

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКСОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ

53(048)

**НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ И АСТРОНОМИИ  
И ОТДЕЛЕНИЯ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ АКАДЕМИИ НАУК СССР**

(25—26 сентября 1985 г.)

25 и 26 сентября 1985 г. в Институте физических проблем им. (С. И. Вавилова) АН СССР состоялась совместная научная сессия Отделения общей физики и астрономии и Отделения ядерной физики АН СССР. На сессии были заслушаны доклады:

*25 сентября*

1. Ю. Н. Денисюк. Особенности отображения волновых полей статическими и доплеровскими трехмерными голограммами.
2. Ю. Т. Мазуренко. Голография нестационарных волн, основанная на дифракции импульсного излучения.
3. Г. И. Лашков. Перенос энергии с участием триплетных состояний в фазовой регистрации света.
4. В. И. Суханов. Фазовые голограммы в регистрирующих средах с дисперсионной рефракцией.
5. К. К. Ребане. Пространственно-временная голография сверхбыстрых событий, основанная на фотовыжигании спектральных провалов.

*26 сентября*

6. И. Б. Левинсон. Распространение сильно неравновесных фононов.
7. Н. Н. Сибельдин. Увлечение электронно-дырочных капель фононным ветром.
8. И. К. Янсон. Неравновесные электроны и фононы в микроконтактах.

Краткое содержание шести докладов приводится ниже.

**И. К. Янсон.** Неравновесные электроны и фононы в микроконтактах. В последнее десятилетие интенсивно развивался новый метод исследования энергетического спектра проводников электрического тока, получивший название «микроконтактной спектроскопии». Метод основывается на явлениях, возникающих в электрических контактах малого размера  $d$  (порядка нескольких десятков или сотен Å для металлов), по сравнению с длиной энергетической релаксации носителей заряда в сильно неравновесном токовом состоянии. Это состояние качественно отличается от токовых состояний в однородных проводниках тем, что в окрестности любой точки вблизи контакта, где электрическое поле отлично от нуля, все электроны разделяются на две группы. Максимальные энергии электронов в этих группах отличаются на  $eV$  — электрическое смещение, приложенное к контакту, при условии, что  $eV \gg kT$ . Электроны, принадлежащие различным группам, приходят в данную точку из удаленных точек, лежащих по разные стороны от контакта. Релаксация такого распределения приводит к нелинейной вольт-амперной характеристике, имеющей особенности при смещениях, отвечающих характерным энергиям квазичастиц, неупруго рассеивающим электроны. В металлах такими квазичастицами являются в первую очередь фононы. Замечательно, что дифференциальное сопротивление контакта прямо пропорционально частоте рассеяния электронов на фононах, а его производная (т. е. вторая производная вольт-амперной характеристики, называемая микроконтактным спектром) пропорциональна микроконтактной функции электрон-фононного взаимодействия (ЭФВ). Функция ЭФВ условно

представляет собой произведение среднего квадрата матричного элемента ЭФВ на плотность фононных состояний. На практике микроконтакты получают, например, приводя два кусочка металла в соприкосновение по острым ребрам непосредственно перед измерением в жидком гелии (рис. 1). Простота и быстрота, с которой проводятся такие эксперименты, ставят их вне конкуренции при исследовании фононных спектров металлов и особенно спектральных функций ЭФВ. За это приходится «платить» тем, что плотность фононных состояний умножена на некоторую функцию энергии, куда кроме матричного элемента ЭФВ, входит и геометрический фактор, зависящий от формы контакта. Тем не менее положения основных особенностей микроконтактного спектра, а часто и их относительные интенсивности совпадают с таковыми в спектре фононов. Согласие вычисленных и измеренных микроконтактных функций ЭФВ служит хорошей гарантией того, что и расчетная стандартная функция ЭФВ, не содержащая формфактора, окажется правильной. В настоящее время исследованы микроконтактные спектры ЭФВ более 30 чистых металлов, многих сплавов и соединений. Использование монокристаллов позволяет изучать анизотропию ЭФВ.

Расщепление электронов по энергиям легко может достигать максимальных энергий фононов и даже составлять заметную долю фермиевской энергии. Плотность тока в сужении достигает  $10^9$ — $10^{11}$  А/см<sup>2</sup> в

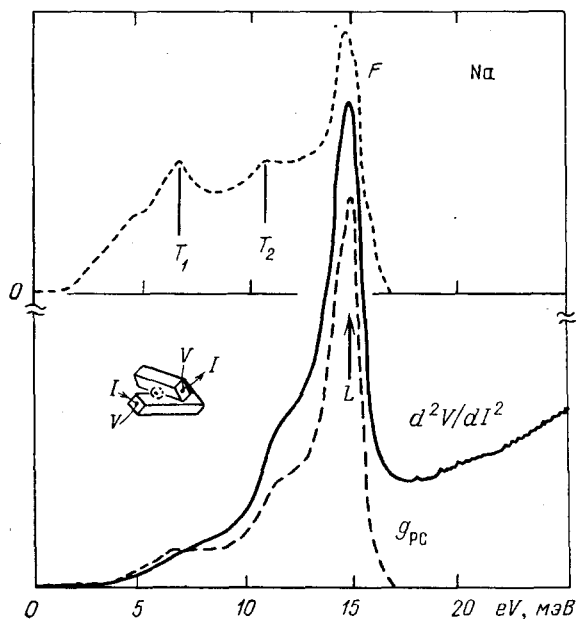


Рис. 1. Плотность фононных состояний ( $F$ ), микроконтактный спектр ( $d^2V/dI^2$ ) и микроконтактная функция электрон-фононного взаимодействия ( $g_{PC}$ ) для натрия.

Стрелка и  $T_1$ ,  $T_2$  указывают положения максимумов фононного спектра. На вставке показана схема эксперимента по микроконтактной спектроскопии

отсутствие джоулевого разогрева. В таком ультранеравновесном состоянии наблюдается ряд интересных явлений. Контакт становится источником неравновесных дебаевских фононов, причем возможно испускание и когерентных фононов. Эти фононы реabsорбируются электронами, что приводит к появлению фона на микроконтактных спектрах, проявляющегося в виде ненулевого сигнала при смещениях больших максимальной энергии фононов (см. рис. 1). Частотная дисперсия фона лежит в области СВЧ и позволяет определить время однородной релаксации фононов на электронах.

В чистых микроконтактах нетривиально ведут себя низкочастотные электрические флуктуации, представляющие разновидность фликкерного шума. При монотонном увеличении мощности, рассеиваемой в контакте, спек-

тральная плотность шумов имеет ряд экстремумов (рис. 2), положение которых на оси энергий коррелирует с энергиями некоторых фононов, определяемых формой поверхности Ферми и дисперсионными кривыми фононов для данного металла. Таким образом, зависимости  $S_V$  (eV) дают дополнительную информацию об ЭФВ по сравнению с микроконтактными спектрами.

Нефононные квазичастицы, рассеивающие электроны, изучаются методом микроконтактной спектроскопии наряду с фононами. Наиболее яркие результаты получены в тех случаях, когда спектр нефононных квазичастиц имеет интенсивные линии, лежащие в стороне от основных пиков фононного спектра. Таковы, например, магноны в Gd и Ho, магнитные экситоны в Pr и его соединениях, магнитные примеси в матрице благородных металлов (эффект Ковдо), локальные колебания и др.

Другой механизм нелинейности имеет место в микроконтактах соединений с переменной валентностью. В большинстве исследованных до сих пор

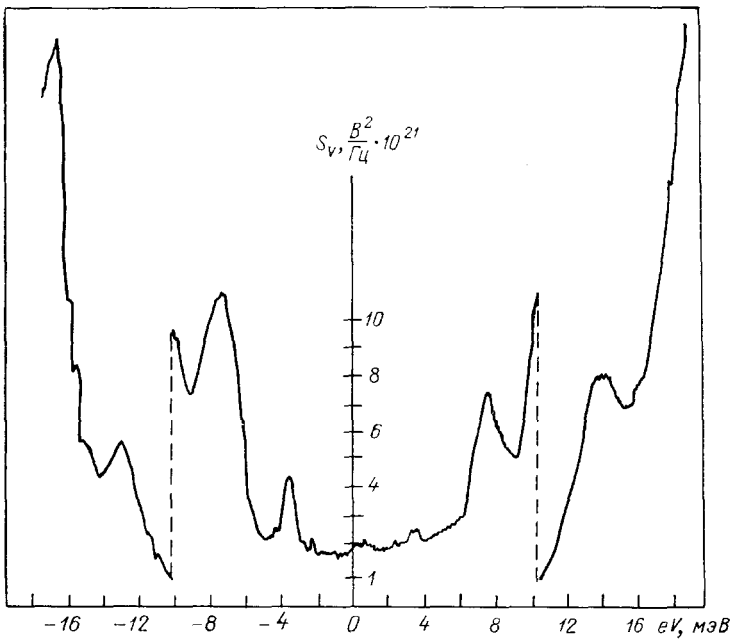


Рис. 2. Зависимость спектральной плотности флуктуаций напряжения на натриевом микроконтакте от электрического смещения.

Частота — 20 кГц, температура — 1,7 К. Для крайних левой и правой кривых множитель 10

веществ неупругая длина рассеяния электронов проводимости на локализованных 4f-состояниях настолько мала, что условие  $d \ll l_e$  не выполняется, и имеет место джоулев разогрев контакта. Однако в  $CeNi_3$  ион Ce большую часть времени находится в немагнитном  $Ce^{4+}$ -состоянии, что позволяет реализовать изоэнергетический режим пролета электронов через область ускоряющего потенциала. Релаксация ступенчатого распределения электронов по энергиям осуществляется в этом случае не путем неупругих процессов, а за счет резонансного рассеяния электронов проводимости на 4f-уровнях, расположенных вблизи уровня Ферми. Эти эксперименты позволяют определить положение 4f-уровней относительно уровня Ферми и оценить их ширину.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шарвин Ю. В.— ЖЭТФ, 1965, т. 48, с. 984.
2. Янсон И. К.— ЖЭТФ, 1974, т. 66, с. 1035.
3. Кулик И. О., Омелянчук А. Н., Шехтер Р. И.— ФНТ, 1977, т. 3, с. 1543.
4. Янсон И. К.— ФНТ, 1983, т. 9, с. 676.
5. Акименко А. И., Веркин А. Б., Янсон И. К.— ФНТ, 1984, т. 10, с. 1159.
6. Акименко А. И., Пономаренко Н. М., Янсон И. К.— Письма ЖЭТФ, 1985, т. 41, с. 235.
7. Янсон И. К., Балкашин О. П., Пилипенко Ю. А.— Ibidem, с. 304.