

06.2;06.3

©1993

ИНЖЕКЦИОННАЯ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ GaP p - n -СТРУКТУР НА Si ПОДЛОЖКАХ

*В.В.Евстропов, Ю.В.Жиляев, Н.Назаров,
В.В.Россин, Л.М.Федоров, Ю.М.Шерняков*

Использование метода газофазной эпитаксии в открытой хлоридной системе в последние годы позволило получить монокристаллические эпитаксиальные слои фосфида галлия на кремниевых подложках, что дало возможность создать различные приборные структуры GaP/Si [1-5]. Ранее гетероэпитаксиальные слои GaP на Si подложках были получены различными методами эпитаксии: молекулярно-лучевой [6], металлоорганической [7] и хлоридно-гидридной [8,9].

В работе [9] сообщалось о получении инжекционной электролюминесценции в GaP p - n -структуре, созданной путем диффузии цинка в эпитаксиальный слой n -GaP, выращенный хлоридно-гидридной эпитаксией на Si подложке.

Нами в работе [2] сообщалось об электролюминесценции при пробое в эпитаксиальных GaP p - n -структурах, выращенных на Si подложках.

В настоящей работе сообщается об инжекционной электролюминесценции в эпитаксиальных GaP p - n -структурах, выращенных на Si подложках методом газофазной эпитаксии в открытой хлоридной системе, который подробно был описан в работах [1,2].

Для получения эпитаксиальных слоев n - и p -типов проводимости выращиваемые слои GaP легировались в процессе эпитаксии. Слой n -GaP легировался теллуром и серой до концентрации электронов $n \simeq 1 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ и имел толщину ~ 6 мкм. Слой p -GaP легировался цинком до концентраций дырок $p \simeq (0.5 - 1.0) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ и имел толщину ~ 3 мкм.

Подложками, предназначенными для получения p - n -GaP/ n -Si структур, были полированные пластины Si марки КЭФ-001, толщиной ~ 400 мкм, ориентированные в плоскости (100) с разориентацией $\sim 6^\circ$ в направлении [110].

Площади исследованных структур p - n -GaP/ n -Si составляли $S \simeq (1.0 - 1.2) \cdot 10^{-2} \text{ см}^2$.

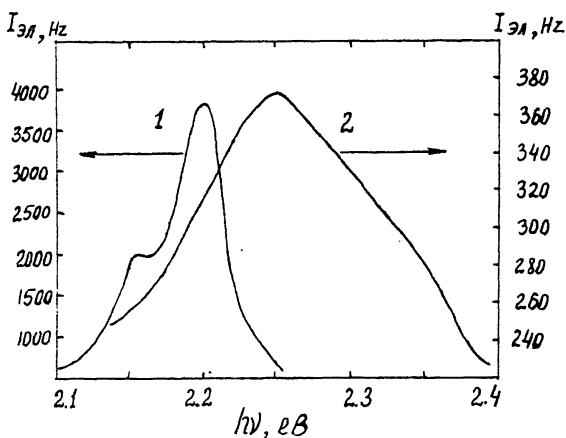


Рис. 1. Спектры инжекционной электролюминесценции $p-n$ -GaP/ n -Si структуры, полученные счетом фотонов, при плотности прямого тока $i = 10$ А/см². Т, К: 1 — 77, 2 — 300.

Омические контакты создавались вжиганием в атмосфере очищенного водорода при температуре 550...600° С; для эпитаксиального слоя p -GaP сплава $\text{In}+2\%\text{Zn}$, для подложки n -Si сплава $\text{In}+2.5\%\text{Te}$.

Характеристики ток-напряжение исследованных $p-n$ -GaP/ n -Si структур практически такие же, как в структурах, изученных в работах [2,3].

Спектры электролюминесценции снимались при комнатной (300 К) и при азотной (77 К) температурах на монохроматорах ДФС-24 и МДР-2, в качестве приемника использовались фотоумножители ФЭУ-79 и ФЭУ-62.

В спектре инжекционной электролюминесценции при 300 К имеется полоса с максимумом при 2.24 эВ (550 нм) и полушириной 150 мэВ (30 нм) (рис. 1). При 77 К спектр электролюминесценции содержит полосу с максимумом при 2.20 эВ (565 нм) и полушириной 40 мэВ (10 нм), а также более длинноволновое плечо при 2.15 эВ (575 нм) (рис. 1). Интенсивность инжекционной электролюминесценции при температуре жидкого азота на порядок больше, чем при комнатной температуре. Зависимость интенсивности зеленой (2.20 эВ) полосы электролюминесценции от тока при 77 К — линейная.

Такой вид спектров инжекционной электролюминесценции характерен и для обычных (на GaP подложке) $p-n$ -структур из GaP, причем наблюдаемые полосы при 300 и 77 К имеют разную природу. При 300 К полоса с максимумом при 2.24 эВ обусловлена аннигиляцией экситона, связанного на атомах азота, а при 77 К полоса с максимумом

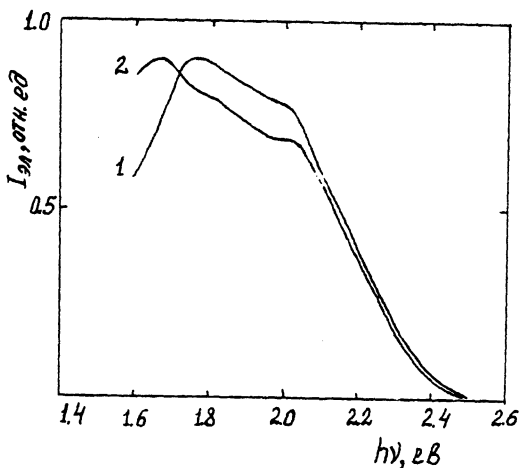


Рис. 2. Спектры электролюминесценции $p-n$ -GaP/ n -Si структуры при пробое. $U_B \approx 18$ В, $i \approx 5$ А/см². Т, К: 1 — 77, 2 — 300. Кривые не нормированы друг к другу.

при 2.20 эВ обусловлена переходом донор-валентная зона [10].

Для сравнения приведены спектры электролюминесценции при пробое (рис. 2). Эти спектры по сравнению со спектрами инжекционной электролюминесценции — широкие, бесструктурные и также достаточно типичны для обычных (на GaP подложке) обратно-смещенных $p-n$ -структур из GaP [10,11].

Итак, спектральные характеристики инжекционной и пробойной электролюминесценции $p-n$ -структур из GaP на Si подложках такие же, как у обычных (на GaP подложках) $p-n$ -структур из GaP и обусловлены теми же излучательными переходами. Интенсивность инжекционной электролюминесценции примерно на порядок меньше, чем у обычных структур. Это, по-видимому, обусловлено безызлучательной рекомбинацией на дислокациях, что подтверждается большой долей туннельно-избыточного тока в $p-n$ -структурах из GaP на Si подложках [2,3].

Список литературы

- [1] Жиляев Ю.В., Криволапчук В.В., Назаров Н., Никитина И.П., Полятаев Н.К., Сергеев Д.В., Травников В.В., Федоров Л.М. // ФТП. 1990. Т. 24. В. 7. С. 1303-1305.
- [2] Евстропов В.В., Жиляев Ю.В., Назаров Н., Сергеев Д.В., Федоров Л.М. // ФТП. 1993. Т. 27. В. 4. С. 668-673.
- [3] Евстропов В.В., Жиляев Ю.В., Назаров Н., Сергеев Д.В., Федоров Л.М., Шерняков Ю.М. // ФТП. 1993. Т. 27. В. 8.
- [4] Евстропов В.В., Жиляев Ю.В., Назаров Н., Сергеев Д.В., Федоров Л.М. // Письма в ЖТФ. 1993. Т. 19. В. 3. С. 28-32.
- [5] Жиляев Ю.В., Кондратьев Б.С., Назаров Н., Тутыгин В.С., Федоров Л.М. // Письма в ЖТФ. 1993. Т. 19. В. 6. С. 14-20.
- [6] Gonda Sh., Matsushima Y., Mukai S., Makita Y., Igarashi O. // Japan J. Appl. Phys. 1978. V. 17. N 6. P. 1043-1048.
- [7] Poyge H.B., Kemlage B.M., Broadie R.W. // J. Crystal growth. 1977. V. 37. P. 13-22.
- [8] Huber H., Winstel G.H. // Siemens. Forsch. Entwiskl. - Ber. 1973. V. 2. N 3. P. 171-174.
- [9] Mori H., Ogasawara M., Yamamoto M., Tachikawa M. // Appl. Phys. Lett. 1987. V. 51. N 16. P. 1245-1247.
- [10] Берг А., Дин П. Светодиоды. М.: Мир. 1979. С. 686.
- [11] Верман Б.С., Евстропов В.В., Царенков Б.В. // ФТП. 1971. Т. 5. В. 1. С. 134-138.

Физико-технический
институт им. А.Ф.Иоффе
РАН
С.-Петербург

Поступило в Редакцию
13 мая 1993 г.