

В. И. МИРГОРОДСКИЙ, С. В. ПЕШИН

(Фрязино Московской)

О ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ КОММУТАТОРОВ ОПТИЧЕСКИХ КАНАЛОВ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ОБЪЕМНЫХ АКУСТООПТИЧЕСКИХ ДЕФЛЕКТОРОВ

Коммутация каналов оптической связи, в особенности волоконно-оптических линий, является весьма насущной научно-технической задачей. Предлагаемое сообщение посвящено исследованию физических ограничений, возникающих при решении данной задачи на базе использования акустооптических (АО) дефлекторов.

Так как в АО дефлекторах угол дифракции света на акустических волнах зависит как от частоты звука f , так и от частоты света ν_0 , то при больших потоках света D звуком со скоростью v , а f_0 — средняя частота звука в дефлекторе. Обычно τ составляет 1—10 мкс, а $f_0 \approx 10^8$ Гц, что при подстановке дает $\Delta\nu/\nu_0 < 10^{-3}$ — 10^{-2} , а учитывая, что для видимого излучения $\nu_0 \approx 5 \cdot 10^{14}$ Гц, окончательно получаем $\Delta\nu < 5 \cdot 10^{11}$ — $5 \cdot 10^{12}$ Гц.

Поскольку базовым элементом для коммутации линий связи являются коммутаторы типа $N \times N$, позволяющие соединять в произвольном порядке N входных каналов с N выходными, дальнейший анализ целесообразно проводить именно для таких устройств, пример реализации которых на основе АО дефлекторов приведен в [1]. Схема АО коммутатора каналов типа $N \times N$ в соответствии с [1] включает в себя N дефлекторов на входе, которые задают направления подаваемых на них лучей для обеспечения необходимого порядка коммутации и N дефлекторов на выходе, которые направляют приходящие на них лучи в каналы связи.

Для экспериментов с использованием объемных АО дефлекторов эта схема была дополнена элементами связи и фильтрации на входе и выходе и оптической системой, расположенной между входными и выходными дефлекторами (схема приведена на рис. 1). Назначение элементов связи на входе состоит в преобразовании мод колебаний излучения в каналах к оптимальному виду для АО взаимодействия, а на выходе — в обратном преобразовании излучения для оптимального его введения в каналы связи. Фильтры, представляющие собой диафрагмы, осуществляют пространственную и угловую селекцию излучения для уменьшения перекрестных помех между каналами. Оптическая система, расположенная между входными и выходными дефлекторами, служит для компенсации дифракционной расходимости коммутируемых лучей при их распространении, что обеспечивает оптимальные условия для работы выходных дефлекторов.

Как видно из рис. 1, приведенная схема является симметричной, т. е. входные каналы могут быть выходными и наоборот. Одним из важнейших параметров коммутатора является максимально возможное количество коммутируемых

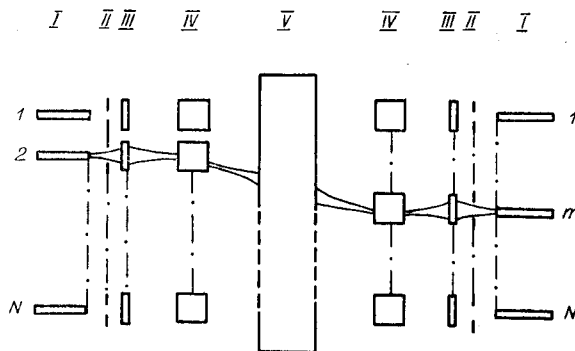


Рис. 1. Схема коммутатора $N \times N$ (ход луча показан искаженно):

I — волоконно-оптические каналы; II — элементы пространственной фильтрации; III — элементы связи; IV — акустооптические дефлекторы; V — оптическая система; 1, 2, ..., m, ..., N — номера коммутируемых каналов

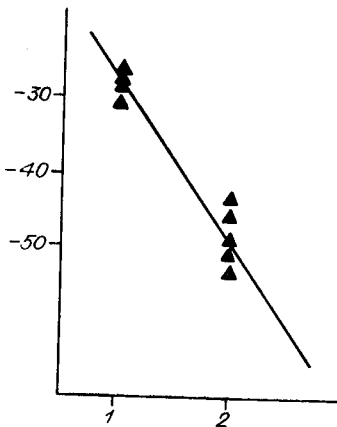


Рис. 2. Зависимость величины развязки между каналами от расстояния.

Расстояние между каналами выражено в диаметрах оптических лучей на дефлекторах

каналов, которое обычно ограничивается допустимыми значениями перекрестных помех между каналами. Поскольку такие помехи определяются обычно различного рода погрешностями систем (например, рассеянием света оптическими неоднородностями поверхностей и объемом кристаллов и т. д.), теоретический анализ которых сопряжен с рядом трудностей, для определения величины этих помех был поставлен эксперимент. Измерялись переходные помехи между каналами в зависимости от их пространственного разнесения, задаваемого частотами управляющих дефлекторами сигналов. Результаты измерений представлены на рис. 2, где по оси абсцисс отложено расстояние между соседними каналами в области расположения дефлекторов, выраженное в диаметрах лучей на дефлекторах, а по оси ординат — паразитное проникновение излучения из канала в канал, выраженное в децибелах, по отношению к уровню интенсивности излучения в каналах. Из рис. 2 видно, что при расположении каналов на расстояниях, равных их диаметрам, величина переходного затухания составляет около 26 дБ; при увеличении расстояний до двух диаметров лучей затухание увеличивается до ≈ 50 дБ. Дальнейшее разнесение каналов приводит к еще большему увеличению затухания между каналами, так что при расстоянии, соответствующем трем диаметрам, величина затухания из-за недостаточной чувствительности фотоприемников была определена лишь оценочно и составила более 70 дБ. Из полученной зависимости несложно представить максимальное количество коммутируемых каналов исходя из допустимого уровня перекрестных помех $N_{\max} \leq 26\tau\Delta f/B$, где τ — быстродействие дефлекторов; Δf — рабочая полоса частот; B — выраженный в децибелах допустимый уровень перекрестных помех.

Проведенные измерения были выполнены с использованием дефлекторов из парателлуриата, работающих на «медленной» ультразвуковой волне ($v = 6,17 \times 10^4$ см/с) в диапазоне частот 110–150 МГц. Эффективность дифракции (для циркулярного лазерного излучения с длиной волны $\lambda = 0,63$ мкм) достигала 60–80% и ограничивалась тепловым режимом работы дефлекторов. Управляющая мощность при максимальной дифракционной эффективности составляла 0,5–0,8 Вт для разных экземпляров. Такие параметры дефлекторов, как показывает анализ литературы [2–4], не являются предельно достижимыми, однако отражают современный уровень в этой области.

Следует отметить, что поскольку в реальных линиях связи используется неполяризованный свет, то для обеспечения минимальных потерь излучения при коммутации целесообразно использовать дефлекторы, эффективность которых не зависит от поляризации излучения, изготовленные, например, на основе кристаллов молибдата свинца. Применение в данной работе поляризационно чувствительных дефлекторов из парателлуриата обусловлено целым рядом удобств, связанных с малой скоростью звука и технологичностью этого материала, а также тем, что полученные таким образом результаты могут быть применены, на наш взгляд, и для анализа поляризационно нечувствительных систем, с той лишь разницей, что в поляризационно чувствительных коммутаторах общие потери излучения должны быть на 3 дБ больше, чем в поляризационно нечувствительных.

Для проверки возможности практической реализации коммутатора был изготовлен макет устройства типа $N \times N$. Конструктивно дефлекторы коммутатора были объединены в два блока по 11 расположенных один над другим дефлекторов в каждом блоке. Диаметр лучей в области АО взаимодействия $\approx 0,6$ мм, каналы разнесены друг от друга на расстояние $\approx 2,7$ мм, что составляет около 3,5 диаметров лучей. Испытания показали, что затухание сигнала при коммутации составляло менее 10 дБ при уровне переходных помех между каналами более 70 дБ и управляющей мощности на одно соединение около 1,5 Вт.

Таким образом, представленные результаты демонстрируют возможность успешного использования объемных АО дефлекторов для целей коммутации каналов оптической связи. Стоит отметить возможность построения таких систем на основе матриц двухкоординатных дефлекторов, которые хоть и требуют более сложного управления, однако позволяют коммутировать значительно большее количество каналов. Например, замена в представленном макете линеек дефлекторов на матрицы в принципе должна позволить коммутировать более 100×100 каналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pat. 3.990.780 (USA). Optical switch/M. L. Dakss.— Publ. 09.11.76.
2. Hecht D. L., Petrie G., Wofford S. Multifrequency acoustooptic diffraction in optically birefringent media // IEEE Ultrason. Symp. Proc.— 1979.— P. 46–50.
3. Реклама фирмы “Intraaction Corporation” (USA) // Photonics Spectra.— 1983.— V. 17, N 4.— P. 97.
4. Реклама фирмы «Inrad» (USA) // Laser Application.— 1984.— V. 3, N 4.— P. 51.

Поступило в редакцию 17 апреля 1986 г.