

## 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 легированного 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/см<sup>2</sup>.

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  $\sim 2$  и  $\sim 3$  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/см<sup>2</sup>.

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  $\sim 9$  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,

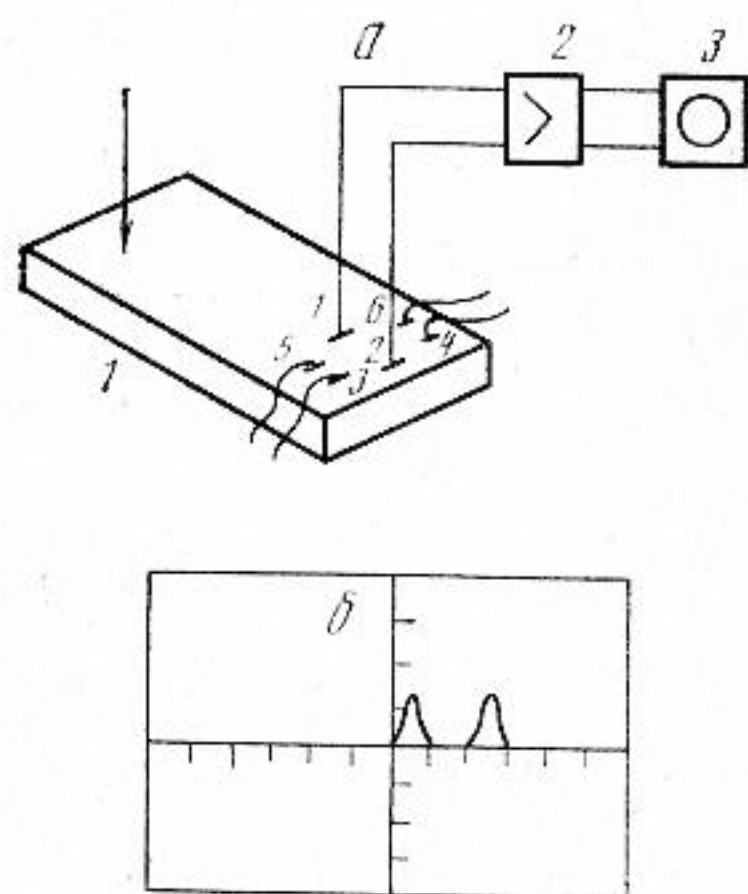


Рис. 1

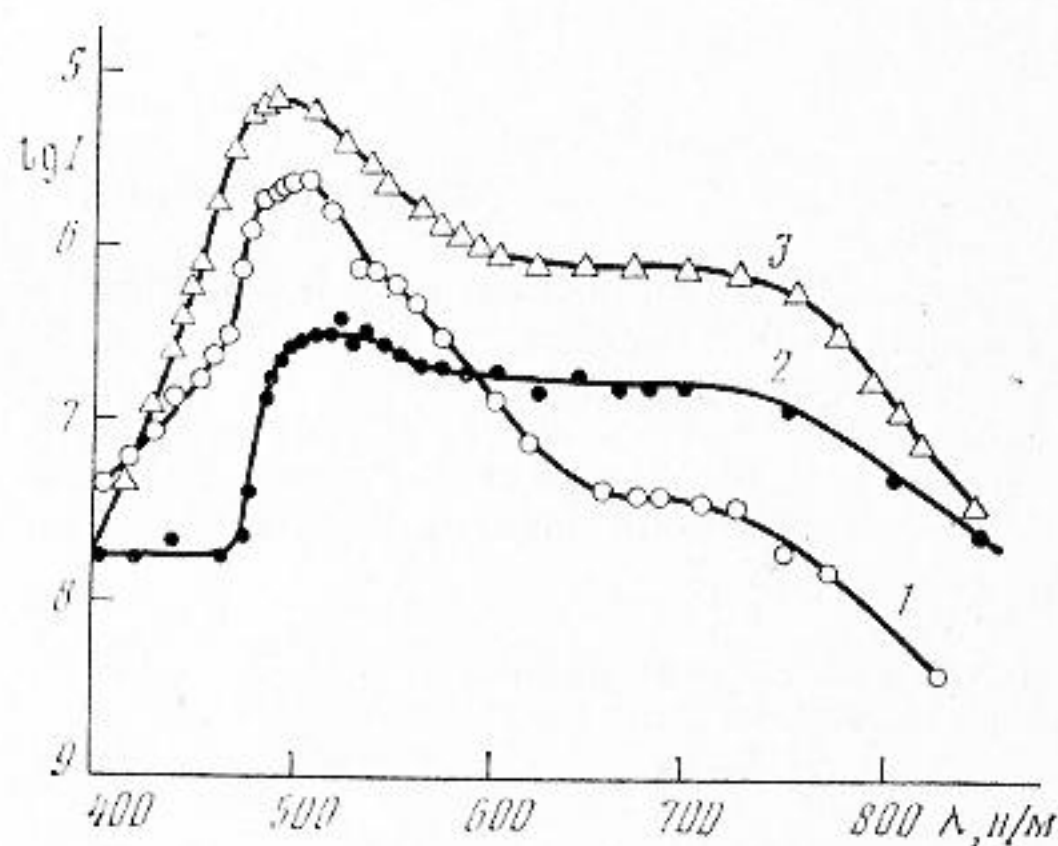


Рис. 2

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	
	$\mu$ , см <sup>2</sup> ·В·с	$\rho$ , Ом·см	$\mu$ , см <sup>2</sup> ·В·с	$\rho$ , Ом·см	$\mu$ , см <sup>2</sup> ·В·с	$\rho$ , 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., Гарягдыев 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., Лукьянчикова 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