

АТОМНЫЕ НАНОСТРУКТУРНЫЕ СИСТЕМЫ С ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ЭКСТИНКЦИЕЙ

О.Н. Гадомский, Д.О. Мусич

Ульяновский государственный университет, г. Ульяновск, Россия

Доказана принципиальная возможность усиления света системой неразличимых атомов с учетом запаздывающего диполь-дипольного взаимодействия в поле внешнего излучения. Показано, что усиление света происходит из антисимметричного квантового состояния пары одинаковых атомов, один из которых находится в возбужденном состоянии. Получена формула для поляризуемости атомов в основном состоянии, дисперсионная зависимость которой содержит точку перегиба, разделяющую области длин волн с положительной и отрицательной дисперсией. В области отрицательной дисперсии сечение экстинкции атомной системы является отрицательной величиной, т.е. эта система становится системой, усиливающей свет.

Ключевые слова: *атомные наноструктурные системы, резонансное взаимодействие атомов, электрическое дипольное приближение, неразличимость атомов, отрицательная экстинкция, сечения экстинкции и рассеяния, резонансная передача энергии между атомами.*

Введение

В физике твердого тела известно решение задачи о резонансном взаимодействии атомов и передаче энергии возбуждения с учетом свойства неразличимости атомов [1]. При этом в диполь-дипольном взаимодействии атомов учитывается лишь короткодействующая часть этого взаимодействия. Такое приближение оправдано, если речь идет о передаче энергии соседним атомам в кристалле в экситонной области спектра [1]. В данной работе учтено диполь-дипольное взаимодействие атомов с учетом запаздывания. При этом рассмотрено не только смещение энергетических уровней неразличимых атомов, но и модификация естественного уширения атомных уровней.

Известно также, что в нерезонансной оптической среде, в которой все атомы находятся в основном состоянии, наблюдается положительная дисперсия показателя преломления [1]. Если атомы находятся в возбужденном состоянии, то обнаруживается отрицательная дисперсия. Можно показать, что знак дисперсии однозначно определяется знаком мнимой части поляризуемости атомов. В настоящей работе мы используем этот критерий для атомов в наноструктурной системе при учете диполь-дипольного взаимодействия атомов в поле излучения, когда частота внешнего излучения может значительно отличаться от частоты перехода.

В работах [2, 3] исследованы оптические резонансы в двухатомных системах и показано, что в системах с разными атомами образуются четыре резонанса, а в системах с одинаковыми атомами образуются два резонанса, частоты которых зависят от межатомного расстояния, ориентации этих систем по отношению к направлению распространения внешней волны. В данной статье будут рассмотрены оптические свойства двухатомных систем из одинаковых атомов в линейном приближении, когда поляризуемости атомов не зависят от напряженности электрического поля.

Время жизни возбужденных состояний атомов зависит от окружения [4–7]. Так, время жизни возбужденного состояния атома в замкнутой полости определяется с помощью фактора Парселла, изменяющегося в широких пределах.

Электрическое диполь-дипольное взаимодействие атомов в поле излучения играет важную роль в различных оптических явлениях. Так, в работах [8, 9] исследована роль этого взаимодействия в квантовой и полуклассической теориях оптического сверхизлучения в системе инвертированных атомов. В работе [10] представлена обобщенная теория Дикке с учетом квантовых переходов с $\Delta M = \pm 2$, где M – проекция кооперационного числа на ось квантования. В работах [11, 12] представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований охлажденных атомов в атомных ловушках. Отличительной особенностью оптического эффекта, рассмотренного ниже, является то, что усиление света в области отрицательной дисперсии происходит в системе неподвижных атомов с равновесным значением инверсии (усиление без инверсии) при нанометровых межатомных расстояниях.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>