

ФОТОИНДУЦИРОВАННАЯ ОПТИЧЕСКАЯ АНИЗОТРОПИЯ В ХАЛЬКОГЕНИДНОМ СТЕКЛЕ As_2S_3

В.М.Любин, В.К.Тихомиров

При облучении халькогенидных стекол As_2S_3 линейно-поляризованным светом с $h\nu < E_g$ обнаружены новые фотоиндуцированные явления: анизотропия пропускания, характеризующаяся немонотонной кинетикой, оптическая активность с s -образной кинетикой, возникновение эллиптичности и деполяризации проходящего света. Возникновение этих явлений приписывается взаимодействию света со слабыми связями, характерными для халькогенидного стекла.

В работах ^{1, 2} были выявлены особенности фотоиндуцированной анизотропии (ФА) в пленках халькогенидных стеклообразных полупроводников (ХСП), вызываемой светом с энергией кванта, превышающей ширину запрещенной зоны ($h\nu > E_g$). Для выяснения механизма ФА, который существенно отличен от механизма фотоиндуцированного изменения скалярных оптических параметров ^{1, 2}, представлялось важным понять, может ли возбуждаться ФА светом с $h\nu < E_g$. Такое исследование по причине малого коэффициента поглощения света было проведено на образцах большой толщины и привело к получению ряда неожиданных результатов, о которых сообщается в настоящей статье.

Изучались образцы монолитного стекла As_2S_3 , приготовленного охлаждением расплава, с двумя параллельными полированными гранями, расстояние между которыми варьировалось в интервале 1,0 – 50,0 мм. Применялось излучение He–Ne-лазера с энергией кванта $h\nu = 1,96$ эВ, удовлетворяющее условию $h\nu < E_g$ (для As_2S_3 $E_g = 2,3$ эВ ³), сфокусированное на входной грани образца с помощью длиннофокусной линзы в пятно диаметром 80 – 200 мкм. Коэффициент поглощения этого излучения имел значение $\sim 0,7$ см⁻¹. При исследовании использовалась экспериментальная установка, описанная в ⁴, причем измерение параметров прошедшего света проводилось в дискретные моменты времени при введении перед образцом фильтра, ослабляющего в 10 раз интенсивность падающего света (такой пучок света в дальнейшем будет называться пробным).

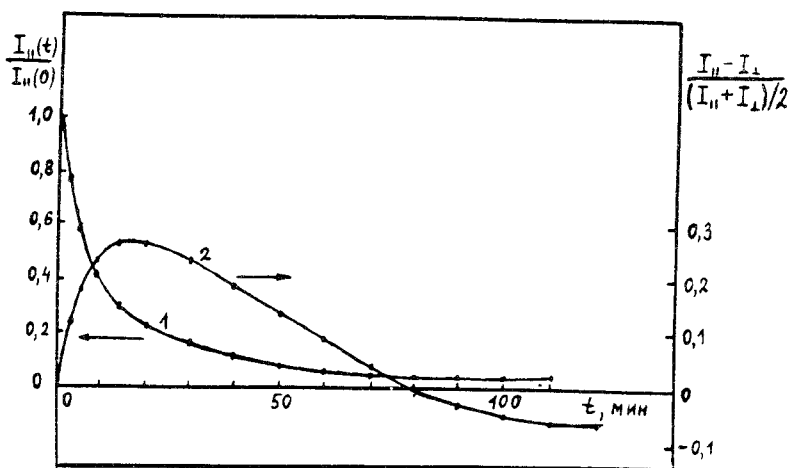


Рис. 1. Кинетика изменений относительного пропускания (1) и анизотропии пропускания (2) пробного пучка света в образце As_2S_3 толщиной 25 мм, индуцируемых светом с плотностью мощности 5 Вт·см⁻²

На рис. 1 (кривая 1) приведена зависимость относительного пропускания линейно поляризованного света от времени облучения $I_{\parallel}(t)/I_{\parallel}(0)$, показывающая, что пропускание при длительном облучении уменьшается более чем на порядок. На том же рисунке (кривая 2) показана кинетика фотоиндуцированной анизотропии пропускания, характеризуемой соотношением $2(I_{\parallel} - I_{\perp}) / (I_{\parallel} + I_{\perp})$, где I_{\parallel}, I_{\perp} — интенсивность прошедшего через образец пробного пучка света, имевшего при падении электрический вектор параллельный или перпендикулярный электрическому вектору индуцирующего неослабленного пучка света. Видно, что фотоиндуцированная анизотропия пропускания характеризуется немонотонной кинетикой: вначале анизотропия растет, проходит через максимальное значение и затем уменьшается и даже меняет знак. Отметим также большие значения анизотропии пропускания, достигающей в максимуме 20 – 30 %, что значительно превышает наблюдавшиеся ранее в пленочных образцах ХСП значения ^{1, 2}.

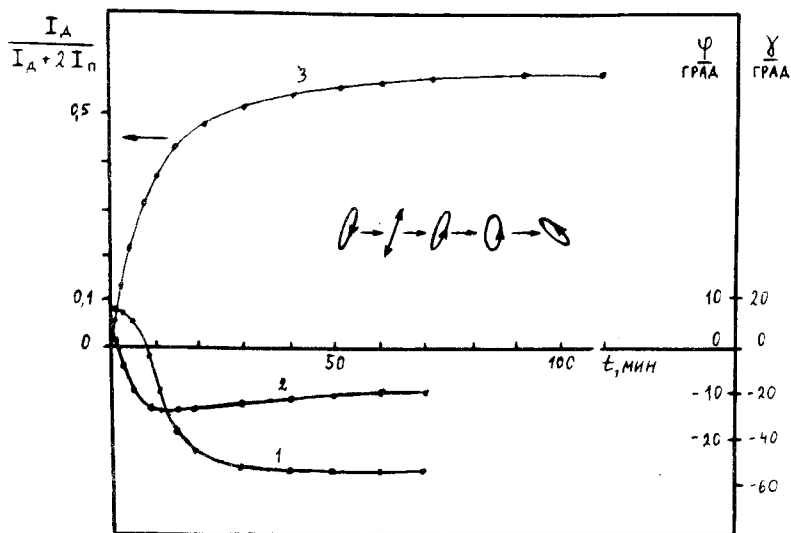


Рис. 2. Кинетика изменений оптической активности γ (1), эллиптичности φ (2) и деполаризации (3) в тех же условиях, что на рис. 1

Для объяснения такого немонотонного и знакопеременного изменения анизотропии пропускания, которая в данном случае не может быть обусловлена интерференционными явлениями, как это имело место в тонкопленочных образцах ⁴, можно было предположить, что при прохождении монолитного образца происходит поворот плоскости поляризации линейно поляризованного света. Проведенный с помощью пластинки $\lambda/4$ и поляроидной пленки анализ состояния поляризации подтвердил такое предположение, показав появление достигающих больших значений углов поворота плоскости поляризации γ (кривая 1 на рис. 2). Легко видеть, что для стекла As_2S_3 характерно наличие начального вращения плоскости поляризации (естественная оптическая активность), а также фотоиндуцированного изменения оптической активности, кинетика которого имеет s-образный характер: вначале изменение медленное, затем оно ускоряется и далее, замедляясь, выходит на насыщение. При этом происходит изменение знака оптической активности. Укажем, что существование в стекле As_2S_3 естественной и фотоиндуцированной оптической активности ранее наблюдалось Хайто и Ювеном ⁵.

В ходе исследований было обнаружено, что наряду с поворотом плоскости поляризации, прошедший пучок претерпевает фотоиндуцированное изменение эллиптичности, характеризуемой отношением квадратов полуосей эллипса поляризации b^2/a^2 . Такое изменение по-

казано на рис. 2 в виде кривой 2, которая немонотонна. При этом максимум эллиптичности совпадает по времени с участком наиболее быстрого изменения оптической активности. (В эксперименте измерялся угол поворота анализатора φ , необходимый для гашения проходящего света при положении оси пластинки $\lambda/4$ вдоль большой оси эллипса поляризации⁶, связанный с эллиптичностью соотношением $\operatorname{tg} \varphi = b^2/a^2$). Состояние поляризации прошедшего света в разные моменты времени схематически проиллюстрировано на вставке к рис. 2.

Отметим также, что полного гашения прошедшего света достичь не удавалось, что могло быть обусловлено только частичной депполяризацией света. Непосредственное определение депполяризованной компоненты прошедшего света проводилось по известной методике (см., например,⁶). Результаты опытов по кинетике депполяризации, определяемой как $I_{\text{д}} / (I_{\text{д}} + 2I_{\text{п}})$, где $I_{\text{д}}$ и $I_{\text{п}}$ — интенсивность депполяризованной и поляризованной компоненты, приведены на рис. 2 (кривая 3). Видно, что до начала облучения прошедший свет полностью поляризован и что быстрое нарастание депполяризации происходит в начальные моменты времени.

Укажем в заключение, что все результаты, представленные на рис. 1 и 2, являются типичными для исследованных образцов As_2S_3 и были получены при одном и том же положении падающего света на поверхности образца. При изменении положения падающего пучка наблюдался разброс значений и знака начальной оптической активности, величины эллиптичности прошедшего света и характера кинетики фотоиндуцированных изменений.

Таким образом, нами обнаружен ряд новых фотоиндуцированных оптических явлений в стекле As_2S_3 при возбуждении светом с $h\nu < E_g$.

Механизм таких явлений нельзя связать с разрывом ковалентных межатомных связей, ответственным за фотоиндуцированное изменение скалярных оптических параметров ХСП при $h\nu > E_g$ ⁷. Скорее эти явления следует приписывать взаимодействию низкоэнергетических квантов света со слабыми связями (типа ван-дер-ваальсовых связей), обязательно присутствующими в ХСП, являющихся неорганическими полимерами. Именно эти слабые связи ответственны за поглощение света с $h\nu < E_g$, и возможно именно они порождают часть нативных дефектов в стекле, характеризующихся глубоко расположенными в запрещенной зоне локализованными состояниями.

Литература

1. Любин В.М., Тихомиров В.К. Письма в ЖТФ, 1989, 15, 29.
2. Lyubin V.M., Tikhomirov V.K. J. Non-Cryst. Sol., 1989, 114, 133.
3. Мотт Н., Дэвис Э. Электронные процессы в некристаллических веществах. М.: Мир, 1974, с. 348.
4. Любин В.М., Тихомиров В.К. ФТТ, 1990, 32, в печати.
5. Hajto J., Ewen P.J.S. Phys. Stat. Sol. (a), 1979, 54, 385.
6. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Оптика. М.: Наука, 1980, § 78.
7. Лихолит И.Л. и др. ФТТ, 1984, 26, 172.