



Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

Е. В. Бурый, А. Е. Косых, Пространственно-временные характеристики излучения матрицы инжекционных лазеров в режиме генерации наносекундных импульсов, *Квантовая электроника*, 1995, том 22, номер 8, 785–787

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением
<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 3.235.145.252

3 ноября 2024 г., 21:39:42



Пространственно-временные характеристики излучения матрицы инжекционных лазеров в режиме генерации наносекундных импульсов

Е.В.Бурый, А.Е.Косых

Получены импульсы излучения с длительностью 4 нс, мощностью 450 Вт и частотой повторения 1 кГц с помощью матрицы, состоящей из 150 инжекционных AlGaAs/GaAs-лазеров. Проведен сравнительный анализ пространственных и временных характеристик излучения этой матрицы при накачке импульсами тока длительностью 50 и 3 нс со временем нарастания 10 и 1 нс соответственно. Установлено, что при уменьшении длительности фронта импульса накачки диапазоны изменений времен задержек импульсов излучения в разных точках плоскости, параллельной плоскости матрицы, уменьшаются от 3 до 0.5 нс.

Тенденции развития современных лазерных информационных систем характеризуются уменьшением их массогабаритных параметров при одновременном увеличении объема получаемой в единицу времени информации и повышении точности измерений. Одновременно с измерением расстояния до лоцируемого объекта возникает задача определения его геометрических характеристик с целью распознавания [1]. Для решения этих задач необходимо обеспечить формирование импульсов излучения мощностью не менее 100 Вт с длительностью $\sim 1-5$ нс и частотой повторения более 1 кГц.

Твердотельные лазеры, являющиеся традиционными источниками мощных наносекундных импульсов излучения, не могут одновременно удовлетворять всем перечисленным требованиям. Альтернативными источниками излучения являются матрицы инжекционных лазеров [2-4]. В сравнении с твердотельными лазерами они обладают рядом преимуществ, среди которых высокая эффективность преобразования электрической энергии в световую, малые размеры, надежность. В связи с этим особый интерес представляют исследования пространственно-временных характеристик излучения матриц инжекционных лазеров для оценки потенциальных возможностей их применения.

Исследованные в настоящей работе образцы представляют собой матрицы, состоящие из 150 лазерных AlGaAs/GaAs-диодов, изготовленных на основе двойной гетероструктуры. Ширина активной области одного лазера равна 200 мкм, толщина -0.1 мкм. Матрица собрана из 50 полупроводниковых пластин шириной около 1 мм, в каждой из которых сформирована группа из трех параллельно расположенных лазеров. Пластины объединены в два столбца высотой по 2.5 мм, которые закреплены на поверхности теплоотвода на расстоянии ~ 0.2 мм один от другого. Таким образом, излучающая поверхность матрицы имеет прямоугольную форму размером 2×2.5 мм. В матрице реализовано последовательно-

параллельное электрическое соединение лазеров – последовательное по столбцам и параллельное в группах. Такое соединение обеспечивает пороговый ток матрицы около 4 А при напряжении 50 – 60 В.

В дальней зоне матрицы происходит аддитивное сложение оптической мощности отдельных лазеров. Вследствие существующего неконтролируемого разброса параметров полупроводниковых пластин каждый лазер формирует импульс излучения определенной амплитуды, задержанный на некоторое время относительно импульса накачки. Время задержки зависит от уровня накачки и порога генерации отдельного лазера. Последовательно-параллельное соединение приводит к взаимному влиянию генерации отдельных лазеров друг на друга из-за перераспределения плотности тока в различных сечениях столбцов матрицы.

Перераспределение токов может происходить вследствие деградации отдельных лазеров, изменения их электрических параметров в процессе работы, изменения температуры и т. д. Эти процессы приводят к неравенству времен задержек импульсов излучения лазеров относительно импульса накачки в различных точках пространства при одинаковой длине оптических путей, пройденных излучением. (В дальнейшем разброс времен задержек мы будем называть временной неоднородностью.) Следствием временной неоднородности является увеличение длительности и изменение формы регистрируемого импульса излучения.

Проведение исследований пространственных и временных неоднородностей излучения матриц лазеров затруднено из-за отсутствия типовых источников накачки, обеспечивающих необходимые амплитуды и длительности импульсов тока. Нами создан источник накачки, содержащий два генератора импульсов тока, работающих на общую нагрузку. Первый генератор формирует «короткие» импульсы тока длительностью 3 нс по уровню 0.5 с фронтом 1 нс и амплитудой 10–30 А. Принцип действия генератора основан на эффекте задержки лавинного пробоя в полупроводниковом диоде [5]. Второй генератор формирует «длинные» импульсы тока длительностью 50 нс по уровню 0.5 с фронтом 10 нс и амплитудой 2–100 А. Изменение амплитуды импульсов тока слабо влияет на их форму. Частота

НИИ радиоэлектроники и лазерной техники Московского государственного технического университета им. Н.Э.Баумана, 107005, Москва, 2-я Бауманская, 5.

Поступила в редакцию 18 ноября 1994 г.

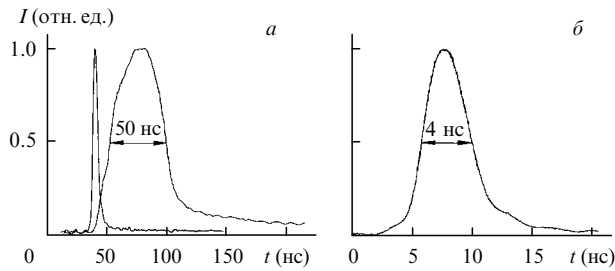


Рис.1. Осциллограммы длинного (*a*) и короткого (*a, б*) импульсов излучения матрицы инжекционных лазеров.

следования импульсов без ухудшения их параметров составляла 1 кГц. В источнике накачки матриц лазеров предусмотрена плавная регулировка взаимного временного положения импульсов тока.

Эксперименты показали, что практически вся энергия наносекундного импульса тока затрачивается на достижение порога генерации матрицы лазеров. Так, при амплитуде короткого (3 нс) импульса 30 А мощность излучения матрицы, содержащей 75 лазеров, составила 10–15 Вт, а в матрицах со 150 лазерами режим лазерной генерации вообще не наблюдался. Для увеличения мощности короткого импульса излучения применена импульсная преднакачка матрицы, обеспечивающая достижение порога генерации до момента формирования короткого импульса тока. В качестве импульса преднакачки использовался длинный импульс тока. В результате оптимизации его амплитуды и временного положения для матрицы, содержащей 150 лазеров, получен короткий импульс излучения мощностью 450 Вт. Изменение временной задержки короткого импульса тока относительно импульса преднакачки в пределах ± 15 нс приводило к увеличению длительности короткого импульса излучения и уменьшению его амплитуды на 30%. Оптическая мощность матрицы регистрировалась измерителем ИМО-2Н.

На рис. 1,*a* представлены длинный и короткий импульсы излучения матрицы из 150 лазеров, зарегистрированные с помощью стробоскопического преобразователя Я4С-88 и фотодиода ФД-252-01 с экспериментально измеренным временем нарастания 1 нс. На рис. 1,*б* изображен полученный при оптимальной преднакачке короткий импульс излучения. Его мощность 450 Вт, длительность по уровню 0.5 менее 4 нс, длительность фронта не более 2 нс.

Описанный выше генератор импульсов тока использовался в экспериментальной установке для исследования пространственно-временных характеристик излуче-

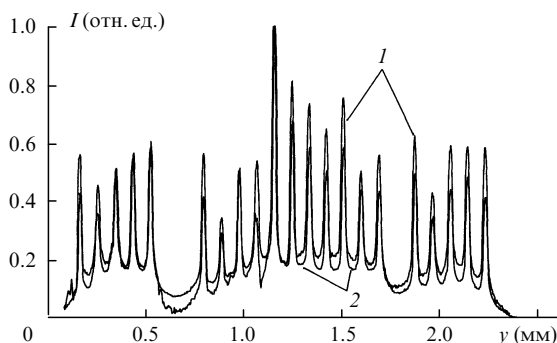


Рис.2. Профили распределения интенсивности излучения в ближнем поле матрицы инжекционных лазеров в режиме генерации длинного (*1*) и короткого (*2*) импульсов излучения.

ния матрицы лазеров. Излучение матрицы регистрировалось фотодиодом ФД-252-01. Последний закреплялся на двухкоординатном устройстве, которое перемещало его в плоскости, параллельной плоскости матрицы. Сигнал с выхода фотодиода поступал на стробо-скопический преобразователь, сопряженный с ПЭВМ IBM PC, которая управляет устройством перемещения фотодиода. Импульс синхронизации развертки преобразователя формировался еще одним фотодиодом, на который подавалась часть излучения матрицы. Специальная оптическая система была использована для формирования на запускаящем фотодиоде поля засветки, близкого к равномерному, обеспечивая тем самым сложение мощности излучения каждого излучателя матрицы. Предельное быстродействие измерительного комплекса определялось временными характеристиками регистрирующего фотодиода ФД-252-01.

Определение потенциальных возможностей матрицы по формированию коротких импульсов излучения и точности измерения расстояний импульсным методом проводилось путем измерения амплитуды и времени задержки импульсов излучения, регистрируемых в разных точках пространства. Время задержки определялось относительно импульса синхронизации с выхода запускающего фотодиода. Такая методика измерений обеспечивает независимость результатов измерений времен задержек в различных точках пространства от флуктуаций моментов начала генерации отдельных лазеров.

Временная привязка к регистрируемому импульсу излучения осуществлялась по методу «следящего» порога [5], который устанавливался на уровне 0.5 от его максимальной амплитуды. Для уменьшения влияния шума преобразования на точность измерений использовалось пятиточечное сглаживание огибающей импульса при общем числе временных отсчетов 1024. В диапазоне амплитуд регистрируемых импульсов 0.05–0.5 В результирующая погрешность измерений составила 0.06 нс при шаге дискретизации стробоскопического преобразователя 0.02 нс. Исследование пространственно-временных характеристик ближнего поля излучения осуществлялось сканированием увеличенного изображения матрицы излучателей, полученного в плоскости перемещения регистрирующего фотодиода. Сканирование проводилось вдоль столбца по линии, проходящей по центрам изображений излучателей.

На рис. 2 представлены типичные профили интенсивности излучения, полученные в режимах генерации длинного (кривая 1) и короткого (кривая 2) импульсов. Видно, что при изменении режима накачки эти профили практи-

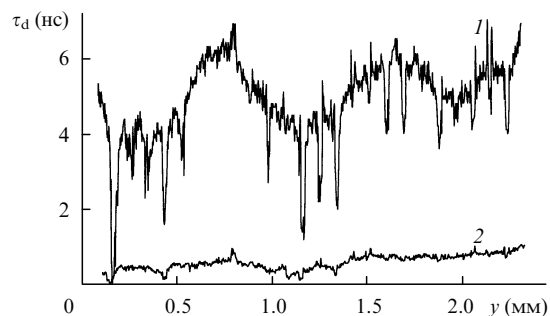


Рис.3. Профили распределения времени задержки τ_d оптического импульса в ближнем поле в режиме генерации длинного (*1*) и короткого (*2*) импульсов излучения.

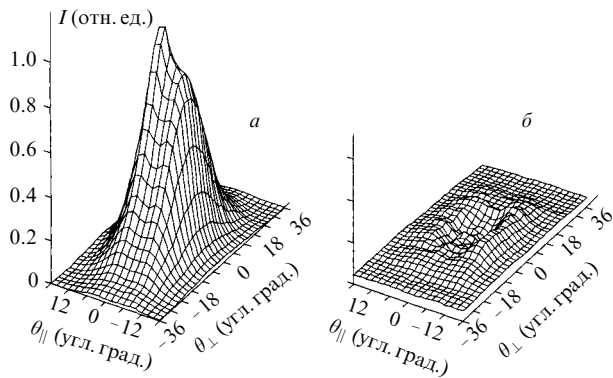


Рис.4. Распределение интенсивности излучения в дальней зоне матрицы инжекционных лазеров в режиме генерации короткого импульса (а) и разность между распределениями интенсивности в дальней зоне, полученными в режимах генерации короткого и длинного импульсов излучения (б).

чески не меняются. Вместе с тем времена задержек излучения лазера (рис.3) при генерации длинного (кривая 1) и короткого (кривая 2) импульсов существенно отличаются друг от друга, причем уменьшение длительности импульса приводит к уменьшению максимальных времен задержек от 7 до 1 нс. Это можно объяснить увеличением скорости накачки матрицы при использовании короткого импульса тока, так как длительность фронта в этом случае не превышает 1 нс, а при генерации длинного импульса она равна 10 нс.

Распределение интенсивности излучения в дальней зоне, полученное при генерации короткого импульса, изображено на рис.4,а. Угловая расходимость диаграммы направленности излучения, измеренная по уровню 0.5, составляет 18° в плоскости, параллельной гетеропереходам, и 24° – в перпендикулярной плоскости.

Измерения продемонстрировали, что диаграмма направленности излучения матрицы практически не зависит от скорости накачки. На рис.4,б представлена разность между нормированными распределениями интенсивности для короткого и длинного импульсов. Незначительное увеличение угловой расходимости излучения при генерации короткого импульса можно объяснить наличием в спектре короткого импульса излучения пространственных мод более высокого порядка, чем в спектре длинного импульса.

При обработке результатов измерений времени задержки импульса излучения в дальней зоне для уменьшения влияния случайных флуктуаций, вызванных малой амплитудой регистрируемого сигнала на краях диаграммы направленности, рассматривались только те точки пространства, в которых амплитуда импульса излучения

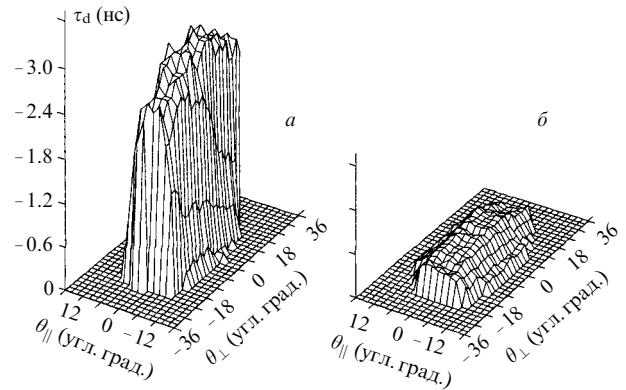


Рис.5. Распределение времени задержки импульса излучения в дальней зоне при генерации длинного (а) и короткого (б) импульсов.

превышала 0.1 от максимального значения. Исследования временной неоднородности излучения матрицы лазеров в дальней зоне показали, что при генерации длинного импульса максимальное значение разброса времен задержек достигает 3 нс и уменьшается до 0.5 нс при генерации короткого импульса (рис.5). Уменьшение практически в два раза временной неоднородности в дальней зоне по сравнению с неоднородностью ближнего поля излучения матрицы объясняется тем, что регистрируемый в определенной точке пространства импульс представляет собой сумму нескольких независимых импульсов, полученных от разных лазеров.

Авторы благодарят сотрудников НИИ «Полус» М.Н.Грудень и В.Д.Ветрова за изготовление образцов и участие в обсуждении полученных результатов.

1. Бурый Е.В., Зубцов С.А., Петров В.А. *Вестник МГТУ*, № 3, 100 (1991).
2. Harnagel G.L., Cross P.S., Scifres D.R., Welch D.R., Lennon C.R., Worland D.P., Burnham R.D. *Appl.Phys.Letts*, **49**, 1418 (1986).
3. Streifer W., Scifres D.R., Harnagel G.L., Welch D.R., Berger J., Sakamoto M. *IEEE J. Quantum Electron.*, **24**, 883 (1988).
4. Hecht J. *Laser Focus World*, № 7, 83 (1993).
5. Мелешко Е.А. *Наносекундная электроника в экспериментальной физике* (М., Энергоатомиздат, 1987).

E.V.Buryi, A.E.Kosykh. Spatial and temporal characteristics of the radiation emitted by an array of injection lasers generating nanosecond pulses.

Radiation pulses of 4 ns duration, 450 W power, and 1 kHz repetition rate were generated by an array consisting of 150 AlGaAs/GaAs injection lasers. A comparative analysis was made of the spatial and temporal characteristics of the radiation emitted by this array when it was pumped with current pulses of 50 and 3 ns duration and with the rise times 10 and 1 ns, respectively. A reduction of the rise time of the pump pulses reduced from 3 to 0.5 ns the range of changes in the delay times of the output radiation pulses at different points in a plane perpendicular to the plane of the array.