних воздействий. Неравновесные эффекты в нормальных и сверхпроводящих структурах, возникающие при туннельной инжекции квазичастиц и внешней накачке, их влияние на энергетическую щель в сверхпроводниках изложены в гл. 7.

В восьмой главе упор делается на спектроскопические возможности туннелирования в изучении нормального состояния. Анализируются квантовые размерные эффекты в тонких металлических пленках, поверхностные явления в полупроводниках и спиновая поляризация в ферромагнетиках. Большое внимание уделено неупругому взаимодействию туннелирующих электронов с магнонами, поверхностными и объемными плазмонами, фононами барьеров и поверхностными фононами электродов, образующих туннельный контакт. Обсуждаются вопросы стимулирования электронных переходов и электрон-электронного взаимодействия в металлических системах, собственно энергетические эффекты в вырожденных полупроводниках и нулевые аномалии в туннельной проводимости. Глава девятая знакомит со сравнительно недавними работами по туннелированию в необычные материалы: ультратонкие пленки и малые сверхпроводящие частицы, искусственные сверхрешетки и органические проводники. В десятой главе излагаются основы молекулярной спектроскопии методом неупругого туннелирования. Речь идет об исследовании очень малого количества вещества, внедренного в барьер, достаточного для получения спектральных характеристик — колебательных и вращательных спектров молекул, аналогичных ИК и раман-спектроскопии. Практическим применениям туннельного эффекта посвящена глава 11: от сверхпроводящих интерферометров до туннельного сканирующего микроскопа со сверхвысоким разрешением.

В заключительной части книги три приложения (А — С). В А изложены достижения в технологии изготовления туннельных структур с различными барьерами, способы регистрации туннельных характеристик. В В представлены численные методы обработки туннельных данных и получения спектральных функций ЭФВ, в С содержатся количественные результаты туннельных исследований твердых тел. Свыше 1500 цитированных первоисточников вместе с предметным указателем позволяют рассмотреть более подробно и глубоко соответствующую проблему или задачу. Наличие такого «путеводителя по литературе» — еще одно достоинство книги Вольфа Е. Л.

Появление данной книги можно рассматривать как важное событие для специалистов в области физики твердого тела, низких температур и контактных явлений. Широта охваченного материала делает ее интересной и более широкому кругу читателей — студентам, аспирантам, начинающим исследователям, специализирующимся не только в области физики, но и в химии и биологии.

В. М. Свистунов