

МОДИФИКАЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВ $A^{III}B^V$ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ЛАЗЕРНОМ ОБЛУЧЕНИИ

П. К. Кашкар, М. В. Русина, В. Ю. Тимошенко

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, 119899, Москва, Россия
(Получено 21.04.1992. Принято к печати 27.04.1992)

Известно, что импульсное лазерное облучение (ИЛО) полупроводников в условиях межзонного поглощения может вызвать структурные перестройки в приповерхностной области [1]. Одним из основных критериев протекания таких процессов, как инициированные ИЛО плавление, кристаллизация или аморфизация, является изменение коэффициента отражения [2, 3]. В настоящее время в литературе нет полной ясности о влиянии лазерного облучения на оптические характеристики полупроводниковых соединений.

В данной работе изучалось влияние ИЛО на коэффициент отражения полупроводников группы $A^{III}B^V$ (GaAs, InP, InAs) и Ge (для сравнения). Проводилось наблюдение динамики изменения коэффициента отражения $R(t)$ в процессе действия лазерного импульса по известной схеме регистрации фазы повышенного отражения [2-4]. Основное внимание, однако, уделялось измерению стационарного коэффициента отражения R непосредственно до и сразу после лазерного воздействия. Измерения проводились на двух длинах волн ($\lambda_1 = 488$ и $\lambda_2 = 633$ нм) в вакууме ($10^{-3} \div 10^{-4}$ Па) или при одном и том же давлении ($P = 1$ атм) на воздухе, в кислороде (O_2) или азоте (N_2). Исходная температура кристаллов была 300 К.

При регистрации ФПО были зафиксированы зависимости, в целом идентичные представленным в нашей работе [4]. Влияние условий облучения (вакуум или газовая среда) было незначительным. Определенные на основе зависимостей $R(t)$ пороговые плотности энергии W_m , соответствующие началу плавления поверхности полупроводника, для изучаемых материалов представлены в таблице. В дальнейшем, ориентируясь на измеренные пороги плавления, мы рассмотрим прежде всего изменения стационарного коэффициента отражения R .

Было установлено, что относительные изменения R после ИЛО были одинаковы при зондировании на λ_1 и λ_2 , однако зависели от условий ИЛО. Для GaAs первые изменения R фиксируются после ИЛО с $W \geq 180-200$ мДж/см², т. е. происходят при превышении порога плавления W_m (рис. 1, кривые 1 и 2). Однако облучение на воздухе или в газах приводит лишь к деградации R (кривая

Измеренные пороги плавления W_m и разрушения W_d , а также из [5] данные о давлении P_0

Параметр	InP	GaAs	InAs	Ge
W_m , мДж/см ²	120	160	90	160
W_d , мДж/см ²	500	650	480	>800
P_0 , атм	~30	1	0.33	$8 \cdot 10^{-10}$

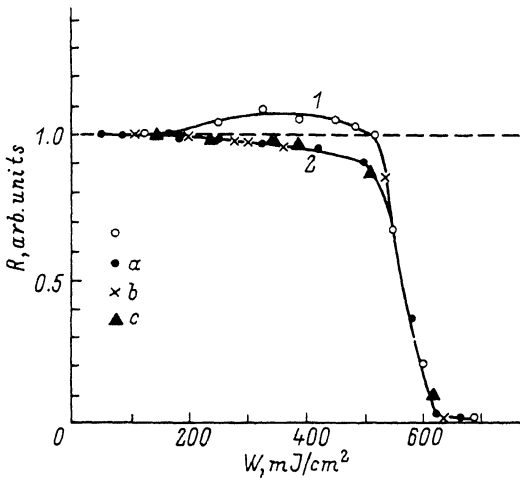
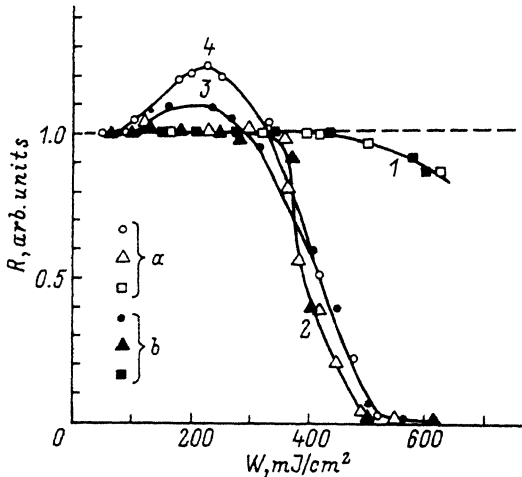


Рис. 1. Зависимости коэффициента отражения GaAs от плотности энергии лазерного импульса при облучении в вакууме (1) и в газовой среде при $P=1$ атм (2). Среда: a — воздух, b — кислород, c — азот.

фиксировалось преимущественно диффузно рассеянное излучение. Ввиду этого величина W_d была идентифицирована как порог разрушения поверхности кристалла (см. таблицу).

Рассмотренные изменения величины R при ИЛО, по-видимому, обусловлены интенсивным испарением мышьяка из образца. Отсутствие какого-либо влияния состава окружающей среды на характер зависимости $R(W)$ свидетельствует, что роль газа сводится лишь к подавлению процесса испарения. Следовательно, рассматриваемые эффекты должны в существенной степени зависеть от давления паров P_0 легколетучей компоненты соединения $A^{III}B^V$ при температуре плавления. Соответствующие данные приведены в таблице, там же дано значение P_0 для германия. Очевидно, в последнем случае испарением можно полностью пренебречь.

Проведенные нами эксперименты полностью подтвердили высказанные предположения. Действительно, для германия не обнаружено значительного влияния условий облучения (атмосфера или вакуум) на значение R (рис. 2, кривая 1). Этот материал характеризовался весьма высокой лучевой стойкостью (см. таблицу). Параметр P_0 для InAs в 3 раза ниже, чем для арсенида галлия, что объясняет лишь незначительные вариации $R(W)$ при ИЛО InAs в вакууме и в среде (рис. 2, кривая 2). Однако разрушение поверхности в этом случае фиксировалось уже при $W_d=480$ мДж/см² (см. таблицу и рис. 2).



Наиболее заметное влияние ИЛО на оптические характеристики, как и следовало ожидать, было обнаружено в InP. В отличие от GaAs и InAs рост R в фосфиде индия регистрировался уже при $W \geq 100$ мДж/см², причем эффект наблюдался как в вакууме, так и в воздушной атмосфере (рис. 2, кривые 2 и 3). Очевидно, в этом случае окружающие газы при давлении 1 атм не

Рис. 2. Зависимости коэффициента отражения Ge (1), InAs (2) и InP (3, 4) от плотности энергии лазерного импульса при облучении в вакууме (a) и на воздухе при $P=1$ атм (b).

подавляют эффективность испарения фосфора ввиду значительной величины P_0 для последнего (см. таблицу).

Таким образом, в работе впервые установлено влияние окружающей среды на изменение коэффициента отражения от поверхности материалов $A^{III}B^V$, происходящее вследствие ИЛО. Заметный рост R при облучении в вакууме можно связать с потерей компоненты B из соединения и обусловленной этим металлизацией поверхности. Такая грань может характеризоваться большой величиной R по отношению к исходному состоянию образца. Однако существует и альтернативная возможность. Известно, что ИЛО GaAs на воздухе ведет к обогащению поверхности мышьяком [6]. Облучение в вакууме препятствует накоплению As, и поверхностный слой обладает более высокой стехиометрией. Последнее также ведет к росту R . Для разделения указанных причин необходимы дальнейшие эксперименты по определению атомного состава облученной грани.

Авторы благодарны Международному Лазерному Центру при Московском государственном университете за финансовую поддержку в данной работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] A. G. Gullis. Rep. Prog. Phys., 48, 1155 (1985).
- [2] С. Ю. Карпов, Ю. В. Ковальчук, Ю. В. Погорельский. ФТП, 20, 1945 (1986).
- [3] С. А. Ахманов, В. И. Емельянов, Н. И. Коротеев и др. УФН, 147, 675 (1985).
- [4] П. К. Кашкаров, В. И. Петров, В. Ю. Тимошенко. Изв. АН СССР, сер. физическая, 55, 1655 (1991).
- [5] Физико-химические свойства полупроводниковых веществ (под ред. А. В. Новоселовой, В. Б. Лазарева), 339. М. (1979).
- [6] D. H. Lowndes. In: Semiconductors a. Semimetals, 23, 471 (1984).

Редактор: Л. В. Шаронова

ФТП, том 26, вып. 10, 1992

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЛЕНОК МАГНИТНОГО ПОЛУПРОВОДНИКА $Eu_{1-x}Sm_xO$

В. Ф. Кабанов

Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского, 410601, Саратов, Россия
(Получено 21.04.1992. Принято к печати 27.04.1992)

В настоящей работе исследовались электрические свойства пленок $Eu_{1-x}Sm_xO$. Интерес к этому материалу вызван тем, что электронные процессы в пленках магнитных полупроводников (МП), обладающих фото- и тензочувствительностью, фотоиндуцированным магнетизмом и другими особенностями, изучены явно недостаточно.

Образцы представляли собой кремниевые подложки n -типа проводимости ($\varphi \sim 5 \text{ Ом} \cdot \text{см}$), на которые наносились пленки твердого раствора $Eu_{1-x}Sm_xO$ методом термического испарения в вакууме соответствующей лигатуры и последующего окисления. Толщина пленок составляла $\sim 0.1 \text{ мкм}$, в качестве электродов использовались алюминиевые контакты площадью $\sim 1 \text{ мм}^2$. Очевидно, что в исследуемой МДП структуре пленка $Eu_{1-x}Sm_xO$ являлась диэлектриком. Так можно считать в связи с тем, что сопротивление пленки превышало сопротивление кремниевой подложки на несколько ($8 \div 10$) порядков величины. Кроме того, учитывалось то обстоятельство, что магнитные параметры пленок