

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН ПО КЕРАМИКЕ $YBa_2Cu_3O_{6+\delta}$

Г. Н. Жижин, К. В. Крайская, Л. А. Кузык, Ф. А. Уваров,
В. А. Яковлев

При исследовании свойств новых материалов с высокой температурой сверхпроводящего перехода значительный интерес представляют характеристики свободных носителей. Спектроскопия поверхностных поляритонов (ПП) [1] позволяет получить такую информацию, особенно если опре-

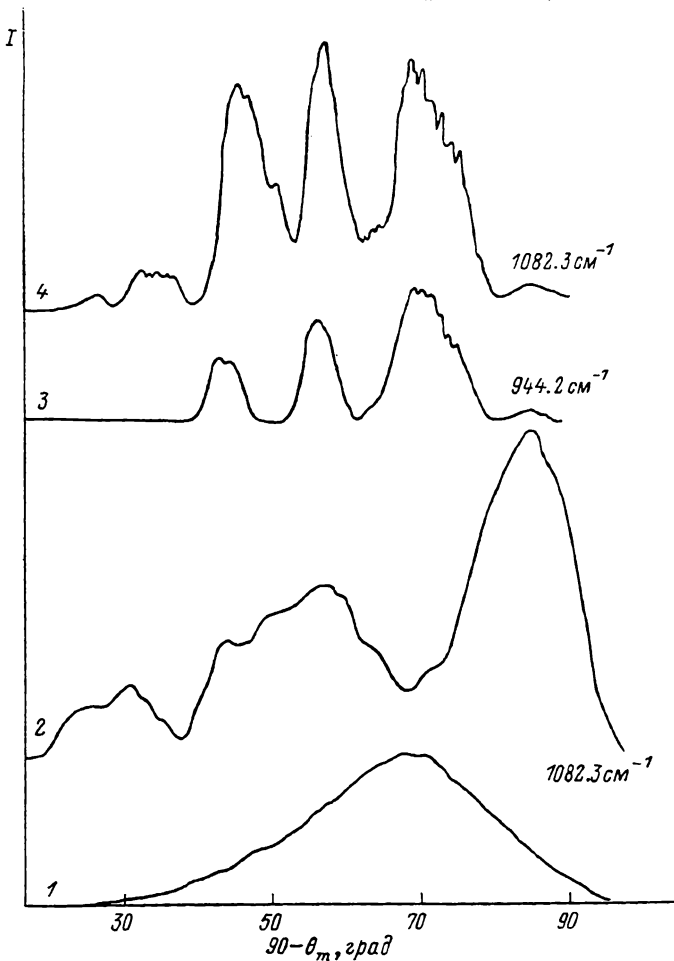


Рис. 1.

1 — угловое распределение интенсивности дифрагированного излучения s -поляризации, $\nu = 1082.3 \text{ см}^{-1}$; 2—4 — интерференционные картины для p -поляризованного излучения при различных значениях α , мкм: 2 — 40; 3, 4 — 90.

делять не только амплитудные [1], но и фазовые характеристики ПП, распространяющихся вдоль поверхности [2, 3].

Целью работы было возбуждение ПП на поверхности образца состава $YBa_2Cu_3O_{6+\delta}$ [4], исследование дисперсии ПП, определение плазменной частоты данного материала ν_p при комнатной температуре.

Поверхность образца размером $8 \times 5 \times 1$ мм полировалась алмазными порошками. Схема экспериментальной установки описана в [5]. Для воз-

буждения ПП излучением перестраиваемого CO_2 -лазера (диапазон частот $930-1090 \text{ см}^{-1}$) использовался апертурный метод [6]. Излучение фокусировалось на щель между экраном (лезвием бритвы) и поверхностью образца (размер щели $\sim 10 \text{ мкм}$) и дифрагировало частично в объемное излучение, частично в поверхностный поляритон. ПП, пробежав некоторое расстояние по поверхности образца, снова преобразовывался на ближайшем препятствии в объемную волну. Две волны с разным набегом фазы

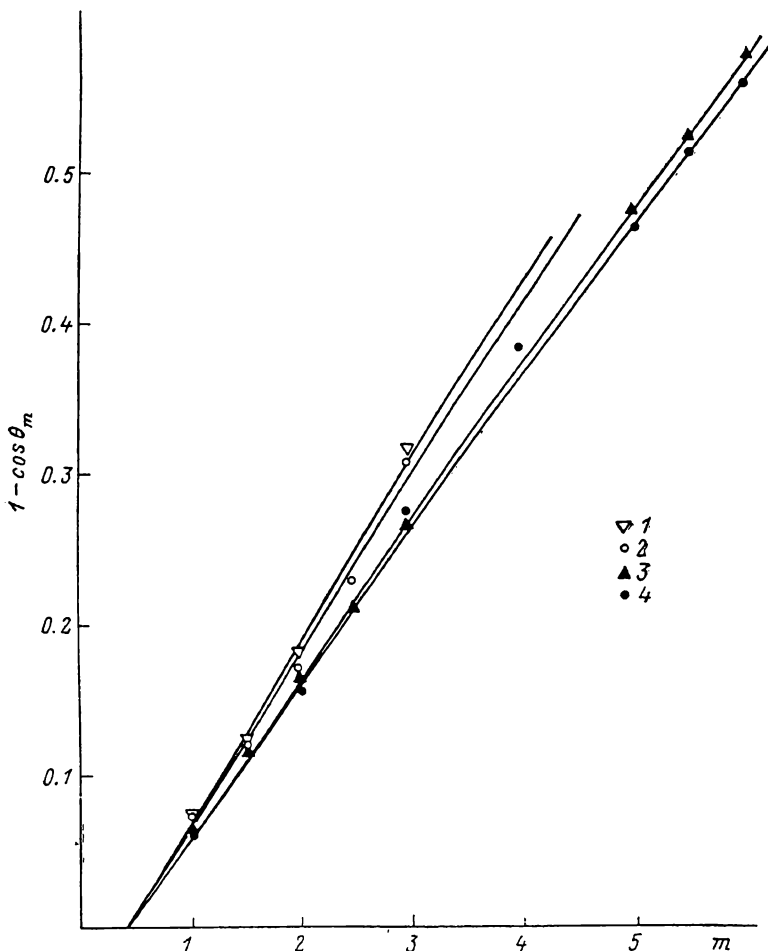


Рис. 2. Определение действительной части эффективного показателя преломления поверхностного поляритона $n'_{эфф}$ и расстояния, пройденного ПП, a для различных частот.

см^{-1} : 1 — 944.2, 2 — 974.6, 3 — 1050.4, 4 — 1082.3.

интерферировали между собой. Интерференция регистрировалась пироэлектрическим приемником, перемещавшимся по дуге окружности, центр которой находился вблизи возбуждающей апертуры. Измерения проводились как в s -, так и в p -поляризации.

Когда на образец падало s -поляризованное излучение, пироэлектрический приемник фиксировал дифракционную картину с широким максимумом, характерным для узкой щели (рис. 1). Для p -поляризованного излучения характер картины менялся. Наличие нескольких максимумов указывало на интерференцию, что свидетельствовало о возбуждении ПП (всегда в p -поляризации) на поверхности образца.

Графики распределения интенсивности для различных частот представлены на рис. 1. По угловому положению интерференционных максимумов и минимумов распределения можно определить действительную часть эффективного показателя преломления ПП образца $n'_{эфф}$.

Для данной геометрии эксперимента

$$n'_{\phi\phi} = \cos \theta_m + m/\nu a, \quad (1)$$

где θ_m — угловое положение экстремума интерференции относительно плоскости образца; a — расстояние, на которое распространился ПП вдоль поверхности; ν — частота излучения; m — порядок интерференционного экстремума (целое — для максимума, полуцелое — для минимума).

Получение интерференционной картины на данном образце задача трудоемкая. При незначительном перемещении луча лазера вдоль экрана расстояния между интерференционными максимумами меняются вплоть до исчезновения интерференционной картины, это свидетельствует об изменении разности фаз интерферирующих волн. Расстояние a определяется по углу наклона линейной зависимости экспериментальных значений $(1 - \cos \theta_m)$ от номера экстремума. Минимальное определяемое $a \sim 20$ мкм, при меньших расстояниях интерференционные максимумы слишком разведены, что не позволяет их регистрировать. Максимальное измеренное $a = 90 \pm 5$ мкм. Экспериментальные зависимости $(1 - \cos \theta_m)$ для этого расстояния для различных частот изображены на рис. 2. Все полученные a намного меньше расстояния от экрана до края образца. Следовательно, ПП срывается на дефекте поверхности, не успевая добежать до края образца. Образец состоит из зерен размером $\sim 1-10$ мкм с порами между ними. Поверхностный поляритон распространяется по гладкой поверхности одного зерна, а затем срывается на его границе. Интерференционная картина (рис. 1) искажена, это вызвано неровностями границ зерен и наложением интерференционных картин с разными a при распространении ПП по нескольким соседним зернам. Все это вносит ошибку $\sim 2\%$ в определение положения экстремумов. Из графиков на рис. 2 определяется величина $\Delta n' = n'_{\phi\phi} - 1$ по пересечению прямых с осью абсцисс. Ошибка при вычислении достигает 30% .

Допуская, что частотная зависимость диэлектрической проницаемости ϵ описывается формулой Друде и $|\Delta n'| \ll 1$, можно определить плазменную частоту керамики из формулы

$$\Delta n' \approx \text{Re}(-1/2\epsilon) \approx \nu^2/2\nu_p^2. \quad (2)$$

Для исследуемых частот $\nu_p = 3500 \pm 1000$ см⁻¹. Возбуждение поверхностного поляритона на керамике YBa₂Cu₃O_{6+x} позволяет оценить плазменную частоту образца в ИК области. Для определения других оптических постоянных образца необходимо контролировать изменения a в пределах одного зерна.

Л и т е р а т у р а

- [1] Поверхностные поляритоны / Под ред. В. М. Аграновича, Д. Л. Миллса. М.: Наука, 1985. 525 с.
- [2] Жижин Г. Н., Киселев С. А., Москалева М. А., Силин В. И., Яковлев В. А. ЖТФ, 1984, т. 54, № 5, с. 975—977.
- [3] Жижин Г. Н., Силин В. И., Яковлев В. А. Препринт № 19 ИСАН, 1986.
- [4] Балашов А. А., Болдырев Н. Ю., Бурлаков В. М. и др. Письма в ЖЭТФ, Приложение, 1987, т. 46, с. 43—46.
- [5] Воронов С. А., Жижин Г. Н., Уваров Ф. А., Яковлев В. А. ФТТ, 1986, т. 28, № 10, с. 3206—3208.
- [6] Barlow N. M., Brown J. Radio surface waves. Oxford: Clarendon press, 1926. 200 с.

Институт спектроскопии АН СССР
Троицк
Московская обл.

Поступило в Редакцию
27 октября 1987 г.