

Изменением профиля показателя преломления волночного С. можно сместить нуль дисперсии в область вблизи 1,55 мкм, где расположен абс. минимум оптич. потерь. Такие волночные С. (со смещённой дисперсией) разработаны и находят большое применение в широкополосных системах дальней оптич. связи. Разработаны волночные С. более сложной конструкции, напр. многоослойные С., в т. ч. с сильным двулучепреломлением. Одномодовые С. последнего типа перспективны для применений, где необходимо сохранить поляризацию распространяющегося света.

Хотя стеклянные волночные С. первоначально разрабатывались в качестве линейной передающей среды для систем оптич. связи, оказалось, что они являются перспективным нелинейным материалом. Оптическая нелинейность в стеклянных волночных С. возникает в результате зависимости показателя преломления  $n$  от интенсивности лазерного излучения  $I$ :  $n = n_0 + n'I$ , где  $n_0$  — линейная часть показателя преломления при произвольно низких значениях интенсивности, не зависящая от интенсивности;  $n'I$  — нелинейная добавка,  $n'$  — коэф., величина  $k$ -рога для кварцевого стекла равна  $3,2 \cdot 10^{-16}$  см<sup>2</sup>/Вт. Малая величина  $n'$  для кварцевого стекла показывает, что оно не является хорошим нелинейным материалом. Однако, когда стекло используется в виде волночного С., нелинейность может иметь большой эффект, что связано с малым сечением сердцевин одномодового волночного С.  $\sim 10^{-6}$  см<sup>2</sup>. Это означает, что при введении в С. лазерного излучения мощностью 1 Вт интенсивность  $I \sim 1$  МВт/см<sup>2</sup>. Такая высокая интенсивность сохраняется на больших длинах С. вследствие его низких оптич. потерь, обеспечивая длину взаимодействия высокоинтенсивного излучения с веществом вплоть до неск. км. В результате в стеклянных волночных С. эффективно протекают разнообразные нелинейные процессы при пороговых мощностях 1–10 мВт.

Наиб. интересным нелинейным эффектом, имеющим большое практич. значение, является солитонный режим распространения оптич. импульсов в волночных С. в спектральной области отрицательной дисперсии групповой скорости ( $\lambda > 1,3$  мкм, рис. 2, б).

В идеальном С. без потерь оптический солитон распространяется без изменения своей формы. Поэтому солитоны перспективны как носители информации в широкополосных и протяжённых волоконно-оптич. системах связи. Разработаны лаб. солитонные системы связи, к-рые, как полагают, могут использоваться в коммерч. сетях связи в нач. 21 в.

При практич. использовании волночных С. важной их характеристикой является механическая прочность.

Теоретич. прочность на разрыв нитей из кварцевого стекла составляет 20–25 ГПа, макс. прочность С. на основе кварцевого стекла, защищённых полимерной плёнкой, равна 5–6 ГПа. Прочность высококачеств. волночных С. зависит от поверхностных дефектов стекла (трещин, раковин и т. д.), к-рые в присутствии влаги под действием приложенных к С. напряжений увеличиваются, достигая уровня, при к-ром происходит разрушение С. Один из эффективных способов повышения прочности С. — нанесе-

ние на С. герметичных покрытий в процессе их изготовления. Нанесение металл. герметичных покрытий позволило получить лаб. образцы С. с прочностью до 12–15 ГПа. На рис. 3 приведены ф-ции распределения прочности волночных С. с полимерными (а) и металл. (б) покрытиями.

**Изготовление и применение световодов.** Волокновые С. на основе кварцевого стекла с низкими оптич. потерями изготавливают методом хим. осаждения из газовой фазы. В качестве исходных соединений используются кислород и хлориды кремния, германия, фосфора и др. Получаемая этим методом заготовка диам. 20–30 мкм и длиной 400–1000 мм перетягивается в волночный С. диам.  $\approx 100$  мкм с одновременным нанесением на него защитно-упрочняющей оболочки.

Кроме кварцевого стекла для волночных С. используют также др. прозрачные в видимой и ИК-областях спектра материалы — многокомпонентные кислородные стёкла, бескислородные стёкла, полимеры и кристаллы. Однако волночные С. на основе кварцевого стекла обладают наименьшими оптич. потерями и наивысшей механич. прочностью, поэтому они нашли самое широкое применение.

В 1990 в мире произведено св. 5 млн. км волночных С. для волоконно-оптич. систем связи. В 1988 проложена первая цифровая подводная волоконно-оптич. система связи между Америкой и Европой, а в 1989 — трансокеанская волоконно-оптич. система Америка — Гавайские острова — Япония. В кон. 20 в. б. ч. телефонных разговоров на Земле производится по волночным С.

В 80–90-х гг. разработаны волночные С., легированные эрбием, перспективные в качестве активной среды в волоконных усилителях, накачиваемых излучением полупроводниковых лазеров. Эрбиевые волночные усилители работают в спектральной области вблизи 1,55 мкм, совпадающей с областью мин. оптич. потерь совр. С., и являются альтернативой электронным ретрансляторам в широкополосных волоконно-оптич. системах дальней связи.

Для интегральной оптики разработаны диэлектрич. волноводы — С., представляющие собой тонкую (порядка  $\lambda$ ) плёнку, нанесённую на подложку. Условие волнового режима распространения излучения заключается в том, что показатель преломления плёнки больше показателей преломления подложки и среды над волноводом. Диэлектрич. С. этого типа изготавливают методом катодного распыления материала волновода на подложку, методом эпитаксиального наращивания из жидкой или газообразной фазы, методом ионной имплантации.

Лит.: Мидвинтер Дж., Волокновые световоды для передачи информации, пер. с англ., М., 1983; Хансперджер Р., Интегральная оптика, пер. с англ., М., 1985; Дианов Е. М., Волоконная оптика: проблемы и перспективы, «Вестник АН СССР», 1989, № 10, с. 41; Десятых Г. Г., Дианов Е. М., Волоконно-оптическая связь: 20 лет спустя, там же, 1990, № 6, с. 143; Дианов Е. М., Прохоров А. М., Оптическая связь на основе нелинейных явлений в волночных световодах, там же, 1990, № 10, с. 42.

Е. М. Дианов.

**СВЕТОВОЕ ДАВЛЕНИЕ** — см. Давление света.

**СВЕТОВОЕ ПОЛЕ** — поле светового вектора, пространственное распределение световых потоков. Теория С. п. — раздел теоретич. фотометрии. Осн. характеристики С. п. — световой вектор, определяющий величину и направление перевода световой энергии, и скалярная величина — ср. сферич. освещённость, определяющая объёмную плотность световой энергии в исследуемой точке поля. Распределение освещённости находят, применяя общие методы расчёта пространственного распределения светового потока. В теории С. п. используют понятие о световых линиях, аналогично понятию силовых линий в классич. теории эл.-магн. поля. С. п. исследуют методами фотометрии; при этом не учитывают квантовую природу света, принимая, что распределение энергии в С. п. непрерывно во времени и пространстве.

Лит. см. при ст. Фотометрия.

Л. Н. Капоретий.

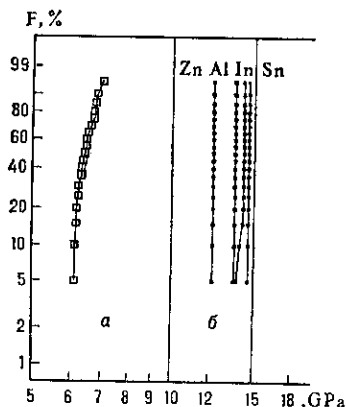


Рис. 3. Функции распределения прочности волночных световодов на основе кварцевого стекла с полимерными (а) и металл. (б) покрытиями.