

щего, почти незаметны, однако выходя на сравнительно мелководную прибрежную область — шельф, они иногда достигают большой высоты, представляя грозную опасность для береговых поселений.

В реальных условиях В. на п. ж. не являются плоскими, а имеют более сложную пространственную структуру, зависящую от характеристик их источника. Напр., упавший в воду камень порождает круговые волны (см. *Цилиндрическая волна*). Движение судна возбуждает корабельные волны; одна система таких волн расходится от носа судна в виде «усов» (на глубокой воде угол между «усами» не зависит от скорости движения источника и близок к 39°), другая — движется за его кормой в направлении движения судна. Источники длинных волн в океане — силы притяжения Луны и Солнца, порождающие приливы, а также подводные землетрясения и извержения вулканов — источники волн цунами.

Сложную структуру имеют ветровые волны, характеристики к-рых определяются скоростью ветра и временем его воздействия на волну. Механизм передачи энергии от ветра к волне связан с тем, что пульсации давления в потоке воздуха деформируют поверхность. В свою очередь эти деформации влияют на распределение давления воздуха вблизи водной поверхности, причём эти два эффекта могут усиливать друг друга, и в результате амплитуда возмущений поверхности нарастает (см. *Атмоколебания*). При этом фазовая скорость возбуждаемой волны близка к скорости ветра; благодаря такому синхронизму пульсации воздуха действуют «в такт» с чередованием возвышений и впадин (резонанс во времени и пространстве). Это условие может выполняться для волн разных частот, бегущих в разл. направлениях по отношению к ветру; получаемая ими энергия затем частично переходит и к другим волнам за счёт нелинейных взаимодействий (см. *Волны*). В результате развитое волнение представляет собой случайный процесс, характеризуемый непрерывным распределением энергии по частотам и направлениям (пространственно-временным спектром). Волны, уходящие из области действия ветра (зыбь), приобретают более регулярную форму.

Волны, аналогичные В. на п. ж., существуют и на границе раздела двух несмешивающихся жидкостей (см. *Внутренние волны*).

В океане волны изучаются разл. методами с помощью волнографов, следящих за колебаниями поверхности воды, а также дистанц. методами (фотографирование поверхности моря, использование радио- и гидролокаторов) — с судов, самолётов и ИСЗ.

Лит.: Баском В., Волны и пляжи, [пер. с англ.], Л., 1966; Триккер Р., Бор, прибор, волнение и корабельные волны, [пер. с англ.], Л., 1969; Уизем Дж., Линеиные и нелинейные волны, пер. с англ., М., 1977; Физика океана, т. 2 — Гидродинамика океана, М., 1978; Кадомцев Б. Б., Рыдник В. И., Волны вокруг нас, М., 1981; Лайтхилл Дж., Волны в жидкостях, пер. с англ., М., 1981; Левлон П., Майсек Л., Волны в океане, пер. с англ., [ч.] 1—2, М., 1981.

Л. А. Островский.

ВОЛОКОННАЯ ОПТИКА — раздел оптики, в к-ром изучаются распространение оптич. излучения по волоконным световодам (ВС) и возникающие при этом явления.

В. о. возникла в 50-х гг. 20 в. В первые 20 лет развития в качестве элементов В. о. использовались гл. обр. жгуты световодов (с регулярной и нерегулярной укладкой) длиной порядка неск. м. Материалом для изготовления таких ВС являлись многокомпонентные оптич. стёкла; пропускание световодов в видимой области спектра составляло 30—70% на длине в 1 м. Низкий коэф. пропускания обусловлен затуханием света в стекле из-за большой концентрации примесей. Числовая апертура световодов составляет величину 0,5—1. Наиб. широкое применение для освещения труднодоступных объектов и для передачи изображений жгуты световодов нашли в приборостроении, в частности для техн. и медицинской эндоскопии. В 70-х гг. 20 в. произошло второе рождение

В. о., когда были разработаны ВС на основе кварцевого стекла с оптич. потерями ~ 1 дБ/км в ближней ИК-области спектра. (Пропускание таких световодов составляет $\sim 50\%$ при длине световода в неск. км.) Эти световоды используются в системах дальней *оптической связи*, в бортовых системах связи, системах передачи телеметрич. информации, в датчиках разл. физ. полей (магн. поля, темп-ры, вращения, акустич. волн) и др.

Волоконный световод в простейшем варианте представляет собой длинную гибкую нить, сердцевина к-рой из высокопрозрачного диэлектрика с показателем преломления n_1 окружена оболочкой с показателем преломления $n_2 < n_1$.

Характер распространения оптич. излучения по ВС зависит от его поперечных размеров и профиля показателя преломления по сечению. Так, напр., число типов колебаний (мод), к-рые могут распространяться по ВС для заданной длины волны излучения, пропорционально квадрату диаметра сердцевинки $2a$ и разности показателей преломления сердцевинки и оболочки $\Delta n = n_1 - n_2$. Уменьшая произведение этих величин, можно добиться распространения по световоду лишь

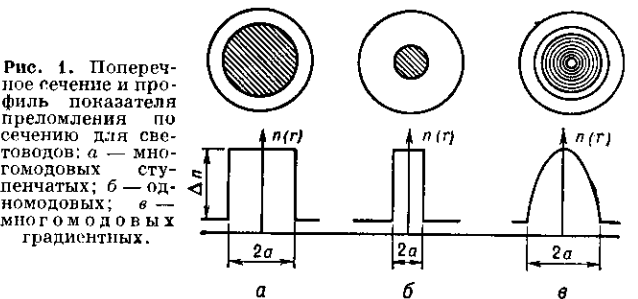


Рис. 1. Поперечное сечение и профиль показателя преломления по сечению для световодов: а — многомодовых ступенчатых; б — одномодовых; в — многомодовых с градиентным.

одной моды. В этом случае ВС наз. одномодовым. Иместя много типов структур ВС, однако к 80-м гг. 20 в. наиб. распространение получили три типа ВС (рис. 1): многомодовые со ступенчатым профилем показателя преломления, многомодовые с градиентным профилем показателя преломления и одномодовые. В одномодовых ВС обычно $2a \approx 5-10$ мкм (для ближнего ИК-диапазона), в многомодовых — от неск. десятков до неск. сотен мкм. Разность Δn для многомодовых световодов составляет $\sim 1-2\%$, для одномодовых — неск. десятых долей процента. Полный диаметр световодов составляет $\sim 10^2-10^3$ мкм.

Распространение света по ВС обусловлено полным внутр. отражением света на границе сердцевина—оболочка. Лучи, падающие на границу сердцевина—оболочка под углом $\theta \leq \theta_{кр}$, где $\sin \theta_{кр} = \frac{1}{n_1} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$, испытывают полное внутр. отражение, приводя к зигзагообразному распространению света вдоль световода

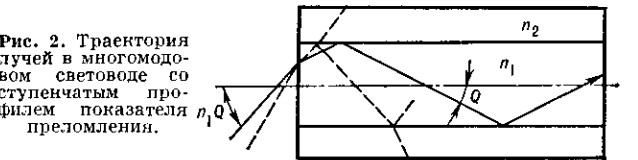


Рис. 2. Траектория лучей в многомодовом световоде со ступенчатым профилем показателя преломления.

(рис. 2). При этом угол падения луча на торец световода составляет $n_1 \theta$.

Меридиональные лучи, падающие на границу сердцевина—оболочка под углом $> \theta_{кр}$ (прерывистая линия на рис. 2), частично отражаясь на границе раздела, преломляются в оболочку и поглощаются внеш. поглощающим покрытием. Следовательно, угол $n_1 \theta_{кр} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$ является мерой способности ВС захватывать свет, и синус этого угла наз. числовой апертурой ВС.