

О МЕХАНИЗМЕ ФОТОИНДУЦИРОВАННОЙ АНИЗОТРОПИИ В ПЛЕНКАХ СТЕКЛООБРАЗНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

В.М. Л ю б и н, В.К. Т и х о м и р о в

В пленках ряда халькогенидных стеклообразных полупроводников (ХСП) наряду с фотостимулированным изменением скалярных оптических параметров, таких как коэффициенты поглощения и преломления света [1], было обнаружено явление фотоиндуцированной анизотропии [2, 3] (ФА), заключающееся в том, что под действием линейно поляризованного света в оптически изотропной пленке появляется оптическая ось и возникают линейный фотоиндуцированный дихроизм (ФД) и линейное фотоиндуцированное двулучепреломление.

Причину этого явления, впоследствии наблюдавшегося многими исследователями [4-7], авторы работ [2, 3] видели в том, что в макроизотропной пленке ХСП имеется множество микроанизотропных структурных элементов, хаотически ориентированных друг относительно друга в объеме пленки. Линейно поляризованный свет воздействует более сильно на те элементы, у которых направления оптических дипольных моментов совпадают с направлением электрического вектора световой волны. Механизм же взаимодействия света с веществом в случае ФА предполагался таким же, как и механизм фотостимулированного изменения скалярных оптических параметров, который обуславливался ослаблением или даже разрывом межатомных связей с последующими структурными перестройками (фоструктурными превращениями [8]).

В данном сообщении мы приводим экспериментальные результаты, позволяющие утверждать, что механизмы ФА (в частности ФД) и фотостимулированного изменения скалярных оптических параметров (в частности, фотопотемнения (ФП)) существенно различны.

Большинство экспериментов проводилось на характеризующихся сильным ФП пленках состава $As_{50}Se_{50}$, приготовленных термическим испарением в вакууме и имеющих толщину в диапазоне 0.2-6.0 мкм.

Экспериментальная установка позволяла облучать пленки сильно поглощаемым светом He-Ne лазера ($\lambda = 633$ нм), пропущенным через электрооптический модулятор (ЭОМ) типа МЛ-102А. На выходе ЭОМ можно было получать свет, имеющий различные состояния поляризации. 1) Линейно поляризованный свет с электрическим вектором \vec{E}_{\parallel} , параллельным электрическому вектору света, входящего в ЭОМ от He-Ne лазера. 2) Циркулярно поляризованный свет. 3) Линейно поляризованный свет с электрическим вектором \vec{E}_{\perp} , перпендикулярным \vec{E}_{\parallel} . 4) Неполаризованный свет.¹ Установка

¹ Под неполяризованным светом понимается свет, направление электрического вектора которого последовательно скачкообразно изменяется на 90° с частотой 1 кГц.

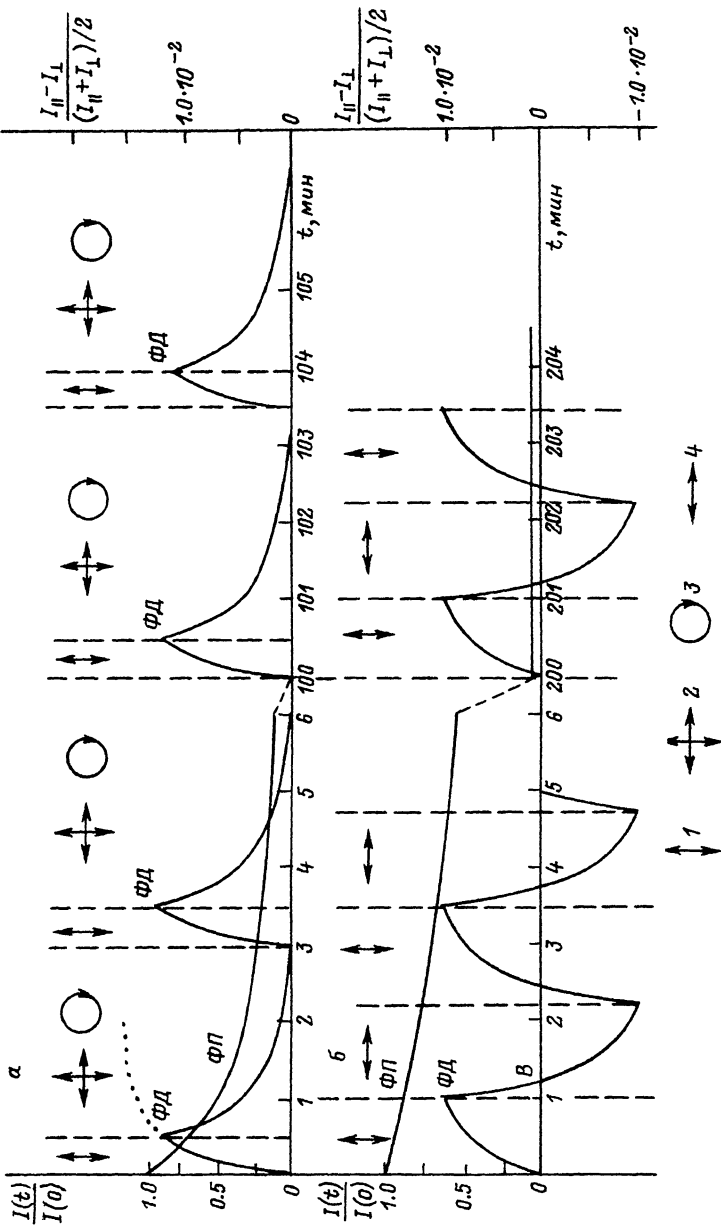


Рис. 1. Кинетика изменения относительного пропускания (ФП) и фотоиндуцированного дихроизма (ФД) пленки $\alpha - As_{50}Se_{50}$: а) при поочередном облучении линейно поляризованным светом (1) и неполяризованным или циркулярно поляризованным светом (2) и (3) соответственно He-Ne лазера с плотностью мощности излучения $P=350 \text{ мВт/см}^2$; б) при поочередном облучении линейно поляризованным светом с направлением электрического вектора $E_{||}$ (1) и E_{\perp} (4) с плотностью мощности излучения $P=50 \text{ мВт/см}^2$.

позволяла одновременно изучать кинетику ФП, определяемую кинетикой изменения относительного пропускания света $\frac{I(t)}{I(0)}$, и кинетику ФД, определяемую кинетикой изменения величины $\frac{I_{\parallel} - I_{\perp}}{(I_{\parallel} + I_{\perp})/2}(t)$, где I_{\parallel} и I_{\perp} - интенсивность света с электрическим вектором \vec{E}_{\parallel} и \vec{E}_{\perp} соответственно, прошедшего через пленку. При измерении перед пленкой ставился ослабитель интенсивности света с тем, чтобы в процессе измерения свет не производил фотоиндуцирующего действия. Для измерения разностного сигнала $I_{\parallel} - I_{\perp}$ применялся метод синхронного детектирования.

На рис. 1 приведены типичные временные характеристики ФП и ФД в пленке толщиной 2,4 мкм. На рис. 1, а участки нарастания ФД соответствуют облучению пленки линейно поляризованным светом, участки уменьшения и исчезновения ФД соответствуют облучению неполяризованным (или циркулярно поляризованным) светом. Точками показано, какой вид имела бы кинетика ФД при постоянном облучении пленки линейно поляризованным светом. Существенно отметить следующее. 1) Кинетика нарастания и разрушения ФД не зависит от степени фотопотемнения образца, она одинакова для непотемненной, частично потемненной и полностью потемненной пленки. 2) Процесс ФП идет практически одинаково при воздействии неполяризованным, линейно поляризованным и циркулярно поляризованным светом одинаковой интенсивности. Процесс нарастания ФД идет при воздействии только линейно поляризованного света. Воздействие неполяризованным или циркулярно поляризованным светом не индуцирует линейный ФД, а приводит к разрушению ФД, если он до этого был индуцирован действием линейнополяризованного света. Кругового дихроизма под действием циркулярно поляризованного света в пленках обнаружено не было. 3) При постоянном облучении линейно поляризованным светом ФД достигает насыщения, причем значительно ранее, чем ФП при любых значениях Р.

Для явления ФД характерна и возможность изменения направления индуцированной оптической оси, т.е. переориентации оптической оси. На рис. 1, б продемонстрирована такая переориентация, вызванная поочередным действием линейно поляризованным светом с ортогональными направлениями электрических векторов. Видно, что действие света с ортогональным направлением электрического вектора приводит сначала к уничтожению ФД (точка В) за время, гораздо меньшее, чем время нарастания ФД, а затем - к нарастанию дихроизма противоположного знака, что соответствует появлению новой оптической оси, перпендикулярной прежней оптической оси. Кинетика нарастания абсолютной величины ФД из точки В повторяет кинетику нарастания ФД из первоначального изотропного состояния. При этом опять-таки все происходит независимо от состояния фотопотемнения исследуемой пленки.

В дополнение к сказанному следует заметить, что, как уже отмечалось в ранних публикациях [3], существенно различны температуры исчезновения фотоиндуцированных эффектов. Для полного исчезновения ФП пленку ХСП необходимо прогреть до температур,

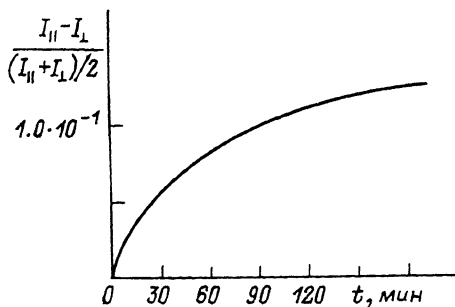


Рис. 2. Кинетика ФД в пленке состава $Ge_{28.5}Pb_{15}S_{56.5}$ толщиной 1 мкм при облучении линейно поляризованным светом He-Ne лазера с плотностью мощности $P=3$ Вт/см².

близких к температуре размягчения ($\sim 180^\circ\text{C}$ в случае пленок $As_{50}Se_{50}$), для полного же исчезновения фотоиндуцированной анизотропии необходим прогрев до более низких температур ($< 140^\circ\text{C}$ в случае пленок $As_{50}Se_{50}$). Приведенные данные позволяют сделать заключение о том, что в основе явлений ФА и фотостимулированного изменения скалярных оптических параметров лежат существенно различные механизмы.

Подтверждение этого заключения было найдено в том, что ФД значительной величины был нами обнаружен в пленках ХСП, в которых ФП выражено либо совсем слабо (пленки состава $As_{50}Se_{50}Ge_{25}$, пленки аморфного Se), либо совершенно отсутствовало (пленки состава $Ge_{28.5}Pb_{15}S_{56.5}$). На рис. 2 показана кинетика возникновения линейного дихроизма в пленках $Ge_{28.5}Pb_{15}S_{56.5}$, имеющих толщину 1 мкм. Легко видеть, что в этом случае дихроизм достигает достаточно большой величины $\sim 10\%$.

В чем же может быть различие механизмов фотоиндуцируемых явлений?

Если за основу механизма ФП принять разрыв межатомных связей и рождение большого количества новых дефектов [8], то для механизма ФА можно предположить либо взаимодействие света с уже имеющимися в ХСП так называемыми нативными дефектами типа D^+D^- [9], имеющими достаточно большое плечо, обеспечивающее их большую микроанизотропию, либо возникновение анизотропного распределения по импульсу возбужденных светом электронов, приводящее к направленному в соответствующую сторону смещению атомов ХСП.

Л и т е р а т у р а

- [1] T a n a k a K. // J. Non-Cryst. Sol. 1980. V. 35-36. P. 1023.
- [2] Жданов В.Г., Малиновский В.К. // Письма в ЖТФ. 1977. Т. 3. № 18. С. 943.
- [3] Z h d a n o v V.G., K o l o m i e t s B.T., L y u b i n V.M., M a l i n o v s k i i V.K. // Phys. Stat. Sol. (a). 1979. V. 52. P. 621.

- [4] Hajto J., Janossy I., Forgacs // J. Phys. C. 1982. V. 15. P. 6293.
- [5] Grigorovici R., Vancu A., Chिता L. // J. Non-Cryst. Sol. 1983. V. 59-60. P. 909.
- [6] Janossy I., Jakli A., Hajto J. // Sol. St. Comm. 1984. V. 51. P. 761.
- [7] Lee J.M., Paesler M.A. // J. Non-Cryst. Sol. 1987.
- [8] Lyubin V.M. In: „Physics of Disordered Materials”, ed. by Adler D., Fritzsche H. and Ovshinsky S.R., Plenum Press, New-York and London, 1985. P. 673-684.
- [9] Street R.A., Mott N.F. // Phys. Rev. Lett. 1975. V. 35. P. 1293.

Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе
АН СССР, Ленинград

Поступило в Редакцию
26 октября 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 1
05.2; 07

12 января 1989 г.

ОБНАРУЖЕНИЕ МНОГОВОЛНОВОЙ ГЕНЕРАЦИИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ (ПРИ)

В.П. Афанасенко, В.Г. Барышевский,
Р.Ф. Зувевский, М.Г. Лившиц,
А.С. Лобко, В.И. Мороз, В.В. Панов,
И.В. Поликарпов, П.Ф. Сафронов,
Д.С. Шварков, А.О. Юрцев

После экспериментального обнаружения явления параметрического рентгеновского излучения (ПРИ) в работах [1-4] получен ряд интересных результатов по исследованию спектральных и угловых характеристик ПРИ. Все они были получены в двухволновой геометрии генерации. Между тем, как показано в [5], дальнейшее увеличение спектрально-угловой плотности ПРИ может быть достигнуто в условиях многоволновой дифракции образующихся рентгеновских квантов.

В данной работе впервые получена генерация ПРИ в условиях многоволновой дифракции. Обнаружено уменьшение полуширины многоволновых рефлексов по сравнению с основным (220). Геометрия экспериментов и форма углового распределения соответствуют расчетным.

Эксперимент проводился на синхротроне „СИРИУС”. Угловое распределение рефлекса (220) в вертикальной плоскости измерялось линейным координатным пропорциональным детектором РКД-1