

- [2] Steinbeck J., Braunstein G., Dresselhaus M.S., Venkatesan T., Jacobson D.C. - J. Appl. Phys., 1985, v. 58, N 11, p. 4374-4381.
- [3] Арутюнов Е.Н., Карпов С.Ю., Ковальчук Ю.В., Мячин В.Е., Погорельский Ю.В., Смирницкий В.Б., Соколов И.А. - Письма в ЖТФ, 1985, т. 11, в. 15, с. 921-923.
- [4] Белашенко Д.К. Явления переноса в жидких металлах и полупроводниках, М.: Атомиздат, 1970. 399 с.
- [5] Бурдель К.К., Макаров В.Н., Суворов А.В., Чеченин Н.Г. - ФТТ, 1988, т. 30, в. 2, с. 629-632.
- [6] Физико-химические свойства полупроводниковых веществ, М.: Наука, 1979. 340 с.

Поступило в Редакцию
14 апреля 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 13 12 июля 1988 г.

ЖЕЛТЫЕ $Ga_{1-x}In_xP$ СВЕТОДИОДЫ
С СИЛОЙ СВЕТА 600 мкд

Л.М. Коган, Ю.И. Кунакин,
В.А. Рубисова, С.А. Диордиев,
Ю.П. Андреев, В.С. Родкин

В последние годы получены светодиоды с красным свечением из $Ga_{1-x}Al_xAs$ с силой света 1000-3000 мкд при токе 20 мА [1-3]. В связи с этим возникла потребность в светодиодах с большой силой света для других диапазонов видимого спектра. Твердый раствор $Ga_{1-x}In_xP$ перспективен для получения высокоэффективных светодиодов с желтым и оранжевым свечением в связи с тем, что он является прямозонным в диапазоне энергий 1,34-2,18 эВ.

Впервые светодиоды из $Ga_{1-x}In_xP$ были получены в работе [4].

В настоящей работе эпитаксиальные слои $n-Ga_{1-x}In_xP$ получены хлоридно-гидридным методом на подложках $n-GaP$, ориентированных в плоскости (100) под углом 4-6 град к (110). Слой переменного состава ($x = 0 \rightarrow 0.32$) имел толщину 15-20 мкм, слой постоянного состава ($x = 0.32-0.35$) - 8-18 мкм. Концентрация носителей при легировании теллуrom находилась в диапазоне $5 \cdot 10^{16} - 1 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$.

Светоизлучающий планарный р-п-переход создавался диффузией Zn через маску Si_3N_4 в вакуумированной кварцевой ампуле при противодавлении Р в диапазоне температур 650-750 °С. С целью снижения концентрации дырок в р-области и дефектности р-слоя диффузия Zn проводилась через пленку SiO_2 . Площадь р-п-перехода со-

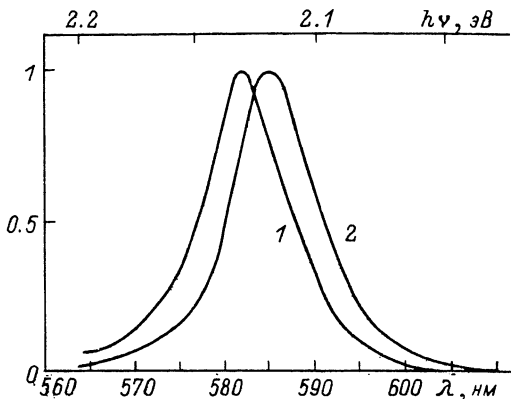


Рис. 1. Спектры излучения при 300 К. 1 - при токе 5 мА (8 А/см^2), 2 - при токе 30 мА (50 А/см^2).

ставляла $\sim 6 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2$, глубина р-п-перехода - 2-4 мкм. С целью снижения потерь света в кристалле омические контакты создавались ограниченной площади: контакт к р-слою (Al) занимал примерно 14% площади р-п-перехода и имел выносную контактную площадку, контакт к п-подложке (Cr-Ni-Ge) занимал примерно 35% площади нижней грани кристалла.

Светоизлучающий диод создавался в прозрачном полимерном корпусе ($n = 1.55$, $\alpha = 0.1 \text{ см}^{-1}$) диаметром 5 мм. С целью снижения потерь на сферическую aberrацию корпус имел купол с эллиптической световыводящей поверхностью [3]. Кристалл размещался во втором от световыводящей поверхности фокусе эллипса.

Спектры излучения (рис. 1) светодиодов узкие, полуширина полосы слабо зависит от тока и составляет 11-12 нм, энергия максимума спектра слабо сдвигается в длинноволновую область при увеличении плотности тока до 50 А/см^2 вследствие нагрева. При токе 20 мА энергия максимума спектра находится в диапазоне 2.1-2.14 эВ (длина волны $\lambda_{\text{макс.}} = 580\text{-}590 \text{ нм}$).

Сила света излучающих кристаллов находилась в диапазоне 1200-2200 мкд при токе 20 мА.

Зависимость силы света (J_V) и внешнего квантового выхода излучения ($\eta_{\text{вн}}$) от тока приведены на рис. 2. Сила света при 20 мА составила 600 мкд, при 50 мА - 1400 мкд. Эти значения силы света являются рекордными для светодиодов желтой области спектра. Полуширина диаграммы направленности излучения составила 5-8 град. Внешний квантовый выход излучения при токе более 2 мА достигает 0.1-0.12%. Отношение силы света светодиодов к силе света кристаллов составило $\sim 200\text{-}250$, силы света светодиодов к потребляемой мощности - 15 кд/Вт.

Быстродействие светодиодов - 50 нс. ^{эл} Типичное значение прямого напряжения при токе 20 мА - 2.5 В, дифференциальное сопро-

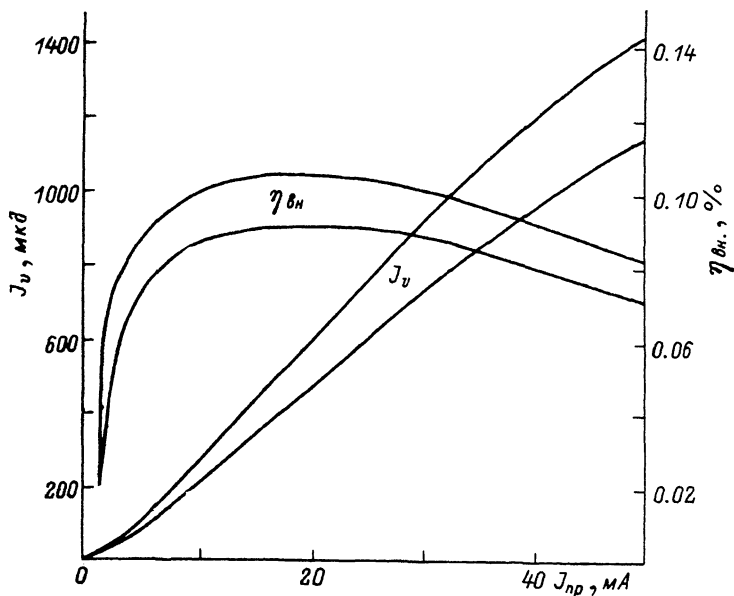


Рис. 2. Зависимости силы света и внешнего квантового выхода излучения от прямого тока.

тивление на линейном участке прямой ветви ~ 20 Ом. Напряжение пробоя на обратной ветви находится в диапазоне 10–40 В.

Полученные приборы стабильно работают при плотности тока 20 А/см^2 при температуре $+70$ °С.

Л и т е р а т у р а

- [1] Коган Л.М., Рассохин И.Т., Горецкая Т.Ю., Гофштейн-Гардт А.Л. В кн.: Ш Всесоюзная конференция „Физические процессы в полупроводниковых гетероструктурах“. Тезисы докладов, Одесса, 1982, с. 136–137.
- [2] Tejima T., Takahashi K., Sakata M., Yoshida M. – JEE, 1983, N 10, p. 49–52.
- [3] Коган Л.М., Водовозова М.Л., Ковырева Н.И., Рассохин И.Т. В кн.: 1У Всесоюзная конференция „Физические процессы в полупроводниковых гетероструктурах“. Тезисы докладов, Минск, 1986, с. 120–121.
- [4] Гарба Л.С., Голованов Ю.А., Михайлов Л.Н., Сушков В.П. – Письма в ЖТФ, 1977, т. 3, в. 24, с. 1304–1306.

Поступило в Редакцию
8 марта 1988 г.