

точно обращённая (комплексно-сопряжённая) по отношению к падающему сигналу $E_3(R)$. К такому же результату приводит и второй процесс, идущий одновременно и когерентно с первым: запись голографич. решёток, пропорциональных $E_2 E_3^*(R) \exp(-ikz)$, и их считывание первой опорной волной $E_1 \exp(ikz)$.

О. в. ф. при ВРМБ даёт пример самообращения волнового фронта: ни к среде, ни к падающему пучку не предъявляются требования на идеальное оптич. качество, т. е. и среда может быть не идеально однородной, и пучок может иметь расходимость больше дифракционной, — обращается любой волновой фронт. К тому же процесс ВРМБ практически не селективен к частоте возбуждающего излучения. К недостаткам этого метода О. в. ф. следует отнести пороговый характер самого процесса ВРМБ по мощности или энергии падающего пучка.

Достоинствами метода О. в. ф. при ЧВС являются отсутствие порога по амплитуде обрабатываемого сигнала и возможность получить коэф. отражения в обращённую волну больше 1, т. е. $|E_4|^2 > |E_3|^2$. Недостаток метода ЧВС — необходимость идеально однородной нелинейной среды, а опорные волны E_1 и E_2 также должны быть идеально обращены друг к другу и обладать высокой мощностью. Последнее требование во многих величинных средах ведёт к заметным искажениям из-за самофокусировки и нарушению взаимнообращённости опорных волн. В ряде случаев мощность опорных волн можно ослабить переходом к резонансным средам, а также к средам с медленно накапливающимся откликом (жидкие кристаллы, фоторефрактивные кристаллы и т. п.).

Разработан ещё ряд методов О. в. ф.: трёхволновой О. в. ф. (при подаче опорной волны на частоте, удвоенной по отношению к сигналу); О. в. ф. нелинейно отражающей поверхностью (в т. ч. О. в. ф. звука); О. в. ф. звука при однородной в пространстве модуляции свойств среды на удвоенной частоте; О. в. ф. с помощью фотонного эха. Существует также гибридная схема О. в. ф., где в методе ЧВС используется ВРМБ-нелинейность, а получение второй опорной волны из первой основано на методе О. в. ф. при ВРМБ [3]. Таким способом можно получить очень большой коэф. отражения обращённой волны, $|E_4|^2 \gg |E_3|^2$, с хорошим качеством обращения.

Большой интерес представляют ЧВС-схемы самообращения типа представленной на рис. 5. Здесь падающий пучок 1, к-рый требуется обратить, пропускается через нелинейную среду и с помощью оптич. устройств — зеркал (как на рис. 5), световодов и т. п. — вводится в виде пучка 1' в ту же среду под др. углом. Возникающая из флуктуаций волна 2' проходит по тем же устройствам в обратном направлении и снова проходит через среду в виде волны 2. Если волны 1' и 2' взаимно обращены, то автоматически взаимнообращёнными будут и волны 1 и 2; именно в этом случае их взаимодействие в нелинейной среде будет наиб. эффективным. Большинство экспериментов с такими схемами проведено с использованием непрерывных лазеров умеренной мощности и фоторефрактивных кристаллов в качестве нелинейной среды [4].

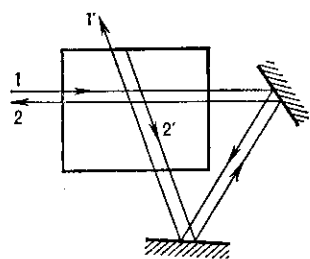


Рис. 5. Схема самообращения волнового фронта с использованием обратной связи.

Свойство обращённой волны детально воспроизводит ход падающей волны при своём распространении лежит в основе большинства возможных приложений О. в. ф. [5, 6]. К ним относится прежде всего схема компенсации фазовых искажений при двукратном про-

хождении пучка через усилитель (рис. 6). Идеально направленное излучение маломощного задающего лазера с помощью полупрозрачного зеркала вводится в усилитель. Оптич. неоднородности последнего существ-

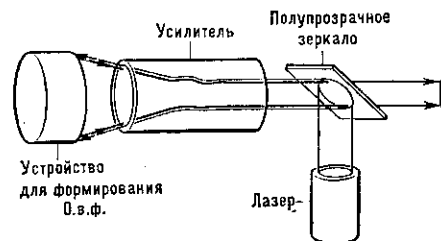


Рис. 6. Схема компенсации фазовых искажений усилителя с использованием обращения волнового фронта.

венно ухудшают направленность усиленного излучения. Прошедший пучок обращают тем или иным методом и вновь пропускают через усилитель. В результате обратного прохода обращённая волна восстанавливает исходную идеальную направленность и к тому же дополнительно усиливается. Предполагается также использование О. в. ф. в задачах: самонаведения излучения для доставки энергии на мишень малых размеров (в исследованиях по лазерному УТС) и для оптич. связи; оптич. обработки информации; компенсации временного расплывания импульсов при передаче информации по волоконным световодам; нелинейно-спектроскопич. исследований твёрдых тел, жидкостей и газов и др.

Лит.: 1) Зельдович Б. Я. и др., О связи между волновыми фронтами отраженного и возбуждающего света при вынужденном рассеянии Мандельштам—Бриллюэна, «Письма в ЖЭТФ», 1972, т. 15, с. 160; 2) Зельдович Б. Я., Пилипчик Н. Ф., Шкунов В. В., Обращение волнового фронта, М., 1985; 3) Беспалов В. И., Пасманник Г. А., Нелинейная оптика и адаптивные лазерные системы, М., 1985; 4) Gronin-Golomb M. и др., Theory and applications of four-wave mixing in photorefractive media, «IEEE J. Quant. Electronics», 1984, v. QE-20, № 1, p. 12; 5) Shkunov V. V., Zeldovich B. Ya., Optical phase conjugation, «Scientific American», 1985, v. 253, № 6, p. 54; в рус. пер. — «В мире науки», 1986, № 2, с. 16; 6) Ferrer D. M., Applications of optical phase conjugation, «Scientific American», 1986, v. 254, № 1, p. 74; в рус. пер. — «В мире науки», 1986, № 3, с. 34; 7) Носач О. Ю. и др., Компенсация фазовых искажений в усиливающей среде с помощью «бриллюэновского» зеркала, «Письма в ЖЭТФ», 1972, т. 16, с. 617.

Б. Я. Зельдович.

ОБРАЩЕНИЕ ВРЕМЕНИ (T -отражение) — операция замены времени $t \rightarrow -t$, сопоставляющая к.-л. движению (или эволюции) системы др. движение, в к-ром система последовательно в обратном порядке проходит те же состояния, что и в исходном движении (но с изменёнными на противоположные значениями векторов скорости частицы, моментов, напряжённости магн. поля и др. величин, меняющих знак при такой операции). Если взаимодействия, определяющие эволюцию системы, таковы, что обращённое по времени движение является одним из допустимых движений системы, то говорят о T -инвариантности движения при наличии данных взаимодействий. В классич. механике (или классич. теории поля) условием T -инвариантности является инвариантность Лагранжа функции относительно О. в. Так, ур-ния классич. механики (в отсутствие трения или к.-л. др. сил, пропорциональных нечётным производным по времени), как и Максвелла уравнения, обладают свойством T -инвариантности.

В квантовой механике инвариантность ур-ний движения — Шрёдингера уравнения — требует вместе с заменой $t \rightarrow -t$ комплексного сопряжения волновой ф-ции, что является не унитарной операцией (см. Унитарные преобразования). Поэтому не существует понятия временной чётности (см. Чётность). T -отражение переставляет начальные и конечные состояния частиц в матричных элементах амплитуды рассеяния. В силу теоремы СРТ нарушение CP -инвариантности автоматически означает нарушение T -инвариантности. Поэтому обнаруженное нарушение CP -чётности в распадах нейтральных K -мезонов, а также экспери-