

Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

А. В. Белов, Е. М. Дианов, Исследование зависимости полных потерь в стеклянных волоконных световодах от угла ввода излучения,
Квантовая электроника, 1979, том 6, номер 2, 404–407

<https://www.mathnet.ru/qs8754>

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

Параметры загрузки:

IP: 18.97.14.91

18 мая 2025 г., 00:09:21



ветствовали различные упорядоченные распределения интенсивности излучения в плсско-сти $p-n$ -перехода, в то время как ближние поля различных продольных мод, принадлежащих одной и той же группе, полностью совпадали. Отсюда можно сделать вывод о том, что возникновение групп продольных мод в спектре излучения микрорезонатора связано с возбуждением в плоскости $p-n$ -перехода поперечных мод более высоких порядков, чем первоначально генерируемая мода.

Типичные импульсные мощности излучения, выводимого через сколотую грань резонатора, в одночастотном режиме составляли 15—20 мВт и достигали 30—35 мВт у лучших образцов.

Результаты проведенных исследований показывают возможность создания методом планарной технологии высокоэффективных лазеров с улучшенными спектральными характеристиками излучения.

1. M. K. Shams, H. Namizaki, S. Wang. *Appl. Phys. Letts*, **32**, 179 (1978).
2. M. K. Shams, H. Namizaki, S. Wang. *Appl. Phys. Letts*, **32**, 314 (1978).
3. J. L. Merz, R. A. Logan. *J. Appl. Phys.*, **48**, 3580 (1977).
4. О. В. Богданкевич, С. А. Дарзнец, П. П. Елисеев. Полупроводниковые лазеры. М., «Наука», 1977.
5. N. Matsumoto, S. Anado. *Jap. J. Appl. Phys.*, **16**, 1697 (1977).
6. А. С. Добкин, В. В. Кокорев, Г. А. Лапицкая, А. А. Плешков, О. Н. Прозоров, Л. А. Ривлин, Г. А. Сухарева, В. С. Шильдяев, С. Д. Якубович. *ФТП*, **4**, 613 (1970).
7. Ю. И. Арапов, В. И. Бородулин, В. И. Швейкин. Труды II Всесоюз. симп. Новосибирск, 1970, с. 625.

Физический институт
им. П. Н. Лебедева АН СССР, Москва

Поступило в редакцию
1 октября 1978 г.

Yu. L. Bessonov, V. I. Borodulin, N. A. Vagner, M. V. Zverkov, V. P. Kopyaev, V. N. Morozov, S. A. Pashko, A. S. Semyonov, A. B. Sergeev, O. A. Utkina. **An Injection Heterostructure Laser With a Small Resonator Length.**

A design is suggested of an injection heterostructure laser with a small resonator length. Results are presented of experimental investigations into space-spectral characteristics of the radiation from samples with the resonator length of 30—100 μ . Feasibility is demonstrated of employing the planar technology method to produce lasers operating under conditions close to the single-frequency ones. It is shown that excitation of spatial modes in the $p-n$ junction plane results in broadening of the emission spectrum. Single-frequency pulsed laser action has been realized with the emission line half-width of 0.2 nm and the radiation pulse power of 30 mW.

«Квантовая электроника», 6, № 2 (1979)

УДК 681.7.068.4

А. В. Белов, Е. М. Дианов

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОЛНЫХ ПОТЕРЬ В СТЕКЛЯННЫХ ВОЛОКОННЫХ СВЕТОВОДАХ ОТ УГЛА ВВОДА ИЗЛУЧЕНИЯ

Исследована зависимость полных потерь в стеклянных волоконных световодах от угла ввода излучения. В статье показано, что подбирая угол ввода излучения и контролируя распределения интенсивности излучения в дальней зоне можно измерять полные потери в стационарном модовом режиме. Измеренное значение полных потерь в этом случае хорошо согласуется с величиной полных потерь, измеренной методом обратного рассеяния света.

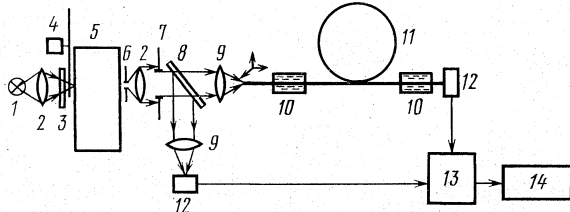
В многомодовых волоконных световодах со ступенчатым профилем показателя преломления каждая распространяющаяся мода имеет различный коэффициент ослабления, причем моды высшего порядка, распространяющиеся под углами, близкими к предельному, имеют потери в десятки раз больше, чем моды низшего порядка [1]. При распространении излучения вдоль волокна эти дифференциальные потери компенсируются модовой конверсией. Когда полная компенсация достигается, каждая мода имеет одина-

ковое ослабление и передача идет при стационарном модовом распределении [2]. Только при достижении такого распределения пропускание световода является экспоненциальной функцией его длины. Длина установления стационарного модового распределения является характеристикой волокна и для различных волокон может меняться в широких пределах от 10 до 1000 м и более.

Таким образом, величина полных потерь волоконных световодов, измеренная из пропускания отрезков волокна различной длины, зависит от угла конуса вводимых лу-

Рис. 1. Установка для измерения зависимости спектров полных потерь от угла ввода излучения:

1 — вольфрамовая лампа; 2 — объектив; 3 — светофильтр; 4 — модулятор; 5 — монохроматор МДР-2; 6 — диафрагма 200 мкм; 7 — ирисовая диафрагма; 8 — делительная пластинка; 9 — микрообъектив; 10 — кюветы с иммерсионной жидкостью; 11 — световод; 12 — фотоприемник (ФД-7Г); 13 — усилитель, выполняющий операцию $\lg u_1/u_2$; 14 — самописец.



чей, если длина короткого куска световода меньше, чем длина установления стационарного модового распределения [3]. Для измерения полных потерь в волоконных световодах при стационарном модовом распределении достаточно подобрать такой угол конуса лучей, чтобы угловая ширина распределений интенсивности излучения в дальней зоне после длинного и короткого куска волокна совпадали.

В последнее время все более широкое применение для измерения полных потерь в волоконных световодах находит метод, основанный на анализе обратного рассеяния в световоде [4]. Для этого в качестве источника излучения обычно используется импульсный полупроводниковый лазер на основе GaAs с длительностью импульса ~ 100 нс. Излучение от лазера вводится в волокно либо через специально сделанное конусообразное сужение, либо непосредственно с торца волокна. В первом случае излучение, рассеянное в обратном направлении, регистрируется с входного торца волокна [42], во втором — отводится на фотоприемник с помощью делительной пластинки [5]. Анализируя распределение рассеянного назад излучения по длине световода, можно получать обширную информацию о волокне, например, определять длину и полные потери световода, потери на стыковку, оценивать качество вытяжки, конверсию мод и т. д. Следует отметить, что данная методика позволяет измерять зависимость затухания света по длине световода и, следовательно, определять полные потери при стационарном модовом распределении.

В данной работе были проведены исследования зависимости полных потерь в волоконных световодах от угла ввода излучения. Полные потери измерялись из пропускания отрезков волокна различной длины. Полученное значение полных потерь (при

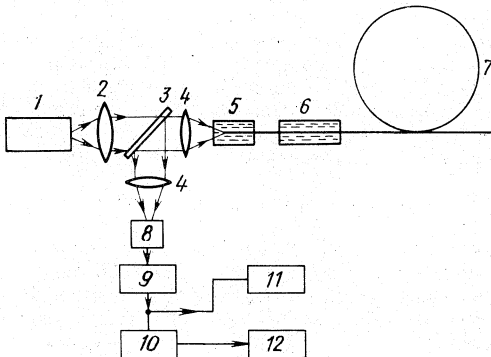


Рис. 2. Установка для измерения полных потерь методом обратного рассеяния света:

1 — полупроводниковый лазер; 2 — объектив; 3 — делительная пластинка; 4 — микрообъектив; 5, 6 — кюветы с иммерсионной жидкостью; 7 — световод; 8 — фотоприемник (ЛФД-2); 9 — усилитель; 10 — Voxcar integrator; 11 — осциллограф; 12 — самописец.

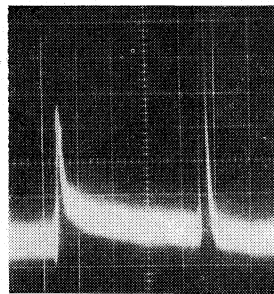


Рис. 3. Осциллограмма сигнала обратного рассеяния света в световоде. Масштаб по вертикальной оси 20 мВ/см. Скорость развертки $\sim 1,2$ мкс/деление.

стационарном модовом распределении) сравнивается с величиной полных потерь, измеренной методом обратного рассеяния света.

Зависимость полных потерь в волоконных световодах от угла конуса вводимых лучей исследовалась в спектральном диапазоне 0,6—1,2 мкм, а измерение их производилось автоматически с непосредственной записью на самописец. Для автоматической записи спектров таких потерь была разработана электронная схема на операционных усилителях серии 284, позволяющая производить операцию логарифмирования отношения двух сигналов. Динамический диапазон логарифмирования 40 дБ. Схема установки для измерения спектров полных потерь в зависимости от числовой апертуры ввода приведена на рис. 1.

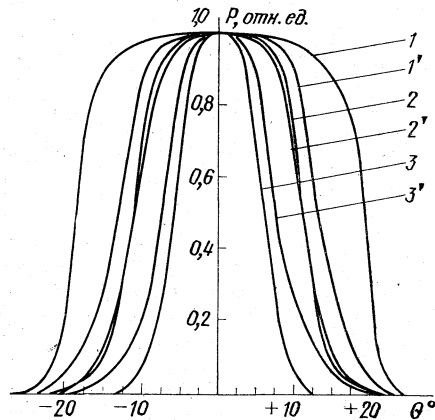


Рис. 4. Распределения интенсивности излучения в дальней зоне при различных углах ввода:

1, 2, 3 — распределения интенсивности излучения в дальней зоне при углах ввода 0,4, 0,22, 0,12 после 5 м световода; 1', 2', 3' — соответственно при тех же углах ввода после 500 м световода.

световода. Расположенный между этими импульсами участок несет информацию о распределении рассеянного назад излучения по длине световода. Запись на самописец сигнала, соответствующего рассеянному назад излучению, осуществлялась с помощью прибора Voxcar integrator, Model 162, работающего в сканирующем режиме.

Измерения проводились на двух образцах волоконных световодов с сердцевинкой из $\text{GeO}_2 + \text{SiO}_2$ и с оболочкой из SiO_2 (образец № 214), либо с боросиликатной оболочкой (образец № 183) [6, 7]. Внешний диаметр волокон равен 130 мкм, диаметр сердцевинки 40 мкм, толщина боросиликатной оболочки (образец № 183) 15 мкм, длина волокон 0,5 км.

Распределения интенсивности излучения в дальней зоне для образца № 183 приведены на рис. 4. Из рисунка видно, что только при угле ввода $\sim 0,22$ распределения интенсивности практически совпадают после длинного и короткого кусков волокна. В этих условиях все моды имеют практически одно и то же затухание, а потери, измеренные для этого режима, будут близки к стационарным. Таким образом, подбирая угол конуса вводимых лучей, можно измерять потери при стационарном распределении, хотя длина короткого куска волокна значительно меньше, чем длина установления стационарного режима:

Спектры полных потерь для образца № 183, измеренные при различных углах ввода, приведены на рис. 5.

Измерение распределений интенсивности излучения в дальней зоне и полных потерь от угла ввода были проведены также для второго образца световода (№ 214). Для данного световода наблюдалась значительно меньшая конверсия мод, чем для образца № 183; к тому же расходимость излучения на выходе длинного и короткого кусков волокна (при угле ввода излучения 0,4) отличались всего на 10%. Поэтому подобрать такой угол ввода, чтобы распределения интенсивности излучения в дальней зоне после длинного и короткого кусков волокна совпадали, было затруднительно. По этой причине измерения полных потерь для образца № 214 производилось всего при двух углах ввода 0,12 и 0,4. Полные потери при угле ввода 0,4 превышали полные потери при угле 0,12 на 2 дБ/км практически во всем исследуемом спектральном диапазоне 0,6—1,2 мкм.

На рис. 6 приведено распределение интенсивности рассеянного назад излучения по длине световодов. Полные потери для образца № 183 достигают стационарного значения 8,5 дБ/км на длине ~ 150 м. На начальном участке величина полных потерь ~ 10 дБ/км. Величина полных потерь в этом световоде, измеренная из пропускания ку-

сков волокна различной длины при стационарном модовом распределении, равна 8,8 дБ/км.

Для образца № 214 средняя величина полных потерь, измеренная методом обратного рассеяния, равна 6,4 дБ/км. Для этого световода наблюдалось незначительное изменение интенсивности обратного рассеяния по длине световода. Полные потери при углах ввода 0,4 и 0,12, измеренные методом обламывания волокна, при $\lambda=0,87$ мкм равны 7,2 и 5 дБ/км, соответственно. Можно предположить, что полные потери при стационарном модовом распределении будут приблизительно равны 6 дБ/км.

Проведенные исследования по измерению полных потерь в ступенчатых волоконных световодах показывают, что полные потери, измеренные из пропускания кусков световодов различной длины, зависят от угла ввода излучения. Причем для некоторых образцов световодов наблюдалось значительное изменение полных потерь от числовой апер-

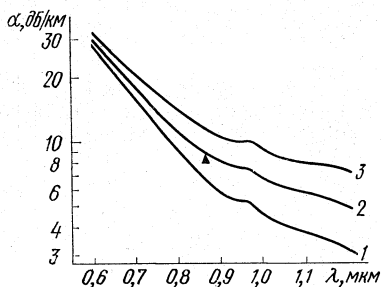


Рис. 5. Спектры полных потерь в зависимости от угла ввода излучения:

1, 2, 3 — спектры полных потерь при углах ввода 0,12, 0,22, 0,4; ▲ — величина полных потерь, измеренная методом обратного рассеяния.

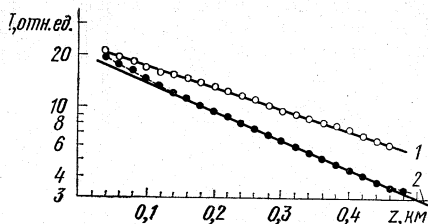


Рис. 6. Логарифмическая зависимость интенсивности обратного рассеяния по длине световодов:

1 — для образца № 124, полные потери 6,4 дБ/км; 2 — для образца № 183, полные потери 8,5 дБ/км.

туры ввода. Например, для световода с сердцевинной из $\text{GeO}_2 + \text{SiO}_2$ и с боросиликатной оболочкой при изменении полного угла ввода от 0,12 до 0,4 полные потери изменялись на 6 дБ/км практически во всем измеряемом спектральном диапазоне 0,6—1,2 мкм. В работе также показано, что подбирая угол ввода и контролируя распределения интенсивности излучения в дальней зоне можно добиться режима, когда все моды имеют одинаковые затухания, т. е. измерять полные потери при стационарном распределении. Измеренное значение полных потерь в этом случае хорошо согласуется с их величиной, измеренной методом обратного рассеяния света.

1. D. Кеск. *Appl. Optics*, **13**, 1882 (1974).
2. D. Gloge. *Bell Syst. Tech. J.*, **51**, 1767 (1972).
3. P. Kaiser. *Int. Conf. on Integrated Optics and Optical Fiber Commun.*, Japan, 1977.
4. M. Barnoski et al. *Appl. Optics*, **16**, 2375 (1977).
5. B. Costa, B. Sordo. *Third European Conf. on Optics Commun.*, München, 1977.
6. А. В. Белов и др. «Квантовая электроника», **3**, 2483 (1976).
7. А. В. Белов и др. «Квантовая электроника», **4**, 2041 (1977).

Физический институт
им. П. Н. Лебедева АН СССР, Москва

Поступило в редакцию
1 сентября 1978 г.

A. V. Belov, E. M. Dianov. A Study of Dependence of Total Losses in Glass Fiber Optical Waveguides on the Radiation Coupling Angle.

A dependence has been studied of total losses in glass fiber optical waveguides on the input radiation angle. It is shown that total losses under steady-state mode conditions may be measured by the choice of the input radiation angle and controlling the radiation intensity distribution in the far field. The measured value of total losses in this case is in good agreement with the value of total losses measured by the light backscattering method.