

Рис. 1. Фазовая самомодуляция: а — амплитудный профиль; б — нелинейный набег фазы.

волновое число, n_2 — нелинейная добавка к показателю преломления. [Показатель преломления среды $n = n_0 + \Delta n(|E|^2)$, где $\Delta n(|E|^2)$ — наведённое световым полем изменение показателя преломления; если нелинейный отклик безынерционен, то $\Delta n(|E|^2) \equiv n_2 |E|^2$.] Мгновенная частота такого импульса меняется на величину (рис. 2, а)

$$\Delta\omega_{нл} = \partial\varphi_{нл}/\partial t = -k_0 n_2 z \partial E_0^2(t-z/u)/\partial t. \quad (2)$$

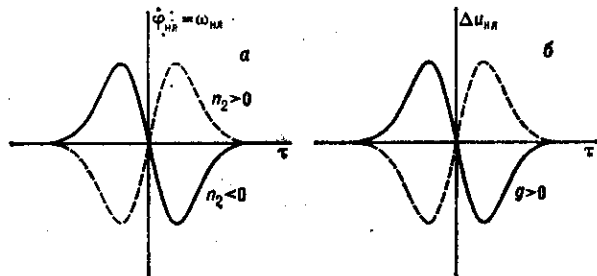


Рис. 2. Фазовая самомодуляция: а — нелинейная добавка к мгновенной частоте; б — нелинейные добавки к групповой скорости.

Фазовая модуляция при наличии зависимости показателя преломления $n(\omega)$ или фазовой скорости $v(\omega)$ от частоты вызывает амплитудную. Действительно, групповая скорость u в среде, обладающей заметной дисперсией, зависит от частоты:

$$u(\omega) = u(\omega_0) + \frac{\partial u}{\partial \omega_0}(\omega - \omega_0) + \dots, \quad \frac{\partial u}{\partial \omega_0} = -u \frac{\partial^2 k}{\partial \omega^2}.$$

Т. о., в нелинейной диспергирующей среде разл. участки оптич. импульса имеют разные локальные групповые скорости, отличающиеся от групповой скорости в линейной среде на величину $\Delta u_{нл} = (\partial u/\partial \omega)\Delta\omega_{нл}$ (рис. 2, б), равную с учётом (2):

$$\Delta u_{нл} = k_0 z u \frac{\partial^2 E_0^2(t-z/u)}{\partial t}, \quad g = n_2 \frac{\partial^2 k}{\partial \omega^2}. \quad (3)$$

Если огибающая импульса имеет колоколообразную форму, напр. гауссову (рис. 3, а), то в среде с $g > 0$ его фронт, где $\partial E_0^2/\partial t > 0$, распространяется быстрее его вершины, где $\partial E_0^2/\partial t = 0$, а хвост с $\partial E_0^2/\partial t < 0$ — медленнее, т. е. происходит распыливание импульса, с амодеконпрессия (рис. 3, б). В среде с параметром $g < 0$ фронт идёт медленнее, а хвост быстрее вершины, вследствие чего происходит самокомпрессия. Точка самокомпрессии импульса длительностью $T_к$

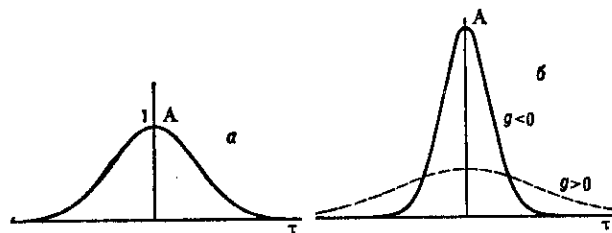


Рис. 3. а — начальный импульс; б — компрессия и деконпрессия.

расположена на таком расстоянии $l_к$ от входа в среду, на k -ром хвост догоняет вершину:

$$\frac{l_к}{u_0} - \frac{l_к}{u_0 + \Delta u_{нл}} \approx T_0.$$

Отсюда при $\Delta u_{нл} \ll u_0$ длина самокомпрессии

$$l_к = T_0 u_0^2 / \Delta u_{нл} = T_0 (-k_0 g E_0^2)^{-1/2}. \quad (4)$$

В точке компрессии импульс сжимается до мин. длительности:

$$T_к = -\frac{\partial^2 k / \partial \omega^2}{T_0 k_0 n_2 E_0^2}. \quad (5)$$

Для увеличения компрессии (т. е. получения малых $T_к$) часто выбирают две среды: первая с большой нелинейностью n_2 , чтобы получить большую $\varphi_{нл}$, а вторая — с большой дисперсией нужного знака, $\partial^2 k / \partial \omega^2$. В точке компрессии образуется спектрально ограниченный импульс, обратная величина длительности k -рого равна частотной ширине импульса, вышедшего из нелинейной среды с фазой $\varphi_{нл}$.

Волна, имеющая пост. амплитуду E_0 , распространяется в нелинейной среде с фазовой скоростью $v_{нл} = c/(n_0 + n_2 E_0^2)$. Если среда имеет нелинейный дисперсионный параметр $g < 0$, то эта стационарная волна неустойчива, т. е. малые возмущения амплитуды и фазы в такой среде экспоненциально нарастают ($\sim \exp \Gamma$) и волна приобретает амплитудно-фазовую модуляцию.

Наиб. инкремент имеют временные возмущения с масштабом модуляции $T_в$, таким, что $T_в = T_0 = T_к$. Тогда из (5) следует:

$$T_в = \left[\frac{-n_0 (\partial^2 k / \partial \omega^2)}{n_2 k E_0^2} \right]^{1/2}.$$

Т. о., стационарная волна разбивается на серию импульсов длительностью $T_в$.

Волновые пакеты в результате распада неустойчивости разбиваются на совокупность солитонов оптических, а волновые пучки — на отд. нити.

Лит.: Карпман В. И., Нелинейные волны в диспергирующих средах, М., 1973; Ахманов С. А., Выходух В. А., Чиркин А. С., Оптика фемтосекундных лазерных импульсов, М., 1988.

САМООРГАНИЗАЦИЯ — самопроизвольное (не требующее внеш. организующих воздействий) установление в неравновесных диссипативных средах устойчивых регулярных структур (см. Диссипативные структуры). Первые исследования явления С. были проведены И. Р. Пригожиным и его коллегами в 1960-е гг. [1]. Процесс самопроизвольного формирования регулярных структур называют также процессом формообразования, а соответствующую область науки часто называют синергетикой [3].

Наиб. известный и наглядный пример С. — возникновение конвективных решёток (сотовой структуры конвекции) с шестигранными ячейками, ячейками