

ЭХО-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ СВЕТОВЫХ ИМПУЛЬСОВ

У.Х. Копвиллем, Д.Ю. Кузнецов, Г.А. Николаев

Предлагается способ преобразования временного масштаба, в котором представлен амплитудно-фазовый сигнал. Изменение масштаба достигается, когда неоднородное уширение спектральной линии диполей регулируется внешним полем, которое имеет одно значение при записи и другое — при воспроизведении.

Световое эхо основано на том, что дефазировка двухуровневых атомов, обусловленная неоднородным уширением, компенсируется по прошествии определенного времени после воздействия π -импульса, обращающего фазу каждого атома. Идея преобразования временного масштаба состоит в том, чтобы записывать сигнал, например, при слабом уширении, а восстанавливать — при сильном.

Пусть после записи сигнала макроскопическая поляризация совокупности диполей выражается в виде (см., например, /1, 2/)

$$P = \sum_j c_j \exp(i(\omega_0 + \delta_j)t),$$

где c_j — коэффициенты, определяющие фазу каждого диполя; ω_0 — основная несущая частота; δ_j — отстройка частоты j -го диполя. Пусть $\Delta\omega$ — разброс этих расстроек (неоднородное уширение), то есть $-\Delta\omega < \delta_j < \Delta\omega$. За время $\tau = 1/\Delta\omega$ макроскопическая поляризация затухает, однако в течение времени, меньшего времени необратимой релаксации, информация о сигнале может быть прочитана.

Восстановление сигнала (получение эха) происходит после того, как на систему подействует π -импульс. Для простоты будем считать, что этот импульс существенно короче всех времен релаксации. Это воздействие приводит к тому, что фаза коэффициентов в формуле (1) меняет знак: $c_j \rightarrow c_j^*$. При этом происходит как бы обращение времени, и в момент времени t поляризация системы почти такая же, какая была в момент времени $-t$. Эта поляризация вызывает эхо-сигнал, пропорциональный записанному в среде полю (разумеется, в обращенной по времени шкале). К этому сводится эффект светового эха. Если параметры системы, в которой осуществляется запись, остаются неизменными в процессе записи и воспроизведения, то сигнал восстанавливается в той же временной шкале, в которой был записан.

Предположим, что неоднородное уширение $\Delta\omega$ пропорционально некоторому внешнему

(квазистационарному) полю H , то есть $\delta_j = \mu_j H$, где H — магнитное поле, μ_j — константа связи j -го диполя с этим полем (в отсутствие поля частоты диполей предполагаются одинаковыми). В качестве реализации такого взаимодействия можно предложить набор двухуровневых атомов с большими угловыми моментами, комбинирующих состояния с разными g -факторами (аномальный эффект Зеемана). В этом случае при наложении магнитного поля изменение частоты переходов между отдельными магнитными подуровнями различно: $\Delta\omega_{mn} = (g_m p - g_n m)\mu_B H$, где g_m , m , g_n , p — факторы Ланде и магнитные квантовые числа подуровней, μ_B — магнетон Бора. Пусть запись сигнала осуществляется при одном значении внешнего поля, а считывание — при другом, то есть в момент времени $t = 0$ внешнее поле скачком (так быстро, как только можно) изменяется, скажем, в 10 раз. Это будет означать соответствующую компрессию светового импульса без искажения его амплитудно-фазовой временной зависимости. Такие преобразования могут оказаться полезными при приготовлении атомных состояний /3/.

ЛИТЕРАТУРА

1. К о п в и л л е м У.Х., Н а г и б а р о в Х.М. Физика металлов и металловедение, 15, 313 (1963).
2. А л л е н Л., Э б е р л и Дж. Оптический резонанс и двухуровневые атомы. М., Мир, 1978.
3. К а м с к и й В.Л., К у з н е ц о в Д.Ю., Щ е г л о в В.А. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 11, 21 (1990).

Поступила в редакцию 25 апреля 1991 г.