

## НЕЛИНЕЙНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ ЗВУКА В ГАЛЛИИ В СВЕРХПРОВОДЯЩЕМ СОСТОЯНИИ

*В.Д.Филь, В.И.Денисенко, Л.А.Безульский*

В области сверхпроводящего состояния вблизи  $T_c$  наблюдаются особенности поведения поглощения и скорости звука в условиях воздействия на образец дополнительного мощного ультразвукового поля, по видимому, указывающие на перестройку энергетического спектра сверхпроводника.

Ранее авторы сообщали о необычном поведении поглощения звука в олове в окрестностях сверхпроводящего перехода [1], заключающемся в существовании экспоненциального "хвоста" в поглощении выше критической температуры. Было высказано предположение, что одной из возможных причин наблюдаемого явления может быть проявление многозонности. Это предположение, а также результаты работы [2], свидетельствующие о сильной парапроводимости в изотопически чистом галлии, определили выбор галлия (обладающего сложной ферми-поверхностью [3]) в качестве объекта дальнейших исследований.

Исследовались образцы, вырезанные из монокристалла галлия очень высокой чистоты (длина свободного пробега  $l \gtrsim 1$  см), а также образцы, выращенные из металла марки ГЛ-0 (чистота 99,999%). Измерительная аппаратура описана в [4], магнитные поля экранировались пермаллоевым и сверхпроводящим экранами. Использовались датчики продольного и поперечного звука из ниобата лития. Температура измерялась с помощью угольного сопротивления марки Аллен-Брэдли.

Результаты экспериментов аналогичны результатам работы [1].

1. Перед областью крутого спада поглощения выше  $T_c$  имеется экспоненциальный "хвост". Величина "хвоста" зависит от кристаллографии

образца и поляризации звука. 2. В более загрязненных образцах температурная протяженность "хвоста" уменьшается (ср. кривые 1, 2 на рис. 1).

Вместе с тем были обнаружены нелинейные эффекты, заключающиеся в сильной деформации кривой поглощения при увеличении амплитуды звукового поля, противоположной наблюдавшейся в [5]. В целях уменьшения влияния перегрева дальнейшие эксперименты проводились при воздействии на образец двух импульсов разных частот: слабого измерительного и мощного импульса накачки. Импульс накачки мог или совпадать с измерительным, или быть сдвинутым относительно него. Частота повторения не превышала 100 *Гц*.

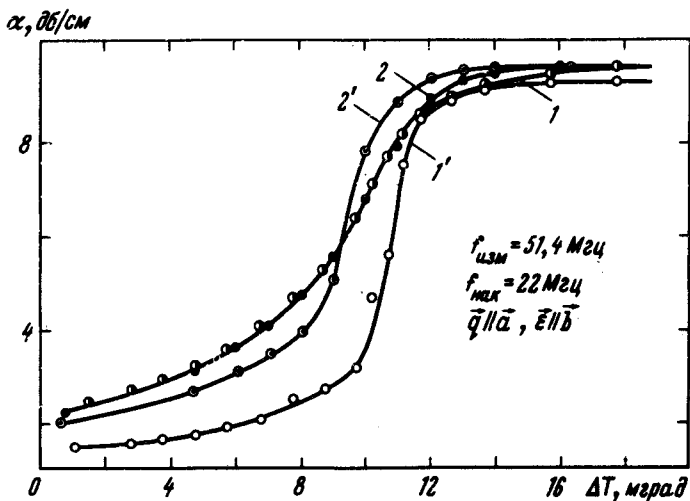


Рис. 1. Зависимость поглощения  $\alpha$  от температуры вблизи  $T_c$  для чистого 1 и 1' и грязного 2 и 2' образцов: ●, ● — поглощение без накачки; ○, ○ — поглощение с накачкой. Мощность накачки 0,3 *вт/см<sup>2</sup>*

На рис. 1 кривые 1 и 2 для чистого и загрязненного образцов соответствуют случаю, когда импульс накачки следовал на 20 *мксек* позже измерительного импульса (при этом импульсный нагрев образца полностью рассеивался к приходу следующего измерительного импульса), кривые 1' и 2' отвечают одновременному их распространению. В последнем случае характерным является увеличение крутизны начальной части кривой поглощения звука, более сильное для чистого образца. На кривой 2' видно также проявление импульсного перегрева, а, возможно, и влияние релаксации параметра порядка [5]. Поскольку мощность накачки в обоих случаях поддерживалась одинаковой (как и длина образцов), то резонно ввести такую же коррекцию и в температурное положение кривой 1', что наводит на мысль о наличии смещения температуры сверхпроводящего перехода под влиянием накачки в сторону более высоких значений. Небольшое отличие кривых 1 и 1' в области нормального состояния связано с проявлением импульсной нелинейности [6].

На рис. 2 приведены кривые, характеризующие изменение скорости поперечного звука при сверхпроводящем переходе. Наряду со смещени-

ем температуры, соответствующей минимуму  $(\Delta V/V)_{min}$ , наблюдается существенное изменение и амплитуды этого минимума под влиянием накачки, что, по-видимому, свидетельствует о перестройке энергетического спектра сверхпроводника.

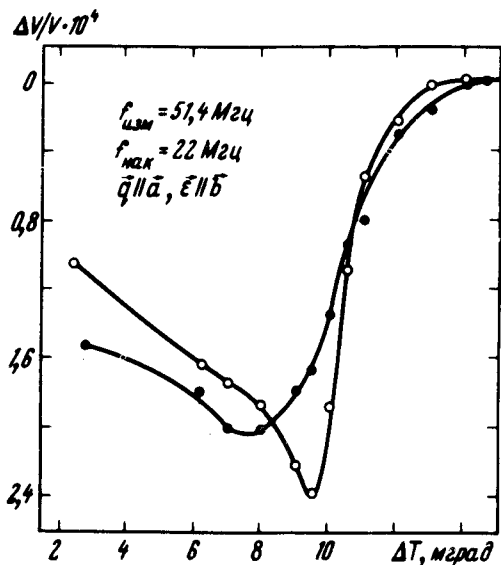


Рис. 2. Зависимость относительного изменения скорости  $\Delta V/V$  от температуры вблизи  $T_c$ . Мощность накачки  $0,3 \text{ вт/см}^2$ .  $\circ$  — с накачкой;  $\bullet$  — без накачки

Отмеченные выше особенности в поведении поглощения имеют место также и в случае продольного звука. Еще одной характерной их чертой является уменьшение "хвоста" под влиянием накачки, что особенно заметно при переходе к высоким частотам накачки ( $\sim 150 \text{ МГц}$ ), на которых также снижаются амплитуды, необходимые для заданной деформации кривой поглощения.

В заключение приведем некоторые соображения, которые необходимо учитывать при объяснении наблюдаемого явления. 1. Перегрев не может дать такого влияния, так как: а) он должен смещать кривые в сторону более низких температур. Деформация кривой поглощения при этом в принципе возможна из-за увеличения теплоемкости ниже  $T_c$ , однако деформированная кривая не должна опускаться ниже недеформированной; б) величина  $(\Delta V/V)_{min}$  не должна при этом меняться. 2. Эффекты типа релаксации щели [5] также не могут быть привлечены в качестве объяснения, так как они увеличивают поглощение, а не уменьшают его. 3. Нет причины ожидать существенного изменения дислокационного поглощения при значениях  $(T_c - T)/T_c \ll 1$ . 4. Маловероятно, что эффекты типа импульсной нелинейности могут объяснить наблюдаемое явление, так как: а) при использованных мощностях накачки они еще малы; б) в загрязненных образцах они вообще не проявляются (ср. кривые 2 и 2', рис. 1); в) в работе [6] показано, что никаких специфических особенностей в сверхпроводящем состоянии в случае импульсной нелинейности не наблюдается, т. е. ожидать сильной деформации кривой поглощения в этом узком температурном интервале не следует; г) импульсная нелинейность не влияет существенным образом на скорость звука. 5. В це-

лом эффект напоминает явление стимулированной "сверхпроводимости" [7], и скорее всего именно в этом следует искать причину наблюдаемых явлений.

Физико-технический институт  
низких температур  
Академии наук Украинской ССР

Поступила в редакцию  
11 апреля 1975 г.

После переработки  
19 мая 1975 г.

### Литература

- [1] В.Д.Филь, В.И.Денисенко, П.А.Безуглый, Е.А.Масалитин. Письма в ЖЭТФ, **16**, 462, 1972.
  - [2] K.S.Fassnacht, J.K.Dillinger. Phys. Rev. Lett., **24**, 1059, 1970.
  - [3] W.A.Reed. Phys. Rev., **188**, 1184, 1969.
  - [4] В.Д.Филь, П.А.Безуглый, Е.А.Масалитин, В.И.Денисенко. ПТЭ, №3, 210, 1973.
  - [5] K.Fossheim, J.R.Leibowitz. Phys. Rev., **178**, 647, 1969.
  - [6] Ю.М.Гальперин, В.Л.Гуревич, В.И.Козуб. ЖЭТФ, **65**, 1045, 1973.
  - [7] A.F.G.Wyatt, V.M.Dmitriev, W.S.Moore, F.W.Sheard. Phys. Rev. Lett., **16**, 1166, 1966.
-