

ВЛИЯНИЕ НЕЙТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА СПЕКТРЫ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ПРЯМОЗОННОГО GaAsP, ЛЕГИРОВАННОГО ЦИНКОМ

Сукач Г. А., Сырко Н. И.

Облучение светоизлучающих $p-n$ -структур (СИС), в частности, нейтронами приводит к уменьшению интенсивности излучения, что обычно связывается только с генерацией глубоких центров безызлучательной рекомбинации [1, 2]. Мы хотели бы обратить внимание на то, что радиационное облучение может приводить не только к введению глубоких центров гашения электролюминесценции (ЭЛ), но и к нетривиальной генерации центров излучательной рекомбинации. Следствием этого является различный характер изменения интенсивностей полос в спектрах ЭЛ при радиационном воздействии.

Исследовались $p-n$ -переходы глубиной (2.5 ± 0.5) мкм, которые формировались путем диффузии цинка (при $T \approx 700^\circ\text{C}$) в эпитаксиальный слой n -GaAs $_{1-x}$ P $_x$ ($0.37 \leq x \leq 0.41$). Излучение генерировалось преимущественно

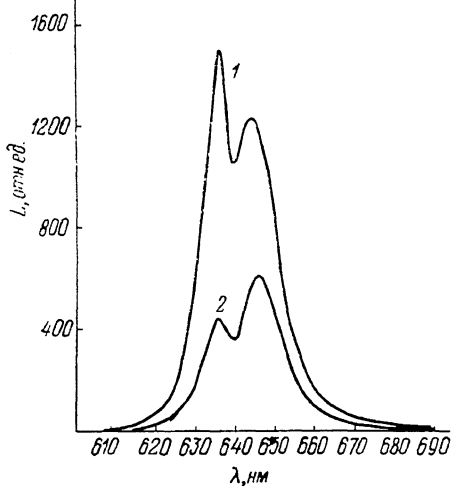


Рис. 1. Спектры электролюминесценции красных GaAsP:Zn излучающих структур при $T=120\text{ K}$, $J=10\text{ mA}$ до (1) и после (2) облучения дозой $8.3 \times 10^{12}\text{ н/см}^2$.

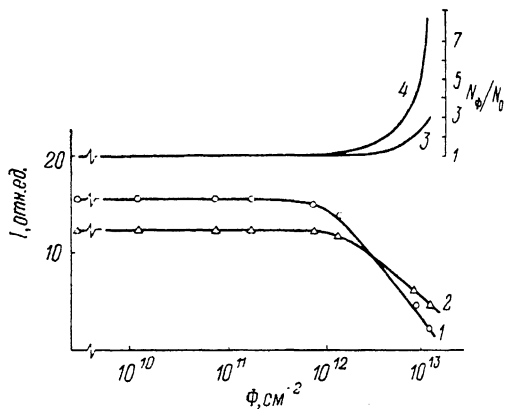


Рис. 2. Зависимость интенсивности электролюминесценции для переходов зона—зона (1) и зона—примесь (2) и концентрации излучательных (3) и безызлучательных (4) центров рекомбинации от дозы облучения нейтронами.

в p -области СИС. Концентрация равновесных дырок в p -области изменялась от значения $p_0 = 8 \cdot 10^{16} \div 3 \cdot 10^{17}\text{ см}^{-3}$, равного концентрации электронов в n -слое, до величины порядка $(2 \div 5) \cdot 10^{19}\text{ см}^{-3}$ на поверхности. Образцы облучались нейтронами с энергией $\geq 0.1\text{ МэВ}$. Спектры ЭЛ измерялись по методике [3]. Анализ спектральных зависимостей проводился на участке амперьяростности характеристик, где интенсивности I различных полос ЭЛ определялись процессами линейной рекомбинации неравновесных носителей тока, т. е. на участке практически линейной зависимости I от уровня возбуждения.

На рис. 1, 2 представлены результаты по влиянию нейтронного облучения на излучательные характеристики СИС, из которых видно следующее.

1. В исходных СИС (при $T=120\text{ K}$) наблюдается две полосы ЭЛ с энергиями в максимуме $h\nu_1 = 1.956\text{ эВ}$ (полоса 1) и $h\nu_2 = 1.918\text{ эВ}$ (полоса 2). Полоса 1 обусловлена межзонными переходами свободных носителей; полоса 2 связана с переходами носителей на нейтральный атом мелкого акцептора (цинк, замещающий галлий, — Zn_{Ga}) [4].

2. Облучение не приводит к появлению новых полос и, начиная с определенных доз, значительно снижает интенсивность существующих.

3. Обращает на себя внимание тот факт, что облучение по-разному влияет на интенсивность полос 1 и 2 (интенсивность полосы 1 уменьшается более резко, полосы 2 — более слабо) (рис. 2).

Разный характер зависимости интенсивности полос 1 и 2 от дозы облучения свидетельствует о том, что одна только простая модель деградации [1, 2], учитывающая генерацию глубоких уровней безызлучательной рекомбинации, не способна полностью объяснить ситуацию, ибо, если бы вводились одни центры безызлучательной рекомбинации, на опыте наблюдалось бы одинаковое уменьшение интенсивности обеих полос ЭЛ. Следовательно, облучение нейтронами приводит не только к генерации центров безызлучательной рекомбинации N_r , но и к изменению (увеличению) концентрации примесных центров излучательной рекомбинации N_i , ответственных за рост относительного вклада интенсивности полосы 2 в общую интенсивность ЭЛ (рис. 2). Заметим, что в данном эксперименте, когда преобладающая доля неравновесных носителей тока рекомбинирует безызлучательно, интенсивность полосы 1 обратно пропорциональна величине N_i , а интенсивность полосы 2 зависит от соотношения N_r/N_i . Механизм, приводящий к увеличению N_i , может быть следующим.

Известно, что в образцах полупроводниковых соединений $A^{III}B^V$, легированных цинком, помимо атомов Zn_{Ga} существует еще распределение в виде междоузельного цинка Zn_i . (Этому способствует диссоциативный механизм диффузии цинка [5]). Таким образом, акт образования акцепторов Zn_{Ga} , приводящий к увеличению N_r (соответствующая реакция $Zn_i + V_{Ga} \rightarrow Zn_{Ga}$), весьма вероятен, поскольку он осуществляется путем заполнения ближайших вакансий галлия, созданных нейтронным облучением, атомами цинка, расположенными не только в междоузлиях, но и в других нерегулярных положениях СИС. В частности, в работе [6] показано, что в СИС на основе GaAsP, полученных при $T_{\text{дифф}} \leq 750^\circ\text{C}$, приблизительно 20—35 % атомов цинка находится в электрически нейтральном состоянии.

Таким образом, наиболее вероятным механизмом радиационного изменения соотношения наблюдаемых полос (особенно роста интенсивности полосы 2 на фоне полосы 1) является факт перевода междоузельных и других нерегулярных атомов цинка в положение замещения вакансий галлия.

Авторы выражают благодарность К. Д. Глинчуку за обсуждение некоторых вопросов статьи.

Список литературы

- [1] Epstein A. S., Share S., Polimadei R. A., Herzog A. H. // Appl. Phys. Lett. 1973. V. 23. N 8. P. 472—474.
- [2] Ланг Д. // Точечные дефекты в твердых телах. НФТТ. № 9/Под ред. Б. И. Болтакса, Т. В. Машовец, А. Н. Орлова. М., 1979.
- [3] Сукач Г. А., Сырко Н. И., Гладаревский В. М. // Оптоэлектрон. и полупроводн. техн. Киев, 1988. В. 14. С. 58—62.
- [4] Crawford G. // Prog. Sol. St. Chem. 1973. V. 8. N 1. P. 127—164.
- [5] Болтакс Б. И. Диффузия и точечные дефекты в полупроводниках. М., 1972. 384 с.
- [6] Ting C. H., Pearson G. L. // J. Electrochem. Soc. 1972. V. 119. N 1. P. 96—99.

Институт полупроводников АН УССР
Киев

Получено 31.07.1989
Принято к печати 28.09.1989