

Фонно-фононные взаимодействия играют определяющую роль в поглощении гиперзвуковых волн (см. *Гиперзвук*) в кристаллах, особенно при низких темп-рах, в эффектах нелинейного поглощения УЗ-волн.

Шумы большой интенсивности. Распространение шумов большой интенсивности отличается от поведения слабого шума. В процессе распространения спектр шума меняется: спектр плотность его в области высоких частот растёт в результате генерации гармоник энергонесущих спектр. компонент, расширяется и НЧ-часть спектра из-за появления комбинац. ионов при условии, что максимуму спектр. плотности шума в нач. момент соответствовал частоте, отличной от нулевой. На расстояниях $L \approx c_0 \epsilon \lambda (\bar{v}^2)^{1/2}$ (где λ — длина волны энергонесущей компоненты, \bar{v}^2 — среднеквадратичная колебат. скорость) в шумовом сигнале возникают разрывы и затухание шума растёт. На этой стадии в ВЧ-области спектра спектр. плотность шума спадает по универсальному закону ω^{-4} , не зависящему от вида нач. спектра. Генерация интенсивных шумов часто также бывает связана с нелинейными взаимодействиями гидродинамич. возмущений. Напр., шумы самолётных и ракетных двигателей в значит. степени обусловлены генерацией шума, турбулентностью в результате вихревых взаимодействий (см. *Аэроакустика*).

Усреднённые эффекты в звуковом поле. Кавитация. В звуковых полях большой интенсивности наряду с переменными возмущениями среды, меняющимися с частотой звука, могут возникать постоянные силы и скорости, пропорц. квадрату амплитуды звука. Они обуславливают т. н. усреднённые эффекты в звуковом поле, к числу к-рых относятся *давление звукового излучения, акустические течения, воздействие на помещённые в звуковом поле тела* (см. *Пондеромоторные силы в звуковом поле*) и др.

В жидкости распространение интенсивных звуковых волн может вызывать акустич. кавитацию — появление в сплошной среде интенсивно пульсирующих полостей, сопровождающееся излучением мощных акустич. импульсов сжатия и возникновением микропотоков вблизи пузырьков. С физ. точки зрения кавитацию можно рассматривать как процесс кумуляции энергии, плотность к-рой в окрестности пузырька превышает среднюю плотность энергии акустич. поля в 10^3 — 10^4 раз.

Применение нелинейных акустических эффектов. Первые применения нелинейных эффектов были связаны с разработкой методов измерения характеристик акустич. поля на основе регистрации усреднённых эффектов: измерение интенсивности звука по давлению звукового излучения с помощью радиометров или по вслушиванию свободной поверхности жидкости под действием звука, измерение колебат. скорости методом *Рэля диск*. Для зондирования атмосферы, океана, для целей медицинской акустики применяют параметрические излучатели и приёмники благодаря их широкополосности, острой направленности излучения и отсутствию боковых лепестков в диаграмме направленности.

Многие процессы УЗ-технологии базируются на использовании нелинейных эффектов. В установках УЗ-очистки поверхностей деталей кавитац. эрозия обуславливает удаление загрязнений, жёстко связанных с поверхностью (окалина, окислы и др.). Для удаления т. н. мягких загрязнений — жировых плёнок и др. — в основном используются микропотоки, возникающие вблизи пульсирующего пузырька. Воздействием на вещество в зоне кавитации пользуются для получения мелкодисперсных эмульсий, ускорения хим. реакций, экстрагирования ферментов из животных и растительных клеток и др. В установках УЗ-коагуляции аэрозолей используются эффекты взаимодействия частиц в УЗ-поле.

Эффекты параметрич. усиления УЗ в пьезополупроводниках и др. явления взаимодействия эл.-магн. и зву-

ковых волн используются в акустоэлектронике. Получили развитие методы нелинейной спектроскопии, они оказались, в частности, весьма эффективными в задаче регистрации пузырьков в жидкости и существенно расширили возможности УЗ-диагностики. При облучении пузырька волнами двух частот, разность к-рых равна резонансной частоте пузырька, возникает отклик на разностной частоте, обусловленной нелинейностью пульсации пузырька. Метод достаточно чувствителен и позволяет обнаружить даже одиночные пузырьки, что важно, напр., в биол. исследованиях или при наблюдении за режимом работы теплообменников в атомных реакторах.

Лит.: Уязем Д. ж., Линеиные и нелинейные волны, пер. с англ., М., 1977; *Нелинейная акустика.* Сб. науч. трудов, под ред. В. А. Зверева, Л. А. Островского, Горький, 1980; Н о в и к о в Б. К., Руденко О. В., Тимошенко В. И., *Нелинейная гидроакустика*, Л., 1981; Н а у г о л ь н ы х К. А., Островский Л. А., *О нелинейных эффектах в акустике океана*, в кн.: *Акустика океана*, М., 1982; К р а с и л ь н и к о в В. А., К р ы л о в В. В., *Введение в физическую акустику*, М., 1984. К. А. Наугольных.

НЕЛИНЕЙНАЯ КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ ПОЛЯ — общее (малоупотребительное) наименование для квантовых теорий поля (КТП), описывающих взаимодействующие поля. Разл. поля могут взаимодействовать как друг с другом, так и сами с собой (самодействие). Ур-ния взаимодействующих полей всегда нелинейны; линейные ур-ния описывают лишь свободные поля. Среди нелинейных КТП можно выделить два вида: *перенормируемые и неперенормируемые* (см. *Неперенормируемые квантовые теории поля*), причём последние могут быть полиномиальными и неполиномиальными. См. *Неполиномиальные квантовые теории поля*. М. К. Волков.

НЕЛИНЕЙНАЯ ОПТИКА

С о д е р ж а н и е:

1. Сильные световые поля	294
2. Нелинейный отклик и нелинейные восприимчивости	295
3. Волновая нелинейная оптика. Управление продольными и поперечными взаимодействиями волн	296
4. Сильные нелинейности, нелинейные материалы	298
5. Нелинейная спектроскопия и нелинейная диагностика вещества	299
6. Параметрические процессы и параметрические преобразователи	300
7. Нелинейная динамика модулированных световых волн в кубичной среде	301
8. Рассеяние на оптически индуцированных когерентных элементарных возбуждениях — вынужденное рассеяние	303
9. Статистическая нелинейная оптика. Классические и квантовые скачтые состояния световых полей	303
10. Нелинейный отклик в физике воздействия лазерного излучения на вещество	304
11. Быстрое управление фазой и генерация фемтосекундных лазерных импульсов	304
12. Обработка информации и оптические компьютеры	304

Нелинейная оптика — раздел оптики, связанный с изучением и применением явлений, обусловленных нелинейным откликом вещества на световое поле.

Динамика электронов, атомов, молекул, конденсиров. среды, возбуждаемых световым полем, принципиально нелинейна. Нелинейным оказывается даже движение свободного нерелятивистского электрона

$$\frac{d^2 r}{dt^2} = - \frac{e}{m} \left\{ E + \frac{1}{c} [vH] \right\}, \quad (1)$$

возбуждаемого гармонич. световой волной

$$E = E_0 \exp i(\omega t - k_1 r_1). \quad (2)$$

Действительно, поскольку $v \sim E$, $E \sim H$, второй член в правой части (1) пропорционален E^2 .

Решая (1) методом возмущений (положив $v/c \ll 1$ и считая амплитуду напряжённости светового поля A_1 умеренной), получим

$$r \sim \gamma^{(1)} E + \gamma^{(2)} E^2 + \dots \quad (3)$$