

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 535.8 : 666.189.211

ДИСПЕРСИЯ ИМПУЛЬСОВ
В МНОГОМОДОВОМ ОПТИЧЕСКОМ ВОЛОКНЕ
С ГРАДИЕНТНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ
ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯС. А. Багаев, М. А. Зальнов, Н. Д. Нечаев,
Д. К. Саттаров, В. Б. Смирнов и К. М. Фрейверт

В данной работе сообщается о результатах исследований деформации коротких оптических импульсов в многомодовом волокне типа градиан. M -образное распределение показателя преломления по диаметру исследованного фосфоросиликатного волокна аналогично приведенному в [1]. Измерения проведены на отрезках волокна длиной

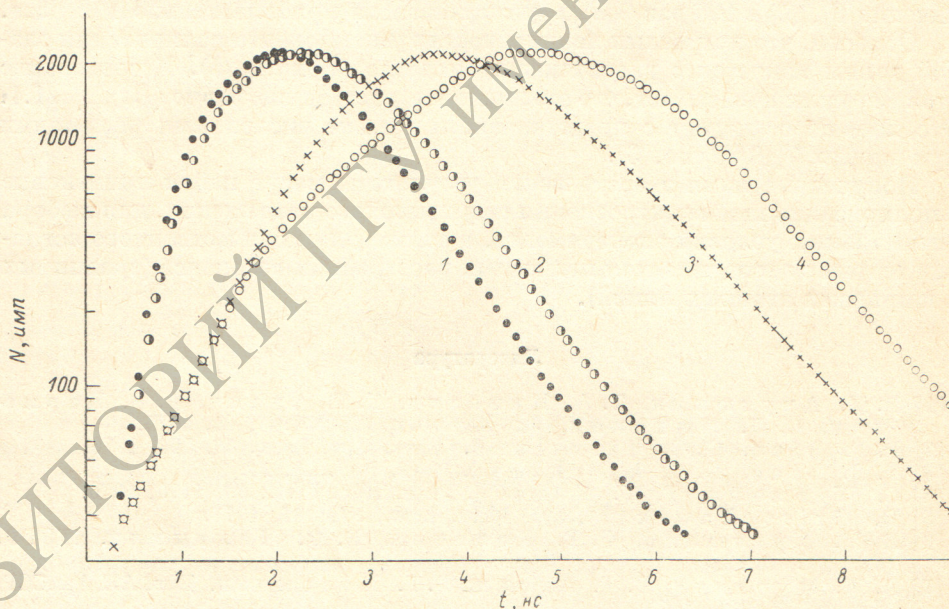


Рис. 1. Форма импульса на входе (кривая 1) и выходе из фосфоросиликатного световода длиной $L_0=50$ м при $A_{вх.}=0.1$ (кривая 2) и $L_0=630$ м при $A_{вх.}=0.05$ (кривая 3) и $A_{вх.}=0.1$ (кривая 4).

$L_0=50$ м и $L_0=630$ м, с диаметром световедущей жилы 40 мкм и наружным диаметром 130 мкм. Номинальная числовая апертура волокна $A_0=0.135$. Радиус бобины $R=113$ мм.

Деформация оптических импульсов определена методом многоканального анализа [2]. Этот метод позволяет измерить временные интервалы между событиями с точностью не хуже нескольких десятков пикосекунд в диапазоне времен до сотен наносекунд. Информация о частоте $N(t)$ их появления за время измерения T , накопленная на блоке памяти МВА, дает форму исследуемого оптического сигнала.

По измерениям формы импульса источника излучения (светодиод АЛ-106, $\lambda_{\max}=0.908$ мкм, $\Delta\lambda=150$ Å, $\tau_{0.5}=2$ нс) и импульсов, прошедших в данных условиях эксперимента исследуемый отрезок световода, определены уширение $\Delta\tau$ импульса по уровню 3 дБ, среднеквадратичная дисперсия $\sigma=\sqrt{\tau_2^2-\tau_1^2}$, где τ_1 и τ_2 — длительности по уровню 3 дБ соответственно исходного и прошедшего импульсов и удельное уширение $\Delta\tau/L_0$.

На рис. 1 в полулогарифмическом масштабе представлены исходный импульс и импульсы, прошедшие отрезки волокна длиной $L_0=50$ и 630 м. Импульсы нормированы по максимуму и смещены по началу. Импульс на выходе волокна длиной $L_0=50$ м (кривая 2) при возбуждении коническим пучком лучей с апертурой $A_{\text{вх.}}=0.1$ имеет длительность по уровню 3 дБ $\tau_2=2.285$ нс. Среднеквадратичная дисперсия $\sigma=1.1 \pm 0.2$ нс, удельное уширение $\Delta\tau/L_0=5.7$ пс/м.

На длине волокна $L_0=630$ м при $A_{\text{вх.}}=0.05$ (кривая 3) получено уширение $\Delta\tau=0.7$ нс. Среднеквадратичная дисперсия $\sigma=1.8 \pm 0.125$ нс, $\Delta\tau/L_0=1.1$ пс/м. Импульс имеет форму, близкую к симметричной, с экспоненциальными фронтами.

Одновременное возбуждение высших и низших мод в световоде длиной $L_0=630$ м при $A_{\text{вх.}}=0.1$ приводит к более заметному искажению формы импульсного отклика (кривая 4). Скорость нарастания переднего фронта импульса 3 начиная с уровня $\sim 10\%$ от максимума снижается. При этом задние фронты импульсов остаются параллельными. Уширение импульса при данных условиях на входе увеличилось до $\Delta\tau=1.37$ нс. Среднеквадратичная дисперсия $\sigma=2.69 \pm 0.095$ нс, удельное уширение $\Delta\tau/L_0=2.2$ пс/м.

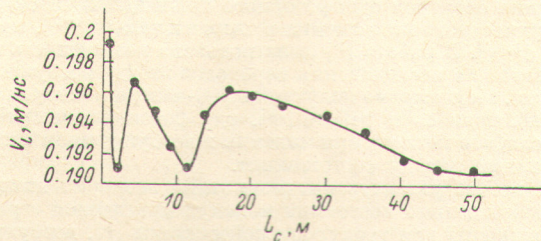


Рис. 2. Зависимость проекции на ось скорости V_L распространения импульса от длины L_0 световода.

Дальнейшее увеличение апертурного угла конуса лучей на входе ($A_{\text{вх.}}=0.44$) практически не изменило форму прошедшего импульса.

Нами измерена также форма выходного импульса при падении конуса лучей с апертурой 0.05 под углом $\alpha=3^\circ$ к оси входного торца волокна. В этом случае излома переднего фронта не наблюдалось, импульс на выходе аналогичен по форме и длительности импульсу 3.

Одновременно с временными исследованиями проведено измерение полных энергетических потерь при насыщении собственной числовой апертуры волокна. Получено значение затухания $\alpha=8$ дБ/км.

На отрезке волокна длиной $L_0=50$ м при $A_{\text{вх.}}=0.1$ проведено также измерение зависимости от длины волокна проекции на его ось скорости V_L распространения импульса. Последняя определена по изменению положения максимума прошедшего импульса на калиброванной временной шкале при последовательном уменьшении начальной длины L_0 .

Известно, что результирующий импульс детектора есть линейная суперпозиция импульсов, переносимых отдельными модами. В формировании максимума импульсного отклика участвует некоторая группа мод, зависящая от апертуры пучка лучей на входе световода и степени его оптико-геометрической регулярности. Таким образом, зависимость $V_L(L_0)$ характеризует трансформацию модовой структуры распространяющегося по световоду излучения. В реальных световодах и со ступенчатым, и с градиентным профилем показателя преломления эта зависимость имеет осциллирующий характер. Из рис. 2 видно, что на начальных метрах исследованного волокна, где индикатриса светораспределения шире и где конверсия энергии одних мод в другие (в том числе в вытекающие) выражена более ярко, частота осцилляции больше. С увеличением длины световода скорость распространения импульса плавно уменьшается, что свидетельствует о некоторой стабилизации излучения в больших углах распространения. На этот факт указывает и излом переднего фронта импульса 4 (рис. 1). Здесь большая скорость нарастания переднего фронта, соответствующая регистрации группы низших мод, уже на уровне 10% от максимума замедляется, так как дальнейшее формирование переднего фронта осуществляется только группой высших мод.

По-видимому, представляет интерес изучение зависимости $V_L(L_0)$ на больших длинах этого волокна с целью экспериментального определения длины установления стационарного режима распространения излучения.

Литература

- [1] Ю. В. Гуляев, В. В. Григорьянц, Г. А. Иванов, В. Т. Потапов, В. П. Соснин, Д. П. Трегуб, Ю. Г. Чаноровский, Б. Б. Эленкриг, Н. А. Коренева. Квант. электр., 4, № 11, 1977.
- [2] В. Б. Смирнов, С. А. Багаев, М. А. Зальнов, Н. Д. Нечаев, Д. К. Саттаров, К. М. Фрейверт. Квант. электр., 1979.

Поступило в Редакцию 23 марта 1978 г.