

Генерация ультразвука. Для излучения У. служат разнообразные устройства, к-рые могут быть разделены на 2 группы — механические и эл.-механические. Механич. излучатели У. (воздушные и жидкостные свистки и сирены) отличаются простотой устройства и эксплуатации, не требуют дорогостоящей эл. энергии высокой частоты. Их недостатки — широкий спектр излучаемых частот и нестабильность частоты и амплитуды, что не позволяет использовать их для контрольно-измерит. целей; они применяются гл. обр. в промышленной УЗ-технологии и частично как средства сигнализации.

Осн. излучателями У. являются эл.-механические, преобразующие эл. колебания в механические. В диапазоне У. низких частот возможно использование эл.-динамич. и эл.-статич. излучателей. Широкое применение в этом диапазоне частот нашли магнитострикционные преобразователи, основанные на эффекте *магнитострикции*. Для излучения У. средних и высоких частот служат гл. обр. пьезоэлектрич. преобразователи, использующие явление пьезоэлектричества. Для увеличения амплитуды колебаний и излучаемой в среду мощности, как правило, применяются резонансные колебания магнитострикционных и пьезоэлектрич. элементов на их собств. частоте.

Предельная интенсивность излучения У. определяется прочностными и нелинейными свойствами материала излучателей, а также особенностями использования излучателей. Диапазон интенсивности при генерации У. в области ср. частот чрезвычайно широк; интенсивности от 10^{-14} — 10^{-15} Вт/см² до 0,1 Вт/см² считаются малыми. Для достижения больших интенсивностей, к-рые могут быть получены с поверхности излучателя, используются фокусировкой У. (см. *Фокусировка звука*). Так, в фокусе параболоида, внутр. стенки к-рого выполнены из мозаики кварцевых пластинок или из пьезокерамики, на частоте 0,5 МГц удаётся получить в воде интенсивности $U > 10^5$ Вт/см². Для увеличения амплитуды колебаний твёрдых тел в диапазоне У. низких частот часто используются стержневыми УЗ-концентраторами (см. *Концентратор акустический*), позволяющими получать амплитуды смещения 10^{-4} см.

Приём и обнаружение ультразвука. Вследствие обратимости эл. и пьезоэлектрич. эффектов эти преобразователи используются и для приёма У. Для изучения УЗ-поля можно пользоваться и оптич. методами; У., распространяясь в к.-л. среде, вызывает изменение её оптич. показателя преломления, что позволяет визуализировать звуковое поле, если среда прозрачна для света. Совокупность уплотнений и разрежений, сопровождающая распространение УЗ-волны, представляет собой своеобразную решётку, дифракцию световых волн на к-рой можно наблюдать в оптически прозрачных телах. *Дифракция света на ультразвуке* лежит в основе смежной области акустики и оптики — *акустооптики*, к-рая получила развитие после возникновения газовых лазеров непрерывного действия.

Применения ультразвука. УЗ-методы используются в физике *твёрдого тела*, в частности в физике *полупроводников*, в результате чего возникла новая область акустики — *акустоэлектроника*. На основе её достижений разрабатываются приборы для обработки сигнальной информации в микрорадиоэлектронике. У. играет большую роль в изучении структуры вещества. Наряду с методами молекулярной акустики для жидкостей и газов измерение скорости c и коэф. поглощения α используется для определения модулей упругости и диссипативных характеристик твёрдых тел. Получила развитие квантовая акустика, изучающая взаимодействие *фононов* с электронами проводимости, *магнонами* и др. *квазичастицами* в твёрдых телах.

У. широко применяется в технике. По данным измерений c и α во многих техн. задачах осуществляется контроль за протеканием того или иного процесса (контроль концентрации смеси газов, состава разл. жидкостей и т. п.). Используя отражение У. на границе разл. сред, с помощью УЗ-приборов измеряют размеры изделий (напр., УЗ-толщинометры), определяют уровни жидкостей в ёмкостях, недоступных для прямого измерения. У. сравнительно ма-

лой интенсивности ($\sim 0,1$ Вт/см²) применяется в дефектоскопии для неразрушающего контроля изделий из твёрдых материалов (рельсов, крупных отливок, качественного проката и т. д.). При помощи У. осуществляется звуковидение: преобразуя УЗ-колебания в электрические, а последние в световые, оказывается возможным при помощи У. видеть те или иные предметы в непрозрачной для света среде. Для получения увеличенных изображений предмета с помощью У. высокой частоты создан акустич. микроскоп, аналогичный обычному микроскопу, преимущества к-рого перед оптическим — высокая контрастность и возможность получать изображения оптически непрозрачных объектов. Развитие *голографии* привело к определ. успехам в области УЗ-голографии (см. также *Голография акустическая*). Важную роль У. играет в *гидроакустике*, поскольку упругие волны являются единств. видом волн, хорошо распространяющихся в морской воде. На принципе отражения УЗ-импульсов от препятствий, возникающих на пути их распространения, строится работа эхолота, *гидролокатора* и др.

У. большой интенсивности (гл. обр. диапазон низких частот) применяется в технике, оказывая воздействие на протекание техн. процессов посредством нелинейных эффектов — кавитации, акустич. потоков и др. Так, при помощи мощного У. ускоряется ряд процессов тепло- и массообмена в металлургии. Воздействие УЗ-колебаний непосредственно на расплавы позволяет получить более мелкокристаллич. и однородную структуру металла. УЗ-кавитация используется для очистки от загрязнений как мелких (часовое произ-во, приборостроение, электронная техника), так и крупных производств. деталей (трансформаторное железо, прокат и др.). С помощью У. удаётся осуществить пайку алюминиевых изделий, приварку тонких проводников к напылённым металлч. плёнкам и непосредственно к полупроводникам, сварку пластмассовых деталей, соединение полимерных плёнок и синтетич. тканей. У. позволяет обрабатывать хрупкие детали, а также детали сложной конфигурации.

У. применяется в биологии и медицине. При действии У. на биол. объекты происходит поглощение и преобразование акустич. энергии в тепловую. Локальный нагрев тканей на доли и единицы градусов, как правило, способствует жизнедеятельности биол. объектов, повышая интенсивность процессов обмена веществ. Однако более интенсивные и длит. воздействия могут привести к перегреву биол. структур и к их разрушению.

В медицине У. используется для диагностики, терапевтич. и хирургич. лечения. Способность У. без существенного поглощения проникать в мягкие ткани организма и отражаться от акустич. неоднородностей применяется при исследовании внутр. органов. Микромассаж тканей, активация процессов обмена и локальное нагревание тканей под действием У. используются для терапевтич. целей. УЗ-хирургия подразделяется на две разновидности, одна из к-рых связана с разрушением тканей собственно звуковыми колебаниями, вторая — с наложением УЗ-колебаний на хирургич. инструмент.

Лит.: Бергман Л., Ультразвук и его применение в науке и технике, пер. с нем., 2 изд., М., 1957; Михайлов И. Г., Соловьев В. А., Сырников Ю. П., Основы молекулярной акустики, М., 1964; Физическая акустика, [под ред. У. Мэсона, Р. Терстона], пер. с англ., т. 1—7, М., 1966—74; Зарембо Л. К., Красильников В. А., Введение в нелинейную акустику, М., 1966; Физика и техника мощного ультразвука, под ред. Л. Д. Розенберга, т. 1—3, М., 1967—70; Труэлл Р., Эльбаум Ч., Чик Б., Ультразвуковые методы в физике твёрдого тела, пер. с англ., М., 1972; Эльпинер И. Е., Биофизика ультразвука, М., 1973; Ультразвуковая технология, под ред. Б. А. Аграната, М., 1974; Викторов И. А., Звуковые поверхностные волны в твёрдых телах, М., 1981; Зарембо Л. К., Акустика, в кн.: Физические величины. Справочник, под ред. И. С. Григорьева, Е. З. Мейлихова, М., 1991, с. 133.

В. А. Красильников.

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДИАГНОСТИКА — совокупность методов исследования здоровья и большого организма человека, основанных на использовании УЗ. Физ. основой У. д. является зависимость параметров распространения