

ичивость $\chi^{(3)}$ связана с нелинейным показателем преломления $n_{нл}$ след. соотношением: $n_{нл} = (2\pi/n) \chi^{(3)}$. Величина $n_{нл}$ плавленого кварца велика: $n_{нл} \sim 10^{-13}$ в системе единиц CGSE. Однако уменьшение диаметра сердцевинки (до ~ 10 мкм) и низкие оптич. потери ВС позволяют поддерживать высокую интенсивность оптич. излучения ($\sim 10^{10}$ Вт/см²) на длинах световода более 1 км, и поэтому в ВС легко наблюдать разл. нелинейные явления. Напр., 1-я стоксова компонента вынужденного комбинац. рассеяния света (ВКР, см. *Вынужденное рассеяние света*) наблюдается при мощности накачки в песок сотен мВт. Спектр комбинац. рассеяния в кварцевых стёклах широк, и с помощью дисперс. элемента можно получать перестройку частоты порядка 300 см⁻¹. На основе ВКР созданы перестраиваемые волоконные генераторы лазерного излучения в ближней ИК-области спектра.

Вынужденное *Манделштама — Бриллюэна* рассеяние (ВРМБ) в ВС может наблюдаться при ещё меньших мощностях накачки, если ширина спектра накачки порядка ширины линии рассеяния Манделштама — Бриллюэна, к-рая для плавленого кварца составляет величину ~ 100 Мгц. Напр., миним. мощность при накачке аргоновым лазером, при к-рой наблюдалось ВРМБ в одномодовом световоде длиной 80 м в резонаторе, составляла 15 мВт.

В ВС наблюдаются и четырёхфотонные параметрич. процессы, в к-рых два кванта мощной накачки частоты ν_n распадаются на «стоксову» ν_c и «антистоксову» ν_{ac} компоненты. Для такого процесса необходимо выполнение фазового синхронизма $2k_n = k_c + k_{ac}$. Волноводная (межмодовая) дисперсия в ВС позволяет компенсировать материальную дисперсию в довольно широком спектральном интервале и тем самым выполнить условие фазового синхронизма. Поэтому в ВС наблюдаются четырёхфотонные процессы с частотными сдвигами ($\Delta\nu = \nu_{ac} - \nu_n = \nu_n - \nu_c$) ~ 5000 см⁻¹.

Др. нелинейное явление, наблюдаемое в ВС, — самовоздействие световых импульсов (см. *Самовоздействие света*). Т. к. показатель преломления материала световода зависит от интенсивности светового импульса, то происходит фазовая самомодуляция оптич. излучения, приводящая к уширению его спектра. Если несущая частота оптич. излучения попадает в область аномальной дисперсии материала световода и если $n_{нл} > 0$, то световой импульс при своём распространении по ВС будет сжиматься. Возможное сужение импульса определяется той шириной спектра $\Delta\omega$ импульса, к-рая получается в результате такого самовоздействия. Максимально возможное сужение импульса определяется известным соотношением $\Delta\omega \cdot \tau \approx 1$. Это явление позволяет получать сверхкороткие импульсы света в фемтосекундной области ($\sim 10^{-15}$ с). Возможна также реализация солитонного режима (см. *Солитон*) распространения оптич. импульса по ВС, при к-ром световой импульс может не менять форму или менять её периодически.

Заготовка волоконных световодов с низкими оптич. потерями изготавливается из особо чистых материалов гл. обр. методом хим. осаждения из газовой фазы (см. *Световод*). Затем из неё вытягивается ВС. Предложены новые методы изготовления кристаллич. ВС — вытягивание из расплава нитевидных монокристаллов или экструзия (выталкивание) поликристаллич. волоконных световодов.

Для передачи изображений применяются жгуты с регулярной укладкой ВС. Разрешающая способность таких жгутов определяется диаметром сердцевинки световодов, их числом и качеством изготовления и обычно составляет 10—50 линий на 1 мм. Широкое применение нашли волоконно-оптич. диски, вырезаемые поперёк из плотно спечённых ВС. Такие диски, на внутр. поверхность к-рых наносится люминофор, используются в электронно-лучевых трубках вместо входного стекла; это даёт возможность контактно фотографировать.

Высококачеств. вакуум-плотные волоконные диски диам. до 150 мм, содержащие неск. сотен миллионов ВС, обладают разрешающей способностью до 100 линий на 1 мм². Другим широко применяемым элементом ВС является фокусно-конусообразный единичный ВС либо жгут из спечённых вместе ВС обычно с плоскими торцами; используется для изменения масштаба передаваемого изображения, концентрации света в оптич. системах и т. д. (О волоконно-оптич. элементах см. также в ст. *Оптика неоднородных сред*.)

Принципиальным преимуществом ВС для оптич. связи является огромная широкополосность при низких оптич. потерях. Так, напр., стеклянные ВС в области нулевой материальной дисперсии ($\lambda \approx 1,3$ мкм) позволяют передавать сигналы с полосой пропускания ~ 100 ГГц·км при потерях < 1 дБ/км. Волоконная связь отличается также невосприимчивостью к эл.-магн. помехам, малым объёмом и весом линий передач; помогает экономить дефицитные цветные металлы.

К нач. 80-х гг. создана элементная база волоконно-оптич. систем первого поколения, разработаны и испытаны в реальных условиях разл. системы. Эти системы применяются в телефонных сетях, кабельном телевидении, бортовой связи, вычислит. технике, системах контроля и управления технол. процессами и мощными электростанциями.

Лит.: Вейнберг В. Б., Сатаров Д. К., Оптика световодов, 2 изд., М., 1977; Капани Н. С., Волоконная оптика, пер. с англ., М., 1969; Тидекен Р., Волоконная оптика и её применение, пер. с англ., М., 1975; Девятых Г. Г., Диданов Е. М., Волоконные световоды с малыми оптическими потерями, «Вестн. АН СССР», 1981, № 10, с. 54; Мидвигтер Дж. Э., Волоконные световоды для передачи информации, пер. с англ., М., 1983; Диданов Е. М., Прохоров А. М., Лазеры и волоконная оптика, «УФН», 1986, т. 148, с. 289.

Е. М. Дианов.

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ГИРОСКОП — скоростной квантовый гироскоп, основанный на использовании эффекта Саньяка — смещения интерференционных полос во вращающемся кольцевом интерферометре (см. *Саньяка опыт*). Это смещение возникает вследствие зависимости времени обхода светом вращающегося контура от скорости вращения и направления обхода. Согласно общей теории относительности, разность времени обхода вращающегося контура Δt равна:

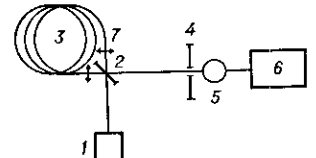
$$\Delta t = (2/c^2) \cdot \oint \Omega r^2 [1 - (\Omega r/c)^2]^{-1} d\theta, \quad (1)$$

где Ω — угл. скорость вращения, r, θ — полярные координаты точек контура. Учитывая, что $\Omega r/c \ll 1$, Δt можно записать в виде, к-рый интерпретируется в рамках нерелятивистской кинематики:

$$\Delta t = 4S\Omega \cos \varphi / c^2, \quad (2)$$

где S — площадь контура, φ — угол между осью вращения и нормалью к плоскости контура. В результате ве-

Схема волоконно-оптического гироскопа: 1 — источник света; 2 — светоделительная пластинка; 3 — катушка с оптическим волокном; 4 — диафрагма; 5 — фотоприёмник; 6 — схема обработки информации; 7 — микрообъектив.



личина сдвига интерференционных полос Δz определяется выражением:

$$\Delta z = 4S \cos \varphi / \lambda_0 c, \quad (3)$$

где λ_0 — длина волны света в вакууме. Регистрация малых угл. скоростей вращения требует большой площади контура, поэтому практич. использование эффекта Саньяка стало осуществимым лишь с появлением волоконных световодов.

Чувствительным элементом В.-о. г. является многовитковая катушка со спец. волоконным световодом, обеспечивающим стабильность поляризаций и разности