

УДК 621.315.55

ФОТОИНДУЦИРОВАННЫЕ ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В АМОРФНОМ АНТИМОНИДЕ ГАЛЛИЯ

С.В. Демишев, Ю.В. Косичкин, А.Г. Ляпин, Н.Н. Мельник, Д.В. Нехаев,
Н.Е. Случанко, О.А. Турок

В объемных образцах аморфного антимонида галлия обнаружен эффект фотоиндуцированного образования включений сурьмы. Эффект является пороговым по интенсивности излучения и имеет атермическую природу, что позволяет связать его с возникновением режима радиационно-стимулированной диффузии.

В последнее время заметно вырос интерес к исследованию аморфных полупроводников, синтезируемых в условиях высокого давления (АПВД) [1, 2]. Наиболее подробно в материалах этого класса были исследованы структурные и гальваномагнитные свойства [2], при этом важная область взаимодействия излучения с АПВД остается практически неисследованной.

Интенсивное излучение может приводить к разнообразным структурным изменениям в аморфных и стеклообразных полупроводниках. В случае АПВД, насколько нам известно, существует единственная работа [3], в которой сообщалось о фотоиндуцированной кристаллизации АПВД $a-GaSb$. Целью настоящей работы явилось исследование фотоструктурных превращений в этом материале, в том диапазоне интенсивностей света, где фотокристаллизация $a-GaSb$ отсутствует.

Для исследования были взяты объемные образцы аморфного антимонида галлия, полученные в условиях высокого давления ($P = 90$ кбар) по схеме, описанной в [2]. Отсутствие включений фаз в образцах, отличных от тетраэдрической аморфной фазы $a-GaSb$, контролировалось рентгенографически. Фотоиндуцированные изменения структуры образцов $a-GaSb$ исследовались методом комбинационного рассеяния (КР) света с помощью спектрометра U-1000 фирмы "Jobin Yvon". Для облучения образцов и

регистрации спектров КР использовался аргоновый лазер с длиной волны $\lambda = 0,5145$ мкм.

Эксперименты проводились следующим образом. Образец АПВД $a - GaSb$ подвергался облучению лазерным излучением мощностью P в течение одной минуты. После этого мощность лазера уменьшалась до значений, при которых изменений в спектрах КР не происходит и регистрировался спектр КР $I(V)$. Затем величина P увеличивалась и цикл измерений повторялся.

Обнаружено, что в области $P < P_c \sim 13$ Вт/см² спектр $I(V)$ не зависит от мощности лазерного излучения (рис. 1, кривая 1). Видно, что наряду с ТО-модой ($V = 224$ см⁻¹) наблюдается особенность при $V = 150$ см⁻¹, которую можно связать с LA-модой $GaSb$ [4] (в неупорядоченном материале, в отличие от кристалла, в $I(V)$ в общем случае дают вклад все ветви фононного спектра [5]).

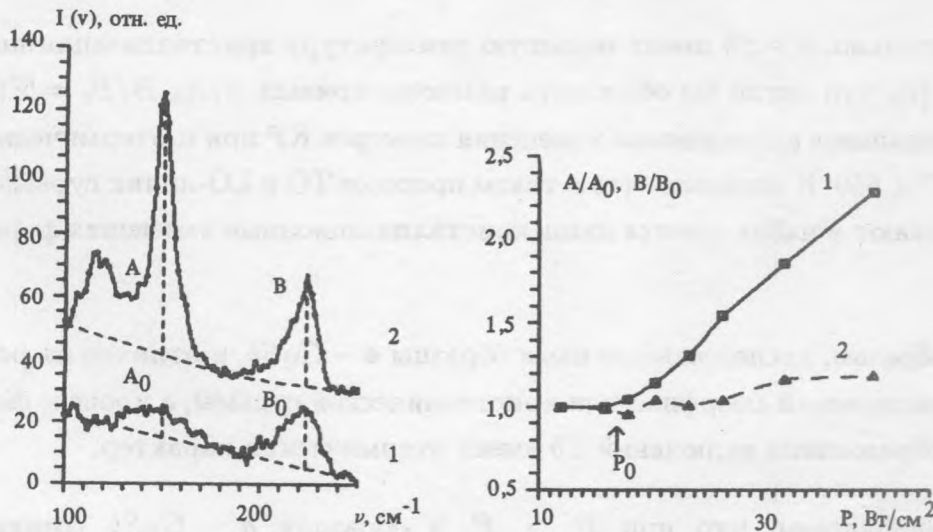


Рис. 1. Спектры КР образцов $a - GaSb$ при $P < P_c$ (1) и $P > P_c$ (2).

Рис. 2. Зависимость интенсивности линий А и В в спектрах КР от мощности лазерного излучения.

Если величина P превышает критическое значение $P > P_c$, то в области $V = 150$ см⁻¹ возникают интенсивные линии, отвечающие ТО- и LO-модам кристаллической сурьмы [6]. Ранее спектр, подобный кривой 2, был зарегистрирован в работе [3], где он рассматривался как результат наличия включений $a - Sb$ в исходных образцах $a - GaSb$.

Для количественного анализа эффекта рассмотрим отношение интенсивностей линий $A(V = 150 \text{ см}^{-1})/A_0$ (сурьма) и $B(V = 224 \text{ см}^{-1})/B_0$ -ТО-пик $a - GaSb$ (рис. 1). Здесь A_0 и B_0 – интенсивности LA и TO-мод на соответствующих частотах в исходном спектре $a - GaSb$. Из рис. 2, где представлены зависимости A/A_0 и B/B_0 от P , отчетливо виден пороговый характер эффекта, причем фотоиндуцированное образование включений сурьмы наблюдается в том интервале интенсивностей, где кристаллизация $a - GaSb$ практически отсутствует (при расчете величин A и B использовались спектры $I(V)$, нормированные на интенсивность лазерного излучения).

Описанное фотоструктурное превращение $a - GaSb$ может быть обусловлено несколькими причинами. Если связать особенность при $V \sim 150 \text{ см}^{-1}$ в исходных образцах не только с LA-модой, но и с присутствием включений аморфной сурьмы, то данный эффект можно было бы интерпретировать как кристаллизацию таких включений в результате нагрева образца лазерным излучением.

Действительно, $a - Sb$ имеет меньшую температуру кристаллизации по сравнению с $a - GaSb$ [7], что могло бы объяснить различие кривых $A/A_0, B/B_0 = F(P)$ (рис. 2). Однако специальное исследование изменения спектров КР при изотермическом отжиге в диапазоне $T < 650 \text{ К}$ показало, что в таком процессе TO и LO-линии сурьмы в спектрах КР не возникают и наблюдаются лишь кристаллизационные изменения формы TO-пика для $GaSb$.

Таким образом, исследованные нами образцы $a - GaSb$, в отличие от работы [3], не содержали включений аморфной или кристаллической сурьмы, а процесс фотостимулированного образования включений Sb имеет атермический характер.

Мы предполагаем, что при $P > P_c$ в образцах $a - GaSb$ возникает режим радиационно-стимулированной аномальной диффузии с пониженной энергией активации [8], в результате которой возрастает подвижность дефектов типа А-А и В-В, которые характерны для аморфных полупроводников группы A^3B^5 [9]. В результате пространственной агрегации таких дефектов могут возникать включения галлия и сурьмы. При этом в КР-спектрах будут наблюдаться в первую очередь включения Sb , поскольку вклад от металлических включений галлия в $I(V)$ будет существенно меньше. Тем не менее окончательное выяснение природы наблюдаемой аномалии требует проведения дополнительных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Дегтярева В.Ф. и др. ФТТ, **32**, 1429 (1990).
- [2] Демишев С.В. и др. ЖЭТФ, **100**, 723 (1991).
- [3] Денисов В.Н. и др. Письма в ЖЭТФ, **50**, 363 (1989).
- [4] F a g g M.K. et al. Phys. Rev. B, **11**, 1587 (1975).
- [5] S h u k e r R., G a m m o n R. Phys. Rev. Lett., **25**, 222 (1970).
- [6] L a n n i n J.C. et al. Phys. Rev. B, **12**, 585 (1975).
- [7] Шкловский В.А., Кузьменко В.М. УФН, **157**, 311 (1989).
- [8] Джафаров Т.Д. Радиационно-стимулированная диффузия в полупроводниках. М., Энергоатомиздат, 1991, с. 228.
- [9] U d r o n V. et al. J. Non Cryst. Solids, **137-138**, 131 (1991).

Институт общей физики РАН

Поступила в редакцию 16 декабря 1992 г.