

О ДЛИТЕЛЬНЫХ НАРУШЕНИЯХ РАВНОВЕСИЯ В ПЛЕНКАХ И ЕДИНИЧНЫХ ДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦАХ

А. В. Волкова, М. А. Горбунов

Участие твердотельной плазмы в переносе энергии волн [1] приводит к появлению экстремумов скорости C распространения энергии ультразвуковых (УЗ) импульсов в зависимости от температуры, по которым можно регистрировать температуры T_n релаксационных процессов и фазовых превращений надежнее, чем по температурным зависимостям скорости C' продольных УЗ волн [2].

В задачу работы входили регистрация T_n для материалов, различающихся по электропроводности, по методу [2], и изучение механизма появления экстремумов C на зависимости от температуры.

Исследовались медная фольга и TiNi толщиной 200 мкм, пленки изотактического полипропилена (ПП) и полиарилата (ПА) типа Д-4 толщиной 200 и 20 мкм, единичные дисперсные частицы (ЕДЧ) ПА и ПП размером 20 мкм, слои Si кристаллографического среза [111]: n -типа с концентрацией электронов $9.1 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$ толщиной 400 мкм; типа КДБ-10, КДБ-0.03, КЭС-0.01 толщиной 400 мкм; типа КЭС-0.01 толщиной 200 мкм, покрытых эпитаксиальным слоем КДБ-0.7 толщиной 1 мкм.

Образцы зажимались буферными стержнями из дюралюминия. C измеряли в зависимости от температуры на установке, описанной в [3], при частоте датчиков УЗ продольных волн 0.66 МГц и погрешности 5 % для ЕДЧ и пленок толщиной 20 мкм и 1 % для прочих образцов.

Исследуемый для каждого материала диапазон температур включал T_n с известным механизмом. Для медной фольги он связан с увеличением подвижности дефектов вблизи 80°C [4]: для TiNi — с мартенситным превращением около 60°C , сопровождающимся электронными перестройками [5]; для ПП — с увеличением подвижности аморфных областей на поверхности кристаллитов [6]; для ПА — с увеличением подвижности остатков химически непрореагировавших атомных групп [7]; для Si — с перераспределением частот в фоновом спектре вблизи 36°C [8].

Для относительно чистого Si по температурной зависимости C выявлен, кроме известного T_n , релаксационный процесс при более высоких температурах (рис. 1). По мере увеличения концентрации носителей тока в Si экстремумы C в этой области температур увеличивались по высоте. Для Si, покрытого эпитаксиальным слоем, хорошо разрешалась тонкая структура релаксационного спектра.

На температурной зависимости C медной фольги наблюдался широкий экстремум C вблизи 65°C . При той же температуре, что и для медной фольги, для TiNi при повторном нагревании образца спустя 14 ч после первого нагревания до 100°C и охлаждения до 20°C в атмосферных условиях также наблюдался экстремум C , не регистрировавшийся при первом нагревании TiNi.

Для пленок диэлектриков и для ЕДЧ тонкая структура релаксационного спектра на зависимости C от температуры разрешалась лучше, чем для Si, покрытого эпитаксиальным слоем (рис. 2).

Положение спектральных линий C на температурной шкале, образующих тонкую структуру релаксационного спектра, не зависело от химической индивидуальности материала и типа решетки.

Высота экстремумов C для диэлектриков увеличивалась при сокращении толщины пленок и, следовательно, при увеличении доли электронов поверхности в общем содержании электронов образца.

На высоту экстремумов на температурных зависимостях C диэлектриков оказывало влияние наличие остатков катализатора в пленках, спо-

собных компенсировать заряды в них. Высота экстремумов C для ЕДЧ зависела от того, какой катализатор применялся при получении ЕДЧ.

Повторное, спустя два года, измерение C в зависимости от температуры для пленки ПА подтвердило наличие экстремума C . Высота экстремума уменьшилась вследствие уменьшения содержания химически не прореагировавших групп, а тонкая структура релаксационного спектра в выдержанных во времени пленках ПА не разрешалась.

Результат, указывающий на независимость положения спектральных линий C от химической индивидуальности и типа решетки, свидетельствует о связи спектров C с зарядами, потерявшими равновесие с решеткой. При наличии неравновесных с решеткой зарядов возбуждаются их плазменные колебания, с которыми УЗ импульсы могут вступать во взаимо-

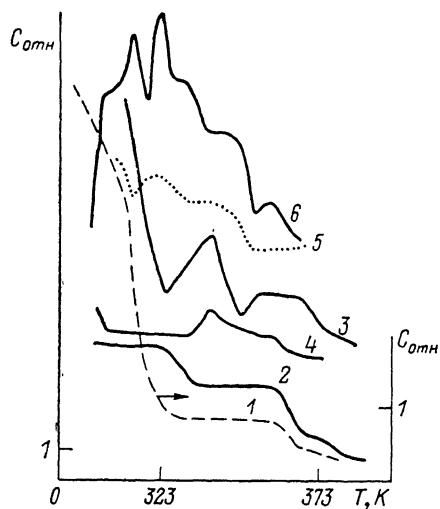


Рис. 1. Форма температурных зависимостей скорости волн в Si с концентрацией электронов $9.1 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$ (1), в TiNi при первом (2) и при повторном (3) нагревании, в медной фольге (4), в КЭС-0.01 (5) и КЭС-0.01 с эпитаксиальным покрытием КДБ-0.7 (6).

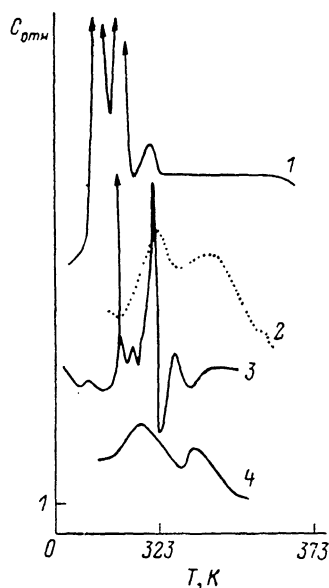


Рис. 2. Форма температурных зависимостей скорости волн для дисперсной частицы ПА, полученного с применением титан-магниевого катализатора (1), для КДБ-0.03 (2), для пленки ПА толщиной 20 мкм через неделю (3) и через 2 года после ее получения (4).

действие. Кроме того, неустойчивость плазмы неравновесных носителей заряда в области T_n способствует появлению избыточного по сравнению с тепловым электромагнитного излучения, вступающего во взаимодействие с УЗ волнами и создающего предпосылки для образования связанных акустических и электромагнитных волн [9]. В результате возбуждения акустоплазменных и акустоэлектромагнитных волн, распространяющихся с большей по сравнению с C' скоростью, наблюдаются экстремумы C при температурах изменения частот плазменных колебаний неравновесных зарядов до значений, близких к резонансным с УЗ волнами.

Близкое положение спектральных линий C на зависимости от температуры для различных материалов может быть связано со сходством в энергетических спектрах плазменных колебаний зарядов.

Таким образом, в эксперименте выявлены длительные нарушения равновесия между решеткой и носителями заряда в окрестности T_n , определяющие тонкую структуру релаксационных спектров.

Список литературы

- [1] Стикс Т. Теория плазменных волн. М.: Атомиздат, 1965. 342 с.
- [2] Волкова А. В., Зорин Н. Л., Горбунов М. А. // Механика композитных материалов. 1988. № 4. С. 751.

- [3] Волкова А. В. // Заводская лаборатория. 1987. Т. 53. № 8. С. 57.
 [4] Новик А., Берри Б. Релаксационные явления в кристаллах. М.: Атомиздат, 1975. С. 353.
 [5] Корнилов И. И., Белоусов О. К., Качур Е. В. Никелид титана и другие сплавы с эффектами «памяти». М.: Наука, 1977.
 [6] Бартевев Г. М., Алигулнев Р. М. // Высокомолек. соед. 1984. Т. 26А. № 6. С. 1236—1245.
 [7] Учаскин В. И., Коробов В. П. // Пластмассы. 1979. № 7. С. 58.
 [8] Векилов Ю. Х., Кедышевич А. Е., Красильников О. М. // ФТТ. 1971. Т. 13. № 5. С. 1310—1320.
 [9] Канер Э. А., Яковенко В. М. // УФН. 1975. Т. 115. № 1. С. 41—73.

Владимирский государственный педагогический институт
 им. П. И. Лебедева-Полянского
 Владимир

Поступило в Редакцию
 16 января 1989 г.
 В окончательной редакции
 16 марта 1989 г.

УДК 534.113

Физика твердого тела, том 31, в. 8, 1989
 Solid State Physics, vol. 31, N 8, 1989

АНОМАЛИЯ АКУСТИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ ПРИ ЛОКАЛЬНОЙ КОНФИГУРАЦИОННОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ

С. Б. Афанасьев, В. С. Визгин

Хорошо известно, что исследование динамических эффектов в условиях неустойчивости кристаллической решетки дает важную информацию о природе фазовых переходов в матрице. В настоящей работе показано, что не менее важную роль исследование динамических эффектов может играть в ситуации локальной конфигурационной неустойчивости (ЛКН) — спонтанной перестройке потенциала дефекта с изменением температуры, приводящей к многоявному потенциалу.

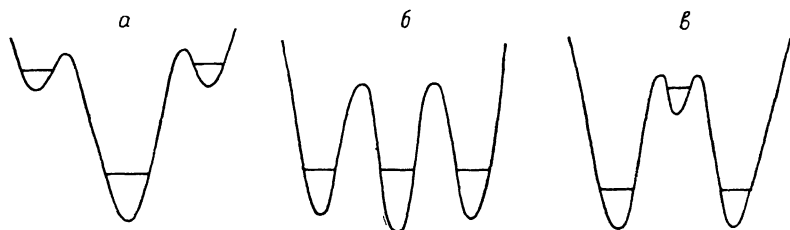


Рис. 1. Температурная зависимость потенциала дефекта для случая ЛКН 1-го рода. $T > T_{\text{ЛКН}}$ (а), $T = T_{\text{ЛКН}}$ (б), $T < T_{\text{ЛКН}}$ (в).

По оси абсцисс отложена колебательная координата, по оси ординат — потенциальная энергия.

В качестве характерного динамического эффекта в работе исследуется поглощение гиперзвука в условиях ЛКН 1-го рода. ЛКН 1-го рода реализуется для локальных центров с зависящим от температуры многоявным потенциалом [1, 2]. Здесь абсолютный минимум потенциала соответствует нулевому равновесному искажению, а боковые относительные минимумы — ненулевому равновесному искажению (рис. 1). При температуре $T > T_{\text{ЛКН}}$ система находится в центральном минимуме и реализуется случай высокой симметрии. При $T = T_{\text{ЛКН}}$ происходит совпадение уровней энергии в абсолютном и относительных минимумах. При $T < T_{\text{ЛКН}}$ боковые минимумы становятся глубже центрального, их населенность резко возрастает и активные ионы становятся нецентральными. Главный результат работы состоит в предсказании аномального поглощения гиперзвука при $T = T_{\text{ЛКН}}$ в кристалле с примесями, испытывающими ЛКН 1-го рода.