

Поляризация излучения полупроводниковых лазеров в ближней зоне

В. М. Стецик, П. Е. Зеков

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,
e-mail: stetsik@bsu,by*

В работе рассматриваются причины различия коэффициентов поляризации излучения одномодовых инжекционных полупроводниковых лазеров. Изучалось ближнее поле излучения. Причиной различия коэффициентов поляризации явилось возникновение электромагнитной волны с изменяющимся по направлению электрическим вектором вдоль волновода.

Ключевые слова: Одномодовый индукционный лазер, поляризация излучения, напряженность структуры, ближнее поле излучения.

Polarization of Semiconductor Lasers in Near Field

V. M. Stetsik, P. E. Zekov

*Belarusian State University, Minsk, Belarus,
e-mail: stetsik@bsu,by*

This paper examines the causes of differences in the polarization coefficients of single-mode injection semiconductor lasers. The near-field radiation was studied. The cause of these differences in polarization coefficients was the emergence of an electromagnetic wave with a changing electric vector along the waveguide.

Keywords: Single-mode induction laser, radiation polarization, structure strain, radiation near-field

Введение

Поляризация светового излучения, определяемая как ориентация его электрического вектора электромагнитной волны, является фундаментальным свойством, которое служит мощным диагностическим и функциональным инструментом в оптоэлектронике и фотонике. Количественно она характеризуется степенью поляризации – отношением разности интенсивностей света в двух ортогональных поляризациях (TE и TM модах) к их сумме, или коэффициентом поляризации (отношение интенсивностей TE и TM составляющих). Исследования показывают, что степень поляризации очень чувствительна к механическим напряжениям [1–3]. Механические напряжения вызывают анизотропные и неоднородные изменения показателя преломления. Эти напряжения могут быть вызваны различными факторами: технологическими процессами, такими как пайка контактов чипов, несоответствием коэффициентов линейного температурного расширения в волноводных структурах и прилегающих слоях [3].

В высокомощных лазерных излучателях степень поляризации используется для неразрушающего контроля качества монтажа и оценки долговременной надежности [1]. В оптических волноводах напряженность структуры напрямую влияет на ключевые параметры лазерной генерации: мощностные характеристики,

спектральные, пространственные. Анизотропные напряжения вызывают различия в ориентации электрического вектора в поле излучения, разницу в длинах волн для TE и TM мод [3]. Их неоднородное распределение приводит к потерям, зависимым от поляризации излучения, что критически важно для стабильности интегрально-оптических схем [3]. Ярким примером прямой связи между деформацией и поляризацией является явление поляризационной бистабильности в лазерных диодах, детально изученное с помощью ближнепольной микроскопии [4].

Экспериментальные результаты

В работе исследовались квантоворазмерные полупроводниковые лазеры с длиной волны 650 нм, мощностью 5 – 10 мВт, длиной резонатора 250 – 300 мкм. Было показано, что коэффициент поляризации может изменяться для различных излучателей в пределах 50 – 500. Излучение данных лазеров было одномодовым, а в ряде случаев – одночастотным. Для установления причин изменения коэффициентов поляризации было проведено исследование ближнего поля излучения полупроводникового лазера. Коэффициент увеличения оптической системы составлял порядка 2000. В качестве фотоприемника использовалась ПЗС-линейка TCD 1304AP. Непосредственно перед ПЗС-линейкой устанавливался поляризационный анализатор. Анализ сечения пучка производился при установке анализатора вблизи минимума анализатора.

На рис. 1 представлены распределения интенсивности излучения ближнего поля вдоль оптического волновода. Из рисунка видно различие в положении интенсивности излучения в пределах пятна генерации при повороте анализатора вблизи минимума пропускания на 3 градуса.

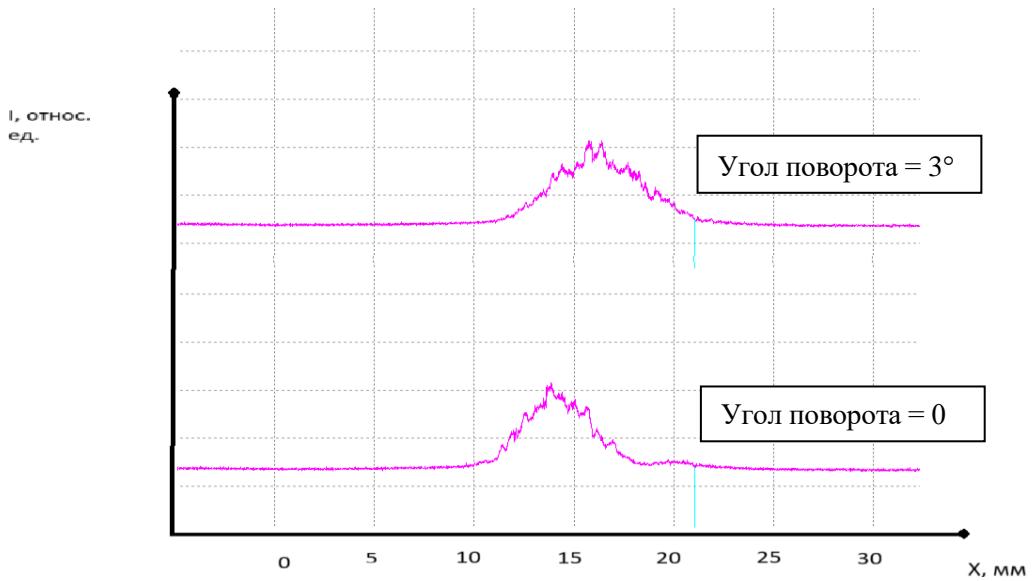


Рис 1. Интенсивность увеличенного изображения активной области при изменении угла поворота анализатора на 3 градуса вблизи минимума пропускания

Последовательное измерение интенсивности излучения в различных участках ближнего поля излучения лазера при изменении угла поворота анализатора позволило оценить изменение ориентации электрического вектора, что представлено на рис. 2. Из рис. 2

видно, что электрический вектор плавно поворачивается на угол порядка $4,5^\circ$ вдоль координаты X волновода. В случае низких коэффициентов поляризации порядка 50 и менее, угол поворота электрического вектора мог изменяться на большую величину. Для исследуемого лазера $K_p = 90$. Измерение спектральных характеристик показало, что наш лазер работал в одночастотном режиме в определенных диапазонах тока накачки. При изменении угла поворота поляризатора происходило последовательное изменение интенсивности ближнепольного изображения вдоль горизонтального сечения волновода. Это позволяет сделать вывод о генерации электромагнитной волны с изменяющейся в плоскости волновода ориентацией электрического вектора.

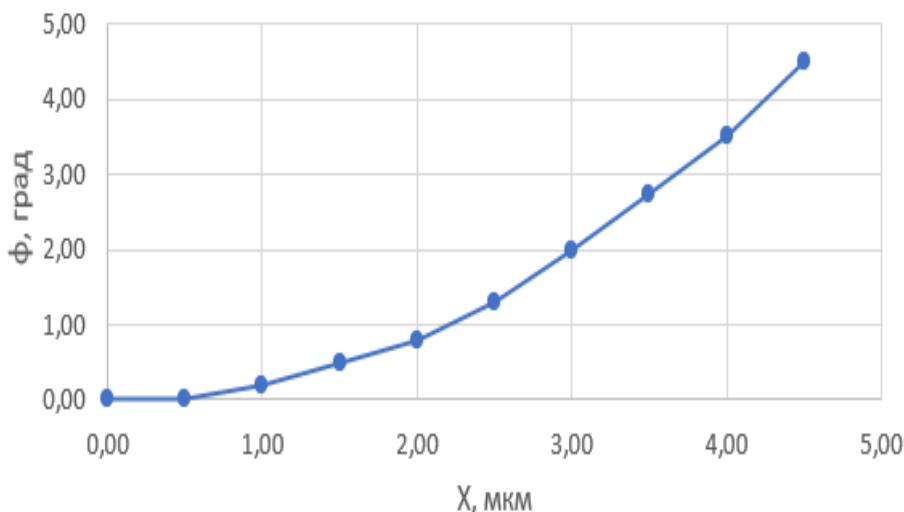


Рис. 2. Изменение положения электрического вектора вдоль генерирующей части волновода

Участок генерирующего волновода составлял около 5 мкм. Таким образом, на генерирующем участке волновода распространяется волна с изменяющейся ориентацией электрического вектора в плоскости X . Чем больше угол изменения ориентации электрического вектора в пределах генерирующего участка волновода, тем меньше интегральный коэффициент поляризации. Для более мощных лазеров с размером полоска 100–200 мкм области генерации, где происходит изменение ориентации электрического вектора электромагнитной волны, могут достигать 10–30 мкм. Этот факт обуславливает неравномерность распределения интенсивности генерирующего участка волновода лазера.

Библиографические ссылки

1. Thermal and strain characteristics of high power 940 nm laser arrays mounted with AuSn and In solders / J. L. Hostetler [et al.] // Proc. SPIE. 2007. Vol. 6456. P. 645602/1–645602/10.
2. Landesman J.-P., Cassidy D. T. Degree of polarization of luminescence from GaAs and InP as a function of strain: a theoretical investigation // Appl. Opt. 2020. Vol. 59, № 18. P. 5506-5517.
3. Huang M. Stress effects on the performance of optical waveguides // International Journal of Solids and Structures. 2003. Vol. 40. P. 1615–1628.
4. Near-field scanning optical microscopy of polarization bistable laser diodes / Ch. Lienau [et al.] // Appl. Phys. Lett. 1996. Vol. 69, № 17. P. 2471–2473.