

ЗАВИСИМОСТЬ МЕССБАУЭРОВСКИХ СПЕКТРОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕМБРАН ОТ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ В УСЛОВИЯХ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ЗВУКОВОЙ ЧАСТОТЫ

Г.И. Васман, Е.А. Зиборева, В.С. Демиденко

Влияние внешнего воздействия высокочастотных и низкочастотных колебаний на мессбауэровские спектры твердого тела надежно установлено [1-4], однако каких-нибудь заметных результатов по физике рассматривавшихся материалов эти исследования не принесли. Ситуация может быть иной, если исследовать эффекты, обусловленные взаимодействием возбужденных макроскопических колебаний с внутренними колебательными степенями свободы материала. Очевидно, отмеченное обстоятельство высоковероятно для сплавов, обладающих мягкой фоновой модой, низкой энергией фазового превращения или находящихся вблизи фазового перехода в условиях эксперимента.

Используемые обычно методики возбуждения не обеспечивают широкого варьирования амплитуды колебаний в условиях достаточно далеко разнесенных частот собственных колебаний мембраны, содержащей резонансные ядра, и возбуждающего устройства. Это затрудняет анализ влияния параметров возбуждения на деформацию спектра и самих микроскопических свойств исследованного материала.

В данной работе поставлена задача сравнительного анализа проведенных в единых условиях при $T = 293$ К эксперимента по деформации мессбауэровского спектра посредством низкочастотного возбуждения мембран из нержавеющей стали 18Х8НТ в состоянии твердого ГЦК раствора, сплава Al-2% ат. Fe⁵⁷ (изотоп железо-57 находится в мелкодисперсной фазе Al₁₄Fe₄) и никелида титана, обогащенного изотопом Fe⁵⁷ (Ni+2.5 ат.% Fe⁵⁷)_{0.5}Ti_{0.5}. При этом сплавы 18Х8НТ и Al-2%Fe находятся при $T = 293$ К в условиях, далеких от фазового перехода [5], тогда как сплав TiNi(Fe) при $T = 313$ К испытывает фазовое превращение $B2 \rightarrow R$ [6].

Для выполнения эксперимента было разработано устройство, основанное на электростатическом взаимодействии в ячейке, представляющей собой зафиксированную по периметру исследуемую фольгу — мембрану между массивными обкладками конденсатора. Амплитуда колебаний фольги Δa может быть оценена из соотношения

$$\Delta a = \frac{4\pi Q}{s} j \frac{\delta}{\omega E}, \quad (1)$$

где Q — половина общего заряда, задаваемого постоянным потенциалом смещения U на мембране; δ — расстояние между мембраной и обкладками конденсатора; s — площадь мембраны; j — ток возбуждающего электромагнитного сигнала с частотой ω через ячейку; E — модуль упругости мембраны.

Основные параметры эксперимента выбирали из следующих условий. Нелинейные эффекты, связанные с взаимодействием вынужденных колебаний с внутренними колебательными степенями свободы сплава, воз-

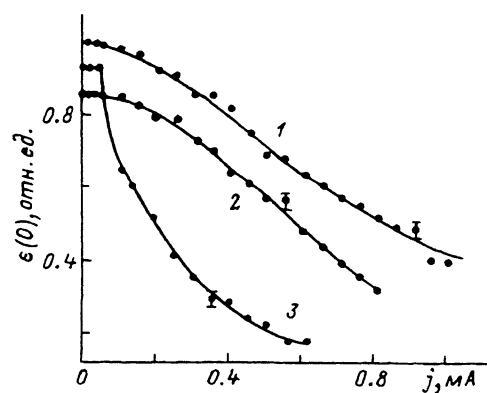


Рис. 1. Зависимость максимального поглощения резонансных γ -квантов от амплитуды тока в ячейке
1 — Al-2%Fe, 2 — 18X8HT, 3 — TiNi(Fe).

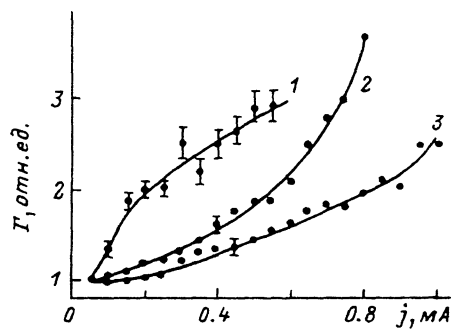


Рис. 2. Зависимость ширины резонансной линии от амплитуды тока в ячейке.
1 — TiNi(Fe), 2 — 18X8HT, 3 — Al-2%Fe.

никают в областях размерами порядка нескольких межатомных расстояний. Как показал эксперимент, задолго до достижения основной резонансной частоты $\sim 10^5$ Гц для фольги диаметром 10^{-2} м [7] при частоте тока $2 \cdot 10^4$ Гц линии мессбауэровского спектра практически полностью размываются для всех исследованных сплавов. Поэтому необходимый интервал амплитуд вынужденных колебаний $0 < a \leq 10^{-9}$ м при четких мессбауэровских спектрах достигался при $\omega = 10^4$ Гц и токе $0 \leq j \leq 1$ мА.

Мессбауэровские спектры снимали при комнатной температуре на спектрометре ЯГРС-4М в режиме постоянных скоростей. Источник γ -излучения — Co-57 в хrome. Мессбауэровские спектры для всех материалов имели вид одиночной линии.

На рис. 1,2 представлены зависимости максимального поглощения резонансных γ -квантов $\varepsilon(0, j)$ и ширины резонансной линии $\Gamma(j)$ от амплитуды акустических колебаний, прикладываемых к образцу. Как видно из этих рисунков, изменения тока в ячейке (а следовательно, и амплитуды колебаний мембраны (1)) приводят к сильному изменению числа проходящих через поглотитель мессбауэровских квантов. При этом для разных материалов зависимости $\varepsilon(0, j)$ и $\Gamma(j)$ разные. Можно заметить, что зависимости $\varepsilon(0, j)$ для нержавеющей стали и Al-2%Fe повторяют друг друга (ε плавно уменьшается с ростом амплитуды тока), отличаясь лишь количественно. Их поведение в целом согласуется с соответствующими кривыми, рассчитанными в [2]. Сходно себя ведут и зависимости $\Gamma(j)$ для этих сплавов, тогда как для никелида титана наблюдается качественно иная картина: при достижении тока в ячейке более 0.05 мА происходит резкое (практически по гиперболическому закону) падение числа γ -квантов, проходящих через образец. Ширина резонансной линии при этом резко возрастает.

Четкое разделение кривых пропускания γ -квантов для сплавов с разной степенью устойчивости структурного состояния на два типа подтверждает предположение о возможности использования предлагаемой методики для исследования интересных проблем физики сплавов.

На примере никелида титана четко проявляется эффект резкого возрастания амплитуды колебаний атомов при амплитуде внешнего воздей-

ствия, превышающей некоторое пороговое значение. Этот эффект можно связать с формированием в сплаве микроскопических областей с механической неустойчивостью решетки, обусловленной возникновением мягких фоновых мод [8,9] в условиях, предшествующих фазовому переходу фазы $B2$ в фазу R .

Авторы выражают признательность В.А.Тараканову за разработку конструкции и электронной схемы ячейки.

Список литературы

- [1] Ruby S.L., Bolef D.I. // Phys. Rev. Lett. 1960. V. 5. N 1. P. 5-7.
- [2] Айвазян Т.М., Айвазян Ю.М., Мкртчян А.Р. // ФТТ. 1974. Т. 16. № 5. С. 1383-1385.
- [3] Мкртчян А.Р., Кочерян Л.А. / Тр. Междунар. конф. по мессбауэровской спектроскопии. Бухарест, 1977. С. 345-346.
- [4] Аракелян А.Р., Арутюнян Г.А. // Акуст. журн. 1978. Т. 24. № 3. С. 809-812.
- [5] Кубашевски О. Диаграммы состояния двойных систем на основе железа. М., 1985. 184 с.
- [6] Анохин С.В., Гришков В.Н., Лотков А.И. // Металлофизика. 1989. Т. 11. № 5. С. 44-49.
- [7] Физический энциклопедический словарь. М., 1963. Т. 3. С. 178-179.
- [8] Bruinsma R. // Phys. Rev. B. 1982. V. 25. N 4. P. 2951-2954.
- [9] Moine P., Allain J., Renker B. // J. Phys. F. 1984. V. 14. P. 2517-2529.

Сибирский физико-технический институт
им. В.Д.Кузнецова
Томск

Поступило в Редакцию
16 марта 1993 г.

© Физика твердого тела, том 35, № 8, 1993
Solid State Physics, vol. 35, N 8, 1993

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ АНОМАЛИИ ПЬЕЗООПТИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ В КРИСТАЛЛАХ ГЕРМАНАТА СВИНЦА

Б.Г.Мыцк, В.А.Ромашко, Я.И.Шопа

Актуальность исследований фотоупругости кристаллов обуславливается их практической направленностью, а именно использованием фотоупругих модулирующих устройств в современной оптической аппаратуре, решением задач по осуществлению оптических линий связи, практическим использованием фотоупругой динамометрии, интенсивно развиваемой в последнее время, включая датчики давления жидкостей и газов, уровне- и глубиномеры, дифференциальные манометры и др.

В настоящей работе изучен пьезооптический эффект в кристаллах германата свинца $Pb_5Ge_3O_{11}$ в широком температурном интервале, включающем в себя температуру фазового перехода (ФП).

Известно [1,2], что температурные аномалии пьезооптических коэффициентов (ПОК) $\pi_{km}^0 = -2\delta\Delta_k / (d_k\sigma_m)$ (d_k — толщина образца в направлении распространения света, σ_m — механическое напряжение), описывающих индуцированное изменение разности хода $\delta\Delta_k$ в сегнетоэлектрических кристаллах при ФП, обуславливаются как вторичным электрооптическим эффектом из-за аномальной зависимости спонтанной поляризации и соответственно спонтанного двулучепреломления от σ_m , так и аномалиями коэффициентов упругой податливости S_{km} . Упругий вклад в ко-