

ФТП, том 26, вып. 4, 1992

ДЕФОРМАЦИОННО-СТИМУЛИРОВАННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ИЗЛУЧАЮЩИХ ЦЕНТРОВ В АРСЕНИДЕ ГАЛЛИЯ

Городниченко О. К., Коваленко В. Ф., Прохорович А. В.

Изучая влияние высокотемпературной деформации на люминесцентные свойства сильно легированного арсенида галлия, мы впервые обнаружили деформационно-стимулированный распад комплексов (типа примесь—собственный дефект), представляющих собой центры излучательной рекомбинации. На описании наблюдаемых закономерностей, а также их объяснении остановимся далее.

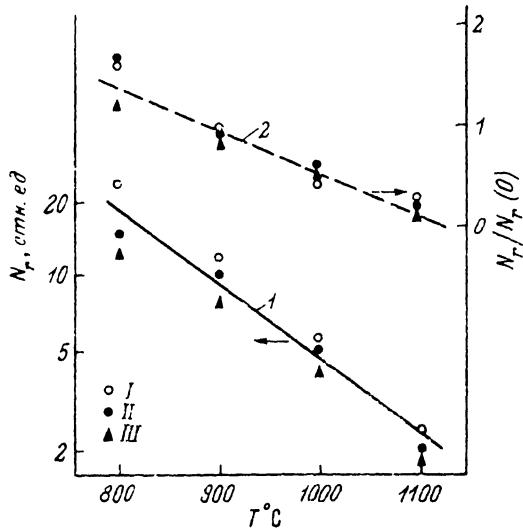
Исследовались кристаллы легированного оловом с концентрацией электронов $n_0 (5-9) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ арсенида галлия, выращенного в направлении $\langle 111 \rangle$ по методу Чохральского. Образцы деформировали одноосным растяжением вдоль оси $\langle 111 \rangle$ в интервале температур $800-1100^\circ\text{C}$ по методике, описанной в [1]. Плотность дислокаций в исходных кристаллах составляла $N_d \leq 10^4 \text{ см}^{-2}$. Спектры фотолюминесценции (ФЛ) при 77 K , возбуждаемые He—Ne-лазером, измеряли на исследуемых кристаллах GaAs до и после деформации, а также на контрольных кристаллах, прошедших одновременно с деформируемыми аналогичную (в той же камере) термообработку (ТО). Спектры ФЛ исходных, термообработанных и деформированных кристаллов были типичными для кристаллов GaAs с аналогичным уровнем легирования [2].

Об изменении при деформации концентрации излучающих центров N_r мы судили по результирующему изменению в области линейности рекомбинации носителей тока интенсивностей длинноволнового $I_{\text{дв}}$ и краевого излучений $I_{\text{кр}}$ [2].

Высокотемпературная деформация при $T = 800-1000^\circ\text{C}$ обычно приводила к значительному уменьшению эффективности ФЛ по сравнению с исходными и контрольными кристаллами.¹ Однако в кристаллах, деформированных при $T = 1100^\circ\text{C}$, спектр излучения становился практически аналогичным спектру в исходных кристаллах, т. е. наблюдалось восстановление люминесцентных свойств n -GaAs(Sn). Причем восстановление происходило с поверхности кристаллов, так как после стравливания слоя толщиной $\sim 30 \text{ мкм}$ эффект исчезал.

На рисунке приведены полученные из анализа спектров ФЛ зависимости от температуры деформации концентрации 1.02, 1.28 и 1.40 эВ излучающих центров, обусловленных излучательными переходами электронов в комплексах типа примесь—собственный дефект [1-3]. Кроме того, на рисунке также приведена зависимость отношения N_r к концентрации $N_r(0)$ соответствующих центров излучательной рекомбинации в контрольных кристаллах n -GaAs(Sn). Как видно, с увеличением температуры концентрация излучающих центров в деформирован-

¹ Уменьшение эффективности ФЛ может быть связано как с уменьшением N_r , так и с увеличением концентрации центров безызлучательной рекомбинации N_s . Совместный анализ изменения величин $I_{\text{дв}} \sim (N_r/N_s)$ и $I_{\text{кр}} \sim (1/N_s)$ в деформированных и контрольных кристаллах позволяет разделить вклад N_r - и N_s -центров в изучаемые эффекты [2].



Зависимости N_r (1) и $N_r/N_r(0)$ (2) в деформированных и контрольных кристаллах n -GaAs(Sn) от температуры деформации.

I—III — для 1.02, 1.28 и 1.40 эВ излучающих центров соответственно.

ных кристаллах уменьшается. В то же время влияние температуры деформации на величину $N_r/N_r(0)$ имеет более сложный характер: при $T < 900$ °C величина N_r превышает соответствующую величину $N_r(0)$, а при $T > 900$ °C становится существенно меньше. Следовательно, именно с деформацией связан эффект изменения N_r , так как величина $N_r(0)$ от температуры деформации практически не зависит.

Указанное, очевидно, связано со следующим. Деформационно-стимулированное увеличение N_r при $T < 900$ °C и уменьшение N_r при $T > 900$ °C могут быть обусловлены изменением механизма взаимодействия комплексов, примесей и собственных дефектов в поле напряжения дислокаций при увеличении их концентрации N_d в процессе повышения температуры деформации [3]. По-видимому, на первом этапе деформации ($T < 900$ °C) при относительно низкой плотности дислокаций преобладающим является механизм электростатического взаимодействия стимулированных деформацией примесей и собственных дефектов в области повышенной их концентрации вокруг дислокаций, в результате которого увеличивалась концентрация излучающих центров.²

На втором этапе деформации ($T > 900$ °C), когда, с одной стороны, наблюдается уменьшение N_r , а с другой — увеличение плотности дислокаций N_d , преобладающим, по-видимому, становится механизм упругого взаимодействия дислокаций с центрами излучательной рекомбинации, в результате которого происходит распад излучающих центров на индивидуальные составляющие. Особенно заметным этот процесс становится в области температур деформации 1100 °C при достаточно больших плотностях дислокаций ($N_d \approx 10^7$ см⁻²), когда перекрываются поля их напряжений.

Заметим, что ряд дополнительных экспериментальных результатов подтверждает предложенную нами модель. Во-первых, изменение величины N_r по толщине деформированного кристалла связано с тем, что деформация, как было установлено ранее [4,5], начинается в приповерхностных слоях, а затем распро-

² В исследуемых кристаллах плотность дислокаций при $T = 900$ °C не превышала 10^6 см⁻² и уменьшалась при понижении температуры деформации.

страняется в объем кристалла, т. е. эффект уменьшения N_r обусловлен процессами деформации. Во-вторых, восстановление люминесцентных свойств в деформированных при $T = 1100^\circ\text{C}$ кристаллах GaAs свидетельствует о том, что происходит процесс «очистки» кристаллов от примесей и дефектов, стимулированных высокотемпературной деформацией. Действительно, при достаточно больших плотностях дислокаций ($1/N_d < r_d$, где r_d — радиус сферы влияния дислокаций) они могут являться эффективными стоками для стимулированных деформацией примесей (например, атомов меди) и дефектов (например, вакансий галлия) [2].

В заключение отметим следующее. Известно [1], что упрочнение кристаллов GaAs в значительной степени определяется концентрацией комплексов, являющихся центрами излучательной рекомбинации.

Действительно, на деформационных кривых исследуемых кристаллов n -GaAs(Sn) только после деформации при 1100°C появлялся зуб текущей, по-видимому, связанный с распадом центров излучательной рекомбинации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Городниченко О. К., Коваленко В. Ф. // ФТП. 1989. Т. 23. В. 12. С. 2214—2217.
- [2] Глинчук К. Д., Лукат К., Прохорович А. В. // Оптоэлектроника и полупроводниковая техника. Киев, 1982. № 1. С. 39—54.
- [3] Гольдфарб М. В., Молоцкий М. И. // ФТП. 1990. Т. 24. В. 7. С. 1330—1333.
- [4] Алехин В. П. Физика прочности и пластичности поверхностных слоев материалов. М., 1983. 280 с.
- [5] Городниченко О. К. // Поверхность. 1989. В. 4. С. 150—152.

Институт полупроводников
АН Украины
Киев

Получено 2.09.1991

Принято к печати 23.10.1991

ФТП, том 26, вып. 4, 1992

ГЕТЕРОПЕРЕХОДЫ ZnTe—PbS

Андрухив М. Г., Григорович Г. М., Бочкарева Л. В., Хляп Г. М.,
Шкумбатюк П. С.

Гетеропереходы на широкозонных соединениях $A^{IV}B^{VI}$ могут служить основой целого ряда (ГП) оптоэлектронных приборов, работающих в широком спектральном диапазоне.

Соединения ZnTe и PbS характеризуются следующими параметрами (см. таблицу).

Соединение	Тип структуры	Ширина запрещенной зоны E_g , эВ	Постоянная решетка a , Å
ZnTe	Сфалерит	2.23	6.10
PbS	Решетка типа NaCl	0.39	5.94