

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

МОДИФИКАЦИЯ СПЕКТРА МЕЛКИХ СОСТОЯНИЙ АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ
ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

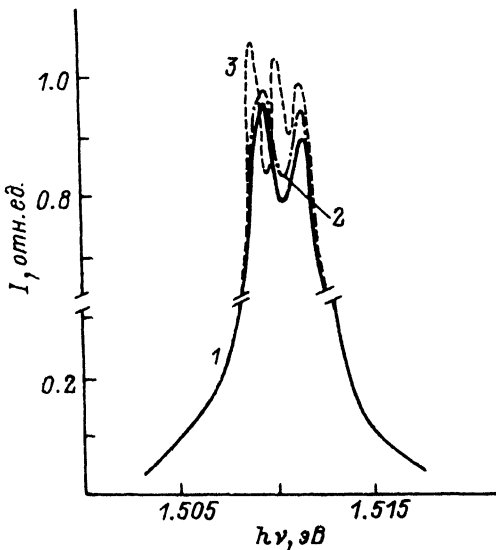
Кашкаров П. К., Тимошенко В. Ю.

Ранее было установлено, что импульсное лазерное облучение (ИЛО) с энергией, не превышающей порог плавления, приводит к дефектообразованию в приповерхностной области кристаллов GaAs. Возникшие дефекты проявляют себя при 300 К преимущественно как центры безызлучательной рекомбинации носителей заряда [1]. В настоящей работе предпринята попытка получить информацию о природе лазерно-индуцированных дефектов. Для этой цели использовался метод низкотемпературной ($T = 4.2$ К) фотolumинесценции (ФЛ).

Измерения ФЛ проводились в установке на базе автоматизированного спектрометра СДЛ-2. Для возбуждения использовалось излучение аргонового лазера с $\lambda = 488$ нм и интенсивностью ~ 50 мВт/см². Спектральное разрешение составило 0.1 мэВ. В качестве образцов были выбраны эпитаксиальные слои *n*-GaAs (Si) ($n = 10^{17}$ см⁻³) толщиной $d = 0.1$ мкм, выращенные на подложке из полуизолирующего GaAs (Cr). Использование таких образцов позволило приблизить толщину слоя, анализируемого методом ФЛ, к предполагаемой глубине локализации лазерно-индуцированных дефектов (~ 0.03 мкм [1]). При этом интенсивность ФЛ достаточна для регистрации, а светимость подложки, как было установлено специальными экспериментами по послыному травливанию, была на порядок ниже, чем эпитаксиального слоя. ИЛО выполнялось при 300 К моноимпульсами рубинового лазера ($h\nu = 1.8$ эВ, $\tau = 20$ нс). Излучение последнего гомогенизировалось кварцевым диффузором, что давало необходимую однородность лазерного воздействия на полупроводник [1]. Проводился контроль процессов плавления по методике измерения фазы повышенного отражения (ФПО) [2].

При регистрации ФПО было определено, что плавление поверхности GaAs для исходной температуры 300 К начинается при лазерном воздействии с плотностью энергии в импульсе $W = W_n = 160 \pm 10$ мДж/см². В дальнейшем в экспериментах по снятию спектров ФЛ использовались образцы, облученные с $W < W_n$. Измерение ФЛ при 300 К проводилось «in situ», т. е. до и сразу же после ИЛО. Это позволило надежно регистрировать малые изменения интенсивности ФЛ. Было установлено, что ИЛО начиная с $W = 100$ мДж/см² приводит к гашению ФЛ. При $W = 150$ мДж/см² уменьшение интенсивности ФЛ составило $\sim 15\%$. Изменений в спектре ФЛ, состоявшем из краевой полосы с $h\nu = 1.42$ эВ, зарегистрировано не было.

Спектр ФЛ исходных образцов при 4.2 К состоял из ряда линий. Вблизи края собственного поглощения наблюдался дублет линий с энергиями квантов $h\nu_1 = 1.5117$ и $h\nu_2 = 1.5098$ эВ (см. рисунок, кривая 1), компоненты которого могут быть приписаны свободному и связанному на мелком доноре экситонам соответственно [3]. Значительно более интенсивной, чем упомянутый дублет, являлась линия с $h\nu_3 = 1.488$ эВ [возможно, это — (Si_{Ga}, A)] [3]. В спектре также присутство-



Спектр близкраевой фотолуминесценции n -GaAs(Si) ($n = 10^{17} \text{ см}^{-3}$, $d = 0.1 \text{ мкм}$) при 4.2 К до (1) и после лазерного облучения с энергиями $W = 50$ (2) и 100 (3) мДж/см².

вала линия с $h\nu_4 = 1.452 \text{ эВ}$, являющаяся фоновым повторением линии с $h\nu_3$. Установлено, что ИЛО приводило к модификации спектра ФЛ лишь вблизи края собственного поглощения. Для образцов, облученных с $W = 50 \text{ мДж/см}^2$, это выражалось в изменении соотношения линий $h\nu_1$ и $h\nu_2$ в сторону их выравнивания (кривая 2). После ИЛО с $W = 100 \text{ мДж/см}^2$ в спектре исчезала линия с $h\nu_2$ и появлялись две новые линии с энергиями 1.5093 и 1.5107 эВ (кривая 3). Общая ширина $\sim 4.4 \text{ мэВ}$ обсуждаемой группы линий и интенсивность сигнала ФЛ до и после ИФО были примерно одинаковы.

Что касается природы состояний, дающих новые линии ФЛ, то здесь необходимы дальнейшие исследования. Однако отметим, что модификации подвергаются лишь состояния, связанные с дефектами. В то же время линия ФЛ свободного экситона до и после ИЛО не изменялась. Наконец, следует сказать, что наблюдаемая перестройка спектра мелких состояний может являться всего лишь дополнительным эффектом к генерации более глубоких дефектов — центров безызлучательной рекомбинации. Последняя же малоэффективна при 4.2 К.

Таким образом, в работе впервые зарегистрировано изменение спектрального состава ФЛ GaAs под действием допорогового лазерного облучения. Модификации подвергаются лишь состояния, связанные с мелкими дефектами. Полученные данные свидетельствуют о перестройке дефектов, участвующих как в безызлучательной, так и излучательной рекомбинациях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Ефимова А. И., Кашкаров П. К., Петров В. И. и др. // Поверхность. Физика, химия, механика. 1990. № 8. С. 94—100.
- [2] Ахманов С. А., Емельянов В. И., Коротеев Н. И., и др. // УФН. 1985. Т. 147. В. 4. С. 675—745.
- [3] Гавриленко В. И. и др. Оптические свойства полупроводников. Справочник. Киев, 1987. 607 с.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Получено 12.05.1991
Принято к печати 22.01.1992