

Уменьшение $\chi_{\text{доп}}$ при $T > 150$ К обусловлено двумя причинами: температурным размытием фермиевского распределения носителей; уменьшением G (ε_F), связанным с движением L - и Σ -зон относительно примесной полосы.

Л и т е р а т у р а

- [1] Фальковский Л. А., Бродовой А. Б., Лашкарев Г. В. — ЖЭТФ, 1981, т. 80, в. 1, с. 334—348.
- [2] Nimtz G., Schlicht B. — In: Springer Tracts in Modern Physics, v. 98. Narrow-Gap Semicond. 1983, p. 1—117.
- [3] Hewes C. R., Adler M. S., Senturia S. D. — Phys. Rev., 1982, v. B7, N 12, p. 5195—5212.
- [4] Андрианов Д. Г., Кузнецов В. Д., Климонский С. О., Бурдакин А. А. — ФТП, 1987, т. 21, в. 6, с. 1106—1111.
- [5] Кайданов В. И., Равич Ю. И. — УФН, 1985, т. 145, в. 1, с. 51—86.
- [6] Кайданов В. И., Казьмин С. А., Немов С. А., Парфеньев Р. В., Шамшур Д. В., Шох В. Ф. — ФТТ, 1986, т. 28, в. 4, с. 1058—1062.
- [7] Черник И. А., Лыков С. Н. — ФТТ, 1981, т. 23, в. 10, с. 2956—2963.

Институт прикладной физики АН МССР
Кишинев

Получено 14.10.1987
Принято к печати 2.06.1988

ФТП, том 22, вып. 10, 1988

ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ КРИСТАЛЛОВ GaAs<Te>

Джумамухамбетов Н. Г., Дмитриев А. Г.

1. Как известно, лазерный отжиг приводит к изменениям механических, электрических и оптических свойств полупроводников [1^{-5}]. Чувствительным методом исследования изменений излучательных свойств полупроводников является фотолюминесценция (ФЛ).

2. В данной работе было исследовано координатное распределение люминесцентных свойств кристаллов GaAs<Te> [$n=(4\div 6)\cdot 10^{17}$ см $^{-3}$]. При комнатной температуре кристаллы подвергались воздействию серии импульсов лазера на стекле с неодимом длительностью 10^{-3} с (многопиковый режим) и длиной волны когерентного излучения 1.06 мкм. Суммарная плотность энергии варьировалась в диапазоне 5—90 Дж/см 2 . Энергия импульсного воздействия измерялась прибором ИМО-2Н. ФЛ возбуждалась гелий-неоновым лазером мощностью 10 мВт и измерялась при температуре 77 К после каждого послойного травливания. Травливание проводили в свежеприготовленном травителе $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{H}_2\text{O}$ (3 : 1 : 1) при комнатной температуре. Травление проводили только с одной стороны кристалла, вторая сторона была закрыта. При этом определяли скорость травления и ее зависимость от координаты, перпендикулярной поверхности кристалла. Скорость травления (v) определяли методом взвешивания, который позволяет исключить погрешности в измерении толщины травленного слоя, обусловленные непараллельностью граней кристалла,

$$v = \Delta m / \rho S \Delta t, \quad (1)$$

где Δm — изменение массы кристалла за время травления, Δt — время травления, S — площадь поверхности, $\rho_{\text{GaAs}} = 5.32$ г/см 3 — плотность кристалла, при этом прибрегалось травливанием боковых граней ввиду малости их суммарной площади.

3. Спектры ФЛ исходных кристаллов GaAs<Te> при 77 К состояли из двух полос приблизительно одинаковой интенсивности в максимуме и разной формы: сравнительно широкой полосы B ($\delta_B \approx 0.12$ эВ), по форме близкой к гауссовой, с энергией максимума $\hbar\nu_B \approx 1.254$ эВ и узкой ($\delta_A \approx 0.04$ эВ) асимметричной

полосы A с крутым коротковолновым склоном и энергией максимума $h\nu_A \approx 1.515$ эВ (краевая полоса). Как известно, краевая полоса связана с переходами неравновесных носителей с мелких донорных уровней кремния в валентную зону [6]. Люминесцентными центрами, обуславливающими полосу 1.254 эВ, могут быть комплексы типа $V_{Ga} + 3Te$ либо $V_{Ga}Te_{As}$, которые возникают вследствие образования в GaAs твердых растворов Ga_2Te_3 [7].

После воздействия серией импульсов суммарной плотностью энергии до 80 Дж/см^2 никаких изменений в спектрах Фл и морфологии поверхности кристалла не наблюдалось. При суммарной плотности энергии $80 \div 90 \text{ Дж/см}^2$

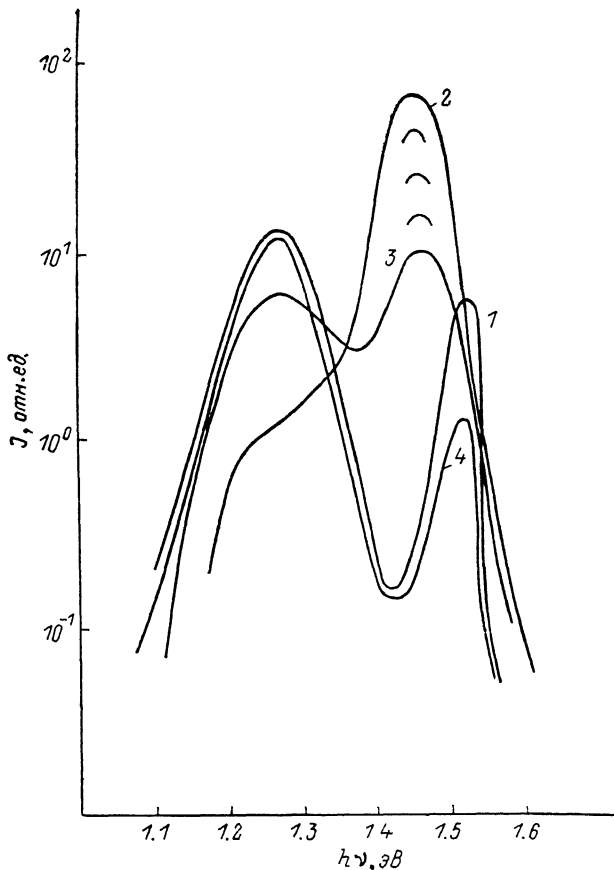


Рис. 1. Спектры ФЛ кристаллов GaAs<Te> при 77 К.

1 — до облучения, 2 — после облучения, 3 — на глубине 25 мкм, 4 — на глубине 46 мкм.

визуально наблюдали изменение морфологии полированной поверхности кристалла, напоминавшее его «оплавление». При этом сильно изменяются ФЛ свойства кристалла. Исчезает краевая полоса, интенсивность примесной уменьшается в 5—10 раз, но при этом появляется новая полоса D с $h\nu_D \approx 1.424$ эВ и полушириной $\delta_D \approx 0.09$ эВ. Ее интенсивность в максимуме в 5—10 раз (для разных кристаллов) превосходит интенсивность краевой полосы исходного кристалла. Динамика изменения спектров с координатой показана на рис. 1. Обращают на себя внимание резкое уменьшение интенсивности полосы D и слабое ее смещение в сторону больших энергий. При этом ее полуширина остается неизменной. На глубине $20 \div 30$ мкм полоса D исчезает и постепенно восстанавливаются полосы A и B (рис. 2, а). Как показали измерения скорости травления (рис. 2, б), она различна для исходных и облученных кристаллов. В последнем случае в пределах $20 \div 30$ мкм она плавно изменяется от $15 \div 17$ до $6 \div 8$ мкм/мин, что типично для GaAs [8]. Это означает, что в результате импульсного воздействия вблизи поверхности кристалла до глубины $20 \div 30$ мкм проис-

ходит модификация арсенида галлия. Его свойства (спектральный состав люминесценции и скорость травления) отличаются от свойств исходного кристалла. Отметим, что если восстановление спектрального состава излучения происходит после травливания $20 \div 30$ мкм, то полное восстановление интенсивностей полос достигается лишь на глубине $120 \div 150$ мкм. Выяснение природы полосы D требует дополнительных экспериментальных исследований.

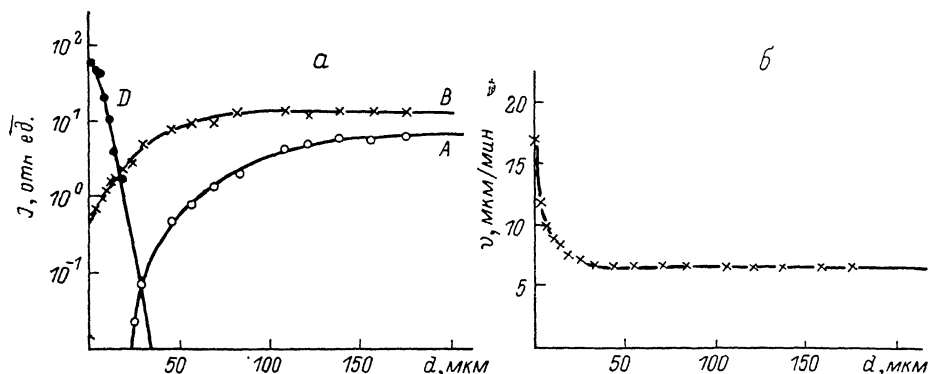


Рис. 2. Координатные изменения интенсивностей излучения полос A , B и D (а) и скорости травления (б) облученных кристаллов GaAs<Te>.

Л и т е р а т у р а

- [1] Курбатов Л. Н., Стоянова И. Г., Трохимчук П. П., Трохин А. С. — ДАН СССР, 1983, т. 268, в. 3, с. 594—597.
- [2] Арутюнов Е. Н., Ковальчук Ю. В., Погорельский Ю. В., Портной Е. Л., Смольский О. В. — Письма ЖТФ, 1983, т. 9, в. 21, с. 1298—1301.
- [3] Савицкий Г. В., Кияк С. Г., Гафийчук В. В., Нарольский А. Ф. — УФЖ, 1985, т. 30, в. 2, с. 260—263.
- [4] Хайбуллин И. Б., Смирнов Л. С. — ФТП, 1985, т. 19, в. 4, с. 569—591.
- [5] Громов Г. Г., Руденко К. В., Уфимцев В. Б. — ЖТФ, 1986, т. 56, в. 10, с. 1998—2000.
- [6] Наследов Д. Н., Царенков Б. В. — В кн.: Тр. IX Межд. конф. по физике полупроводников. М., 1968.
- [7] Logan R. M. — J. Phys. Chem. Sol., 1971, v. 32, p. 1755.
- [8] Физико-химические методы обработки поверхности полупроводников / Под ред. В. Д. Луфта. М., 1982. 136 с.

Ленинградский политехнический институт
им. М. И. Калинина

Получено 28.01.1988
Принято к печати 2.06.1988

ФТП, том 22, вып. 10, 1988

ЗАРЯДОВОЕ СОСТОЯНИЕ РЕКОМБИНАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ В $ZnIn_2Se_4$

Мехтиев Н. М., Алиев Г. М., Гусейнов З. З.

В работе [1] на основе исследований стационарных характеристик фотопроводимости нами показано, что при оптическом возбуждении рекомбинация неравновесных носителей в $ZnIn_2Se_4$ осуществляется быстрыми (s) и медленными (r) центрами рекомбинации. Однако стационарные характеристики фототока недостаточны для установления зарядового состояния и определения индивидуальных параметров соответствующих центров. Исследования релаксации неравновесных фотоносителей при возбуждении полупроводника короткими импульсами собственного света позволяют наиболее полно изучить механизм рекомбинации и определить параметры локальных центров. Настоящая работа, в которой представлены результаты исследования кинетических характеристик