Распределенный береговский отражатель с улучшенной угловой зависимостью коэффициента отражения

Д.Ю. Протасов^{1,2}, К.С. Журавлев¹

¹ Институт Физики Полупроводников им. А.В. Ржанова, Новосибирск,
630090, пр-т Академика Лаврентьева, 13

² Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, 630073, пр-т Карла Маркса, 20

тел.: +7 (383) 333-1954, факс: +7 (383) 33090-29, эл. почта: protasov@isp.nsc.ru

DOI 10.34077/RCSP2021-112

Светодиоды ближнего инфракрасного диапазона повышенной мощности активно применяются в системах видеонаблюдения, производстве ИК прожекторов и нагревателей, а также в системах автоматизации. Для создания таких светодиодов широко используют гетероструктуры на основе соединений A_3B_5 . Вывод излучения из гетероструктуры является одной из важнейших проблем мощных светодиодов, так как вследствие поглощающей подложки и высокого показателя оптического преломления в этих гетероструктурах наружу выходит несколько процентов излучения [1].

Для увеличения доли выходящего излучения используют несколько приемов [2], к наиболее важным относятся использование распределенного береговского отражателя (РБО), позволяющего вывести наружу часть излучения, распространяющегося в сторону подложки, и создание шероховатости на поверхности гетероструктуры, в результате чего появляется возможность прохождения через границу раздела гетероструктура/воздух лучей, распространяющихся под углами, большими угла полного внутреннего отражения.

Недостатком РБО является резкое падение коэффициента отражения при углах падения, превышающих угол полного внутреннего отражения θ_c для границы раздела гетероструктура/воздух. Для GaAs угол полного внутреннего отражения на длине волны 860 нм равен $\theta_c \approx 1/n_{GaAs} = 0,294$ рад или $16,9^\circ$. В результате этого, во-первых, уходят в подложку те лучи, которые распространяются под большими углами к нормали в сторону подложки, и во-вторых, теряют шанс на выход наружу лучи, распространяющиеся в сторону границы раздела гетероструктура/воздух и рассеянные шероховатой границей гетероструктуры на большие углы. В результате, внешняя квантовая эффективность таких светодиодов не превышает 10% [3].

В данной работе предложена модификация конструкции РБО, позволяющая повысить коэффициент отражения для лучей, распространяющихся под большими углами, за счет компенсации изменяющейся оптической разности хода дополнительными слоями РБО, с периодом, отличным от периода основного слоя РБО. На рисунке представлены рассчитанные угловые зависимости коэффициента отражения для РБО на основе 20 пар слоев $Al_{0.1}Ga_{0.9}As$ и $Al_{0.9}Ga_{0.1}As$ с максимумом на длине волны 860 нм: сплошная кривая - обычный РБО и штрих-пунктирная кривая - модифицированный РБО.

Как показывают результаты расчетов по представленным на рисунке зависимостям, доля света от ламбертовского источника, отраженная от модифицированного РБО, в 2.7 раза больше, чем для обычного РБО.

Литература

- [1] M. R. Krames et al. // J. Displ. Techn. 2007. V. 3, No. 2. P. 160-175.
- [2] E. F. Shubert. Light-Emitting Diodes. Second Edition. Cambridge University Press, New York, 2006. 422 P.
- [3] А.В. Малевская и др. //ФТП. 2021. Т. 55, вып. 7. С. 614-617.