

Ю. А. БЫКОВСКИЙ, В. Л. ВЕЛИЧАНСКИЙ, В. А. ЕЛХОВ, Ю. П. ЗАХАРОВ,
А. И. ЛАРКИН, В. А. МАСЛОВ, Р. В. РЯБОВА, Д. М. САМОЙЛОВИЧ,
В. Л. СМИРНОВ

КОГЕРЕНТНОСТЬ ИЗЛУЧЕНИЯ ИМПУЛЬСНОГО ОДНОМОДОВОГО ИНЖЕКЦИОННОГО ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО КВАНТОВОГО ГЕНЕРАТОРА

(Представлено академиком Е. К. Завойским 28 VI 1971)

Применение полупроводниковых квантовых генераторов (ПКГ) во многих случаях ограничивается недостаточной когерентностью излучения. В работах (1, 2) проведены измерения пространственной и временной когерентности инжекционного лазера, работающего в одномодовом режиме генерации. Было показано, что в таком режиме длина когерентности составляет 10^{-2} см. Очевидно, что одномодовые лазеры, в силу их лучшей монохроматичности, будут обладать более высокой степенью когерентности. Однако работа в одномодовом режиме не является достаточным условием достижения максимальной длины когерентности, так как длина волны излучения лазера за время импульса изменяется вследствие разогрева активной области (3, 4).

В настоящей работе исследуется зависимость когерентности излучения ПКГ от девиации частоты за время импульса. Измерения пространственной и временной когерентности проводились по методике, описанной в (2). Одновременно регистрировалось изменение длины волны генерации ПКГ за время импульса накачки с помощью внешнего интерферометра Фабри — Перо (3). Исследуемые инжекционные лазеры на GaAs работали при температуре $\sim 90^\circ$ К. Длина волны излучения лежит в инфракрасной области

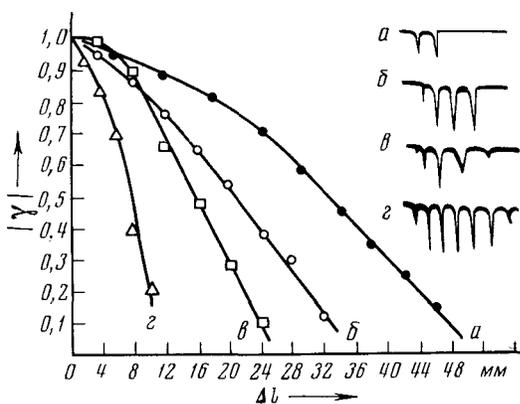


Рис. 1. Модуль функции временной когерентности лазера, работающего в одномодовом режиме генерации и соответствующие осциллограммы излучения после прохождения света через интерферометр Фабри — Перо

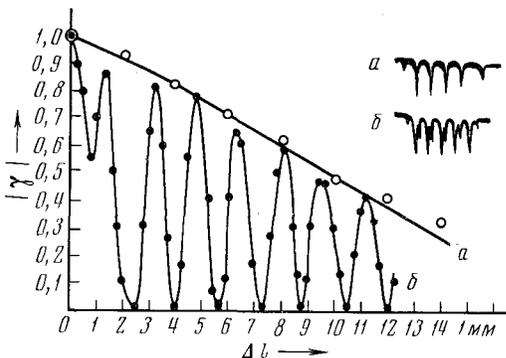


Рис. 2. Модуль функции временной когерентности лазера, работающего в одномодовом и двухмодовом режимах генерации

и составляет 0,84 м. Величина перестройки длины волны генерации лазера $\Delta\lambda$ варьировалась путем изменения длительности импульса при постоянном уровне инжекции. Кроме того, использование «двойных» диодов позволило изменять диапазон перестройки ($\Delta\lambda$) за импульс при неизменной длительности накачки за счет изменения степени неоднородности возбуждения (⁴).

Результаты измерения модуля функции временной когерентности $|\gamma|$ для разных режимов работы одномодового ПКГ представлены на рис. 1. Каждый режим иллюстрируется осциллограммами спектра излучения,

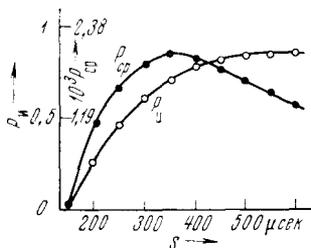


Рис. 3. Зависимость импульсной P_n и средней P_{cp} мощности лазера от расстояния s между импульсами инжекции

ПКГ $\delta\lambda = \lambda^2 / \Delta L = 0,5 \text{ \AA}$, что соответствует расстоянию между соседними аксиальными модами используемого лазера (⁵).

Измерения пространственной когерентности показали, что модуль функции пространственной когерентности при работе диода в одномодовом режиме генерации сохраняется по всему фронту излучения.

При использовании импульсного ПКГ в задачах, связанных с требованием максимальной когерентности излучения, необходимо работать в одномодовом режиме, причем диапазон перестройки $\Delta\lambda$ за импульс должен быть минимальным. Достижение максимальной средней мощности излучения при заданной длине когерентности возможно путем увеличения частоты следования импульсов накачки. На рис. 3 представлены графики

полученными с помощью интерферометра Фабри — Перо, расстояние в длинах волн между резонансами которого составляет 0,12 А. При $\Delta\lambda = 0,24; 0,48; 0,60; 0,84 \text{ \AA}$ длина когерентности (δl), измеренная на полувысоте, составляет соответственно 34, 22, 16 и 10 мм.

С увеличением тока инжекции диод переходит в двухмодовый режим генерации, что приводит к характерному изменению $|\gamma|$. На рис. 2 показана функция временной когерентности при работе диода в одномодовом и двухмодовом режимах генерации. Там же приведены осциллограммы спектров излучения для соответствующих режимов. По расстоянию между соседними максимумами $\Delta L = 1,5 \text{ мм}$ (рис. 2б) можно определить интервал между модами

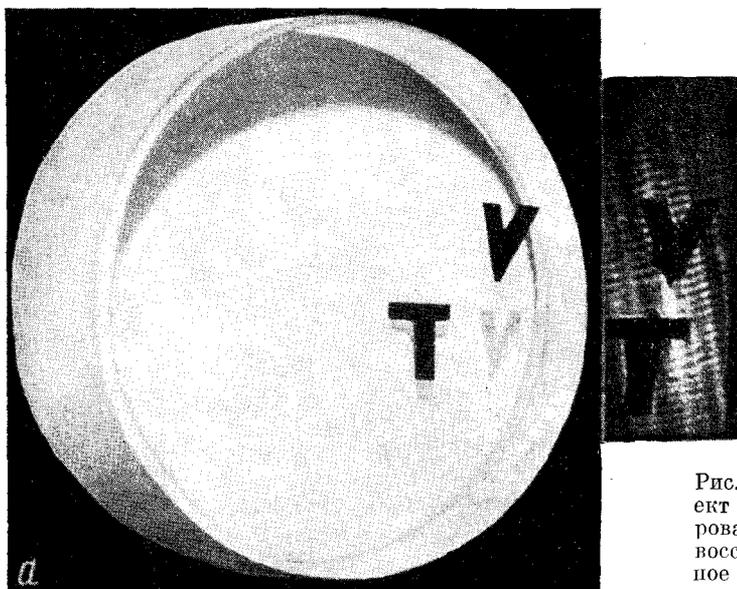


Рис. 4. а — объект голографирования, б — восстановленное изображение объекта

зависимости импульсной ($P_{\text{и}}$) и средней мощности излучения ($P_{\text{ср}}$) от интервала между импульсами инжекции.

В некоторых задачах требуется постоянство средней длины волны генерации лазера, которая может изменяться из-за повышения температуры диода. В настоящей работе постоянство длины волны генерации определялось с точностью до $2 \cdot 10^{-3} \text{ \AA}$ (³). С помощью этой методики было установлено, что при увеличении температуры диода на один градус, возвращение к значению исходной температуры с точностью порядка $0,01^\circ$ происходит в среднем за время ~ 500 мсек. и это время почти линейно возрастает при увеличении ΔT вплоть до 10° . Следовательно, можно оценить максимальную частоту повторения импульсов тока инжекции при заданном $\Delta \lambda$ за время импульса при неизменной длине волны излучения.

При использовании излучения ПКГ в голографии необходима не только достаточная степень когерентности, но и, кроме высокого разрешения фотографического материала (⁶), достаточная чувствительность в зоне излучения ПКГ ($0,84 \mu$). Такие фотоматериалы специально для этой работы были разработаны и изготовлены в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова. Чувствительность их примерно в 15 раз больше, чем была указана в (⁶) для импульсного рубинового лазера.

Получение голограмм проводилось по схеме Френеля (⁷). Объектом служили изображения букв «Т» и «V», нанесенные на разные грани плоскопараллельной пластины (рис. 4а). Таким образом, глубина объекта, записанного ПКГ, составила 15 мм. Экспозиция равнялась ~ 1 мин. Восстановленное с голограммы изображение приведено на рис. 4б.

Московский инженерно-физический
институт

Поступило
14 VI 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ W. Buchtemann, D. H. Nöhn, *Optik*, **29**, № 4, 1969, p. 401. ² Ю. А. Быковский, В. А. Елхов, А. И. Ларкин, *Физ. и техн. полупроводников*, **4**, 962 (1970). ³ Ю. А. Быковский, В. Л. Величанский и др., Там же, **5**, 498 (1971). ⁴ Ю. А. Быковский, В. Л. Величанский, В. А. Маслов, В. Л. Смирнов, Там же, **5**, 939 (1971). ⁵ L. Mandel, E. Wolf, *Proc. Phys. Soc. (London)*, **80**, 894 (1962). ⁶ Ю. А. Быковский, А. И. Ларкин и др., *ДАН*, **185**, № 3, 552 (1969). ⁷ Дж. Строук, *Введение в когерентную оптику и голографию*, М., 1967.