

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

X 911

P13-88-296

**В.В.Журавлев, В.Б.Заббаров, В.И.Лушиков,
И.М.Матора**

**СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТА
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАБОТЫ ВЫХОДА ЭЛЕКТРОНА
ИЗ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО
СВЕРХПРОВОДНИКА (ВТСП)**

Направлено в журнал "Поверхность.
Физика, химия, механика"

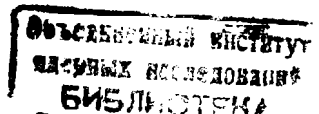
1988

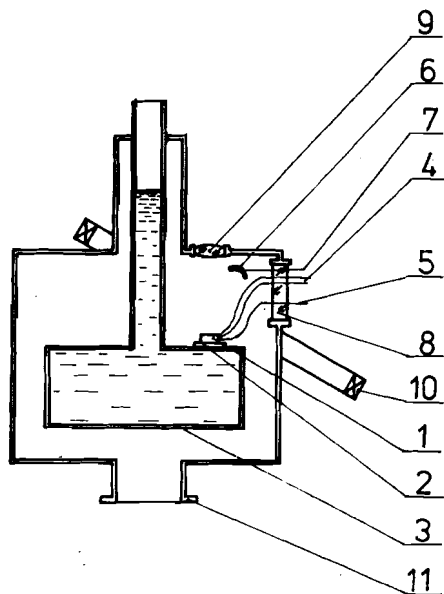
Явление фотоэмиссии электронов поверхностью конденсированных тел в вакууме, как известно, предоставляет широкие возможности для исследования структуры электронных уровней в их приповерхностном слое. В частности, на его основе выполнены многочисленные измерения работы выхода электрона ϕ , которая в терминах квантовой механики представляет собой взятое с обратным знаком собственное значение оператора полной энергии E_n наивысшего из занятых одноэлектронных состояний.

Фотоэмиссионный эксперимент, предлагаемый здесь, предназначен для высокоточных измерений плотности уровней в зоне проводимости ВТСП, в особенности — в ближайшей окрестности E_n , и других характеристик этой зоны.

Известно, вместе с тем, что сверхпроводимость осуществляется спаренными электронами — бозонами, а мейснеровское полное выталкивание магнитного поля происходит, начинаясь с поверхности сверхпроводника. Последнее обстоятельство свидетельствует о наличии у его поверхности некоторого количества электронных пар, причем ожидаемая работа выхода пары $\phi_{\text{пары}} \sim 2\phi^{1/2}$. Но тогда в ходе эксперимента попутно можно будет исследовать еще один аспект поведения осуществляющих сверхпроводимость пар, т.к. фотоэффект из сверхпроводника при температуре T ниже точки перехода в сверхпроводящее состояние T_c по сравнению со случаем $T > T_c$ обогащен возможностью генерации фотоэлектронов при взаимодействии фотона не только с отдельным электроном, но и с электронной парой — бозоном как целым. Правда, количество взаимодействий последнего рода по сравнению с обычной фотогенерацией отдельных электронов, по-видимому, мало. Поэтому чувствительность эксперимента, предназначенного зарегистрировать на фоне обычной фотоэмиссии появление фотоэлектронов меньшей энергии от взаимодействия фотонов с бозонами после охлаждения образца до $T < T_c$, должна быть максимально возможной. И тот факт, что в эксперименте¹², одной из целей которого, по-видимому, было обнаружение фотоэмиссии бозонов, разница в спектрах фоточастиц при $T > T_c$ и $T < T_c$ не была обнаружена, удивления не вызывает.

К настоящему времени в фотоэмиссионной методике достигнуто разрешение по энергии эмитированных электронов $0,02 \div 0,06$ эВ, которое в совокупности с ультравысокой очисткой поверхности в вакууме с уровнем давления остаточного газа $\sim 10^{-10}$ Торр позволило обнару-





жить необычно узкие пики одно-электронных уровней, расположенных непосредственно под уровнем Ферми в меди, серебре и золоте¹³.

В предлагаемом эксперименте ожидаемое разрешение по энергии фотоэлектронов составит $\sim (10^{-3} - 10^{-5})$ эВ при удовлетворительной скорости набора статистики. В нем будет использоваться времяпролетная методика измерения скорости частиц, выбиваемых из образца лучом короткоимпульсного ($\tau \leq \leq 10^{-9}$ с) лазера с умеренной импульсной мощностью (≤ 50 кВт) и небольшой (в несколько эВ) энергией кванта $h\nu$.

Соответствующая конструктивная схема установки для упомянутых выше измерений представлена на рисунке.

Образец 1 (пластинка-сверхпроводник) лежит на тонком электроизоляторе 2, сквозь который и стенку сосуда 3 происходит теплообмен пластинки с жидким азотом, содержащимся в сосуде. Контроль температуры T образца через терморпарный ввод 4, полного тока с образца по вводу 5 и достигающей коллектора 6 части тока фотоэлектронов по вводу 7 осуществляется через вакуумно-плотный изолятор 8. На 20 см пролетной базе от образца до сферического (с центром сферы на образце) коллектора геомагнитное поле компенсируется внешними соленоидами 10 до уровня остаточного суммарного поля $< 0,005$ Э. Вакуумная откачка через патрубок 11 осуществляется сорбционным насосом, не возбуждающим электромагнитных полей в рабочем объеме.

Облучение образца монохроматическими лазерными квантами с длиной волны $150 \text{ нм} < \lambda < 500 \text{ нм}$ происходит через кварцевое окно 9. На ввод 7 может также подаваться и регулируемый постоянный потенциал, облегчающий предварительные оценки кинетической энергии фотоэлектронов.

Обеспечивается возможность прогрева образца и внутренней поверхности камеры и чистка поверхности образца без нарушения вакуума алмазным инструментом (на рисунке не показан) непосредственно перед измерениями.

В заключение искренне благодарим за полезные обсуждения и советы В.Л.Аксенова, В.В.Голикова, Д.А.Корнеева, Ю.М.Останевича, Ю.Н.Покотиловского и А.Б.Попова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матора И.М., Куликова С.И. Препринт ОИЯИ Р14-87-903, Дубна, 1987.
2. Johnson P.D. et al. – *Phys.Rev. B*, 1987, v.35, No. 16, p.8811.
3. Kevan S.D., Gaylord R.H. – *Phys. Rev. Lett.*, 1986, v.57, No. 23, p.2975; *Phys. Rev.B*, 1987, v.36, No. 11, p.5809.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 мая 1988 года.