

О ВОЗМОЖНОЙ РОЛИ ОПТИКО-АКУСТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В ЯВЛЕНИИ ЛАЗЕРНОГО ОТЖИГА ©

Здебский А. П.

Несмотря на то что явление отжига дефектов в приповерхностных слоях полупроводников, ставших аморфными в процессе ионной имплантации или механической обработки, в результате воздействия мощных лазерных импульсов известно давно и широко используется в технологии полупроводников, механизмы, ответственные за это явление, продолжают оставаться мало исследованными [1].

Цель данной работы — обратить внимание на возможный механизм импульсного лазерного отжига (ИЛО), связанный с термоупругим возбуждением объемных и поверхностных акустических волн. Действительно, в работах [2–7] было показано, что в кристаллах полупроводников и диэлектриков, а также в некоторых типах полупроводниковых приборов наблюдается акустостимулированный отжиг и преобразование дефектной структуры под влиянием ультразвука, вводимого извне с помощью ультразвуковых преобразователей или при возбуждении ультразвуковых колебаний за счет собственного пьезоэффекта. В настоящей работе наблюдалось изменение спектра фотопроводимости и гальваномагнитных характеристик монокристаллов CdS на участке, находившемся на расстоянии 0,8 см от места падения лазерного луча.

Схема эксперимента показана на рис. 1. Луч рубинового лазера с $\lambda = 1,06$ мкм попадал на свежесколотую поверхность высокоомного нелегированного сульфида кадмия через окно непрозрачного экрана. Электроды 1–6 служили для холловских измерений. Кроме того, между электродами 1, 2 измерялась величина акустоЭДС, а между 3, 4 — спектры фотопроводимости. Длительность и мощность лазерных импульсов равнялась соответственно 100–150 нс и 10^8 Вт/см².

На рис. 1, б представлена осциллограмма сигналов акустоЭДС, принимаемых электродами 1, 2, полученная на экране запоминающего осциллографа, синхронизированного запускающим импульсом лазера. Принимая во внимание, что расстояние от места падения пучка лазера до электрода 2 равно 0,8 см, а времена прихода и второго импульсов равны соответственно ~ 2 и ~ 3 мкс, т. е. соответствующие скорости равны $\sim 4 \cdot 10^3$ и $\sim 2,7 \cdot 10^3$ м/с, есть основания предположить, что наблюдаемые сигналы акустоЭДС обусловлены объемными и поверхностными акустическими волнами соответственно. Используя известное соотношение Вайнрайха, по измеряемой величине акустоЭДС $u_{аз} = 1,5 \times 10^{-2}$ В, получим величину плотности потока акустической мощности, равную $W = 20$ Вт/см².

Полагая, что ультразвуковая волна возбуждается благодаря явлению термоупругости, получаем, что длина волны возбуждаемого звука равна диаметру образовавшегося на поверхности кристалла кратера $D = 0,5$ мм, что соответствует частоте объемной волны ~ 9 МГц.

В таблице представлены изменения гальваномагнитных параметров двух образцов сульфида кадмия, после двух циклов ИЛО по 10–12 импульсов в каждом. Соответствующие изменения спектров фотопроводимости показаны на рис. 2. Как видно,

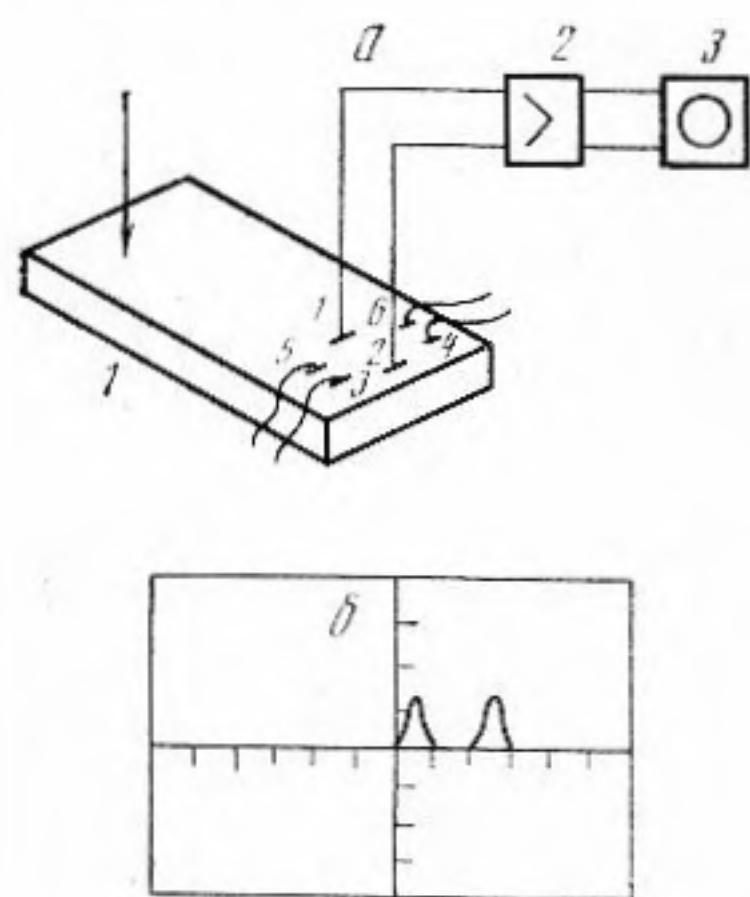


Рис. 1

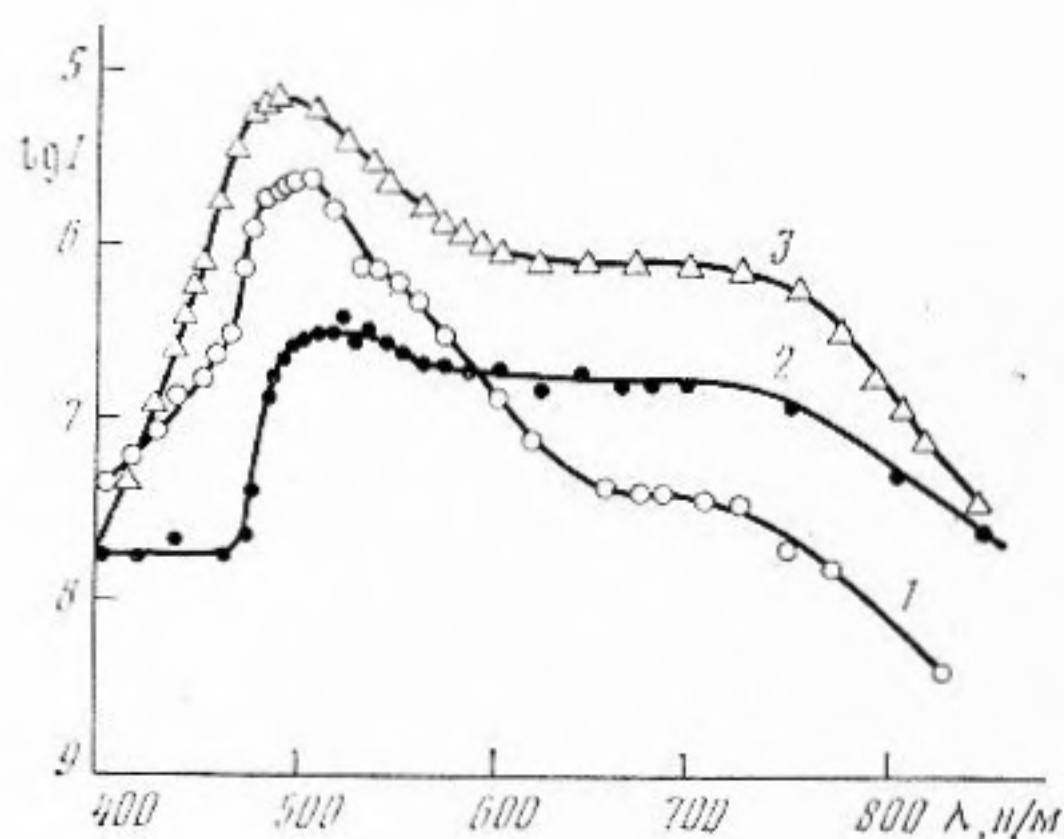


Рис. 2

Рис. 1. Схема эксперимента: а — блок-схема установки: 1 — кристалл CdS, 2 — широкополосный усилитель, 3 — запоминающий осциллограф. Стрелкой указано направление падения лазерного луча; б — осциллограмма импульсов акустоЭДС. Цена деления по горизонтали 0,5 мкс

Рис. 2. Спектры фотопроводимости: 1 — исходный кристалл, 2 — после первого цикла ИЛО, 3 — после второго цикла ИЛО

Образец	Исходный		После первого цикла ИЛО		После второго цикла ИЛО	
	μ , см ² ·В·с	ρ , Ом·см	μ , см ² ·В·с	ρ , Ом·см	μ , см ² ·В·с	ρ , Ом·см
CdS – 5 Л	170	$9,2 \cdot 10^4$	250	$1,2 \cdot 10^5$	320	$3,4 \cdot 10^4$
CdS – 6 Л	160	$3,5 \cdot 10^4$	290	$1,3 \cdot 10^4$	310	$8 \cdot 10^4$

наблюдается увеличение как подвижности электронов, так и фотопроводимости на участке кристалла, удаленном от места действия лазерного луча. Отметим, что аналогичные изменения свойств кристаллов CdS наблюдались в работах [3–5] после ультразвуковой обработки при интенсивностях ультразвука, близких к полученным в данной работе в результате лазерного воздействия.

Таким образом, при анализе модификации свойств материалов в результате ИЛО необходимо учитывать наряду с тепловым и плазменным механизмами лазерного отжига механизм, обусловленный возбуждением интенсивных звуковых пучков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахманов С. А., Емельянов В. И., Коротеев Н. И., Смирогов В. Н. Воздействие мощного лазерного излучения на поверхность полупроводников и металлов: нелинейно-оптические эффекты и нелинейно-оптическая диагностика // УФН. 1986. Т. 147. № 4. С. 675–745.
2. Гаубов А. Г., Заверюхин Б. Н., Кривчик В. Д., Муминов Р. А., Нигманов О., Шамагдиев А. Ш. Акустостимулированные процессы в Si(Li)-p-i-n-детекторах 33 // Письма в ЖТФ. 1984. Т. 10. В. 10. С. 616–620.
3. Здебский А. П., Остапенко С. С., Савчук А. У., Шейнкман М. К. Стимулированное ультразвуковыми колебаниями преобразование люминесцентных и акустических характеристик CdS // Письма в ЖТФ. 1984. Т. 10. В. 20. С. 1243–1247.
4. Здебский А. П., Миролюк Н. В., Остапенко С. С., Савчук А. У., Шейнкман М. К. Механизм стимулированного ультразвуком изменения фотоэлектрических и люминесцентных свойств сульфида кадмия // ФТП. 1986. Т. 20. В. 10. С. 1861–1867.
5. Здебский А. П., Шейнкман М. К., Аннаниязов А. П., Горягдыев Г. Стимулированные ультразвуком изменения акустических и электрических параметров CdS // ФТТ. 1987. Т. 29. В. 4. С. 1135–1140.
6. Здебский А. П., Корчная В. Л., Торчинская Т. В., Шейнкман М. К. Стимулированное ультразвуком изменение электрических и люминесцентных характеристик InGaAs:Si-светодиодов // Письма в ЖТФ. 1986. Т. 12. В. 2. С. 76–81.
7. Здебский А. П., Лисянский М. И., Лукьячикова Н. Б., Шейнкман М. К. Влияние ультразвуковой обработки на вольт-амперные и шумовые характеристики туннельных диодов из GaAs // Письма в ЖЭТФ. 1987. Т. 13. В. 16. С. 1009–1013.

Институт полупроводников
Академии наук УССР

Поступило в редакцию
4.VIII.1988