

## БАРИЧЕСКИЙ СПЕКТР АКУСТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В МОНОКРИСТАЛЛАХ In

В. Н. Варюхин, А. В. Резников

1. Воздействие гидростатического давления на поликристаллы с некубической решеткой может вызвать значительные структурные изменения [1]. Барические спектры акустических потерь в этих материалах характеризуются наличием ряда максимумов [1, 2]. Однако механизм и физическая природа немонотонного изменения акустических потерь при увеличении и уменьшении гидростатического сжатия в полной мере не выяснены. Это связано с многообразием структурных изменений в некубическом поликристалле, обусловленном различием сложнапряженного состояния в отдельных зернах [1].

В связи с этим целесообразно выполнить исследования на более простых объектах и попытаться выяснить на одном и том же кристалле характер барических зависимостей акустических потерь в условиях гидростатического сжатия и сложнапряженного состояния с отличными от нуля значениями сдвиговых компонентов тензора напряжений.

Настоящая работа посвящена изучению акустических потерь в монокристаллах In различной чистоты в условиях всестороннего сжатия и сложнапряженного состояния.

2. Выбор ориентированных монокристаллов In (чистота 99.999 %) и In+2 вес.% Pb в качестве объектов исследования был обусловлен высокой пластичностью и малыми значениями предела текучести этих кристаллов. Смоделировать сложнапряженное состояние, возникающее на границе отдельного кристаллита в некубическом поликристалле, можно следующим образом. Цилиндрический образец монокристалла In был помещен в латунную обойму, имеющую внутренний диаметр, равный диаметру образца. Так как сжимаемость латуни более высокая, при воздействии гидростатического сжатия на границе монокристалл—обойма возможно возникновение сдвиговых напряжений. Естественно, что в данном случае определенную роль могут играть эффекты проскальзывания, что будет уменьшать сдвиговые компоненты напряжения. В монокристаллическом образце, однако, можно ожидать, что из-за высокой пластичности и чистоты кристалла изменение напряженного состояния скажется на барических зависимостях акустических потерь.

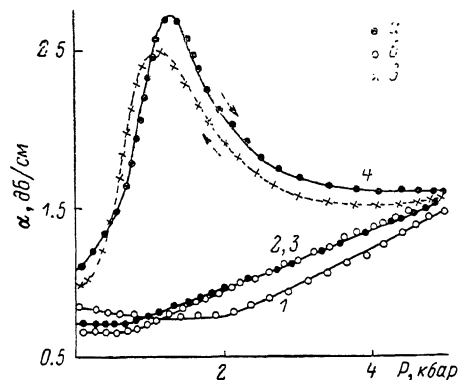
Измерение коэффициента поглощения ультразвуковых колебаний непосредственно под гидростатическим давлением производилось эхоимпульсным методом на частоте 10 МГц при амплитуде деформации  $1 \cdot 10^{-7}$ . Особое внимание уделялось гидростатичности среды, передающей давление (смесь трансформаторное масло—керосин 1 : 1, скорость изменения давления 0.05 кбар/мин).

3. Результаты исследований барических спектров акустических потерь в монокристаллах In приведены на рисунке. Они показывают, что существует область давлений ( $10^{-3}$ —0.8 кбар), в которой отсутствует влияние гидростатического сжатия на величину коэффициента поглощения ультразвука  $\alpha$ . После достижения критического давления ( $P_k = 0.8 \div 1$  кбар) наблюдается линейное увеличение акустических потерь с ростом гидростатического давления. Уменьшение давления приводит к обратимым изменениям  $\alpha$ . Аналогичный характер барического спектра характерен для образцов In+2 вес.% Pb. Более низкое значение  $\alpha$  при атмосферном давлении обусловлено, по-видимому, дополнительным закреплением дислокаций атомами Pb, что приводит к уменьшению средней длины колеблющегося дислокационного сегмента, а следовательно, к уменьшению акустических потерь [3]. Значение производной  $da/dP$  при давлениях  $P > 1$  кбар составляет  $\approx 0.16$  дБ/см·кбар. Анализ бари-

ческих зависимостей акустических потерь в рамках дислокационного поглощения звука [3] показывает, что наблюдаемое обратимое значение  $\alpha(P)$  в основном связано с изменением демпфирующих свойств дислокаций за счет роста константы демпфирования  $B$ . Вопрос о характере изменения  $B$  с давлением является принципиально важным, так как позволяет с большей определенностью знать механизм демпфирующих свойств дислокаций. Однозначного мнения по этому вопросу в настоящее время не существует, а имеющиеся ограниченные данные [4, 5] противоречивы.

Совершенно иной характер барических спектров характерен для монокристаллов In данной чистоты и ориентации, находящихся в сложно напряженном состоянии. В этом случае увеличение гидростатического давления приводит к немонотонному изменению акустических потерь и характеризуется наличием максимума при давлении 0.18 кбар. Уменьшение

давления приводит к возникновению гистерезиса, однако немонотонное изменение  $\alpha$  сохраняется. Длительный отжиг (48 ч при 70 °С) кристаллов, находящихся в обойме, приводит к исчезновению немонотонного



Барические спектры акустических потерь в монокристаллах In (1, 3 (а), 4) и In + 2 вес. % Pb (2 (б)) в исходном (2, 3), сложнонапряженном (4) и отожженном (1) после снятия кривой 4 состояниях.

а — обратный ход для сложнонапряженного образца.

изменения  $\alpha$  при увеличении давления. Обнаруженные в данной работе закономерности изменения акустических потерь в условиях сложнонапряженного состояния согласуются с данными, полученными нами ранее на поликристаллическом Zn [1].

Немонотонное изменение  $\alpha(P)$  в монокристаллах In в сложнонапряженном состоянии обусловлено структурными изменениями в дислокационном ансамбле. Представляется интересным тот факт, что изменения обратимы при уменьшении гидростатического давления. Следует также отметить, что немонотонное изменение  $\alpha(P)$  характерно для кристалла при наличии свободных дислокаций. Отжиг такого кристалла вызывает процессы старения, закрепления дислокаций примесями и более однородное распределение последних. При этом значительно уменьшается уровень акустических потерь, исчезают аномалии в барических спектрах. Поскольку дислокационное поглощение звука очень чувствительно к средней длине колеблющегося дислокационного сегмента и кажется маловероятным процесс значительных обратимых изменений плотности дислокаций, можно предполагать, что немонотонное изменение  $\alpha(P)$  обусловлено перераспределением дефектов в поле внутренних напряжений [6], возникающих в данных кристаллах при воздействии гидростатического сжатия.

Выполненные в данной работе исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Установлены закономерности барических спектров акустических потерь в монокристаллах In. Показано существование критического давления, выше которого наблюдается линейный рост  $\alpha$ . Высказано предположение об увеличении константы демпфирования  $B$  с ростом давления.

2. Доказано, что при наличии свободных дислокаций в кристалле при возникновении сложнонапряженного состояния акустические потери изменяются немонотонно, вызывая появление максимума на барических спектрах.

В заключение авторы выражают благодарность В. М. Мостовому за помощь в получении образцов для исследований.

- [1] Варюхин В. Н., Стрельцов В. А., Резиков А. В., Козлова Л. В. // УФЖ. 1988. Т. 33, № 2. С. 274—280.  
 [2] Галкин А. А., Дацко О. И., Варюхин В. Н., Пилипенко Н. П. // ДАН СССР. 1977. Т. 238, № 1. С. 88—90.  
 [3] Гранат А., Люкке К. // Физическая акустика. М.: Мир, 1969. Т. 4. Ч. А. С. 261—324.  
 [4] Hici Y., Maruyama T. Internal friction and ultrasonic attenuation in solids. Tokyo, 1975. P. 201—210.  
 [5] Kogure Y., Kosugi T., Hici Y. Internal friction and ultrasonic attenuation in solids. Tokyo, 1977. P. 525—529.  
 [6] Худик Б. П. // Металлофизика. 1988. Т. 10. № 5. С. 41—45.

Институт металлофизики АН УССР  
Киев

Поступило в Редакцию  
15 марта 1989 г.

УДК 539.21 : 535.37

Физика твердого тела, том 31, в. 9, 1989  
Solid State Physics, vol. 31, N 9, 1989

## СЕЛЕКТИВНО ВОЗБУЖДЕННАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ТРИГЕРМАНАТА ВИСМУТА

*Р. Балтрамеюнас, С. Ф. Бурачас, А. Жукаускас,  
Е. Н. Пирогов, В. Д. Рыжиков, Г. Тамулайтис*

Кристаллы тригерманата висмута представляют значительный интерес прежде всего как собственный сцинтиллятор, отличающийся большими средним атомным номером и плотностью материала, высокой механической твердостью, радиационной стойкостью и негигроскопичностью [1, 2], и имеет большие перспективы применения в физике высоких энергий. В спектре излучения чистых кристаллов  $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$  (BGO) при электронном, фото- и  $\gamma$ -облучении преобладает одна полоса с максимумом в области 2.45—2.60 эВ [3, 4]. Однако исследования кинетики температурной зависимости и спектров возбуждения люминесценции [4—6] кристаллов BGO не позволили однозначно определить механизм излучения в этом материале. В качестве возможных моделей предполагается рекомбинация свободных или автолокализованных экситонов [4, 7], переходы на ионах  $\text{Bi}^{3+}$  [3], рекомбинация с переносом заряда между различными молекулярными ионами [4]. Мало изучена слабая, быстро затухающая полоса излучения с максимумом 3.5 эВ, которая наблюдалась в начальной стадии высвечивания после импульсного возбуждения электронным пучком [8]. Хотя вклад свечения в этой области спектра в общий выход люминесценции мал, исследования этой компоненты излучения могут дать сведения о механизмах поглощения и люминесценции данного кристалла.

В настоящей работе осуществлено выделение коротковолновой компоненты люминесценции BGO путем селективного возбуждения светом, энергия фотонов которого лежит ниже края собственного поглощения (селективные полосы возбуждения в прозрачной области до сих пор не наблюдались). Результаты получены на особенно чистых и совершенных кристаллах, не имеющих длинноволновых хвостов края собственного поглощения, которые характерны для образцов с дефектами и включениями других фаз.

Спектр люминесценции BGO при возбуждении излучением 3-й гармоники лазера АИГ:  $\text{Nd}^{3+}$  ( $h\nu_0 = 3.494$  эВ,  $\tau_{\text{имп}} = 10$  нс), представлен на рисунке. Для сравнения там же приведен и спектр, измеренный при воз-