

### Тема 5.3.4. Спонтанное и вынужденное излучение света.

В 1916 году А. Эйнштейн предсказал, что переход электрона в атоме с верхнего энергетического уровня на нижний может происходить под влиянием внешнего электромагнитного поля, частота которого равна собственной частоте перехода. Возникающее при этом излучение называют *вынужденным* или *индуцированным*.

В результате взаимодействия возбужденного атома с фотоном атом испускает еще один фотон той же самой частоты, распространяющийся в том же направлении, т.е. появляются два совершенно одинаковых фотона-близнеца.

Энергия фотона, способного вызвать индуцированное излучение атома, в точности равна разности энергий атома в двух стационарных состояниях. Поэтому такие фотоны могут поглощаться атомами, находящимися в основном состоянии. При прохождении фотонов через вещество их число может увеличиваться, если на их пути будет встречаться больше возбужденных атомов, способных испускать индуцированное излучение, чем атомов в основном состоянии, поглощающих фотоны

Состояние вещества, в котором в возбужденном состоянии находится больше атомов, чем в основном, называется состоянием с инверсной населенностью (заселенностью) энергетических уровней. Идея использования неравновесных сред для получения оптического усиления впервые была высказана В. А. Фабрикантом в 1940 году.

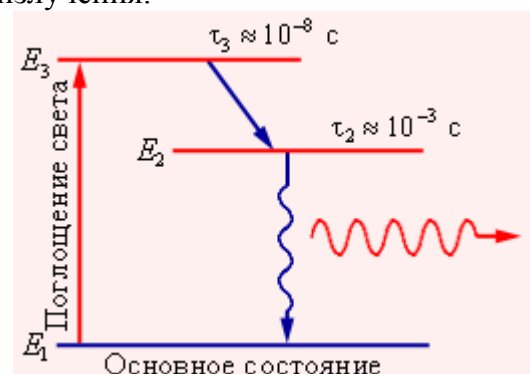
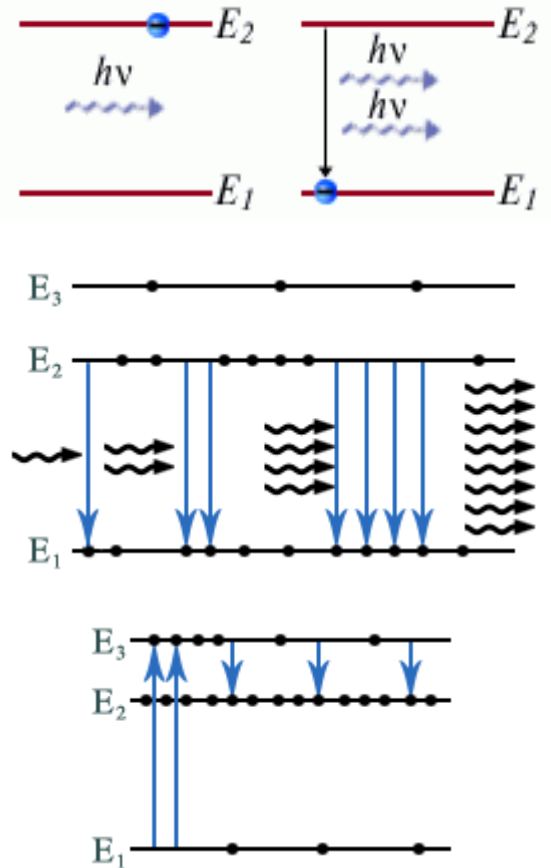
В 1954 году русские физики Н. Г. Басов и А. М. Прохоров и независимо от них американский ученый Ч. Таунс использовали явление индуцированного испускания для создания микроволнового генератора радиоволн с длиной волны  $\lambda = 1,27$  см. За разработку нового принципа усиления и генерации радиоволн в 1964 году все трое были удостоены Нобелевской премии.

### Лазеры.

Первый рубиновый лазер был построен в 1960 г.

Экспериментальное открытие и исследование явления индуцированного излучения атомов привело к созданию лазеров, или оптических квантовых генераторов. Слово «лазер» образовано из начальных букв слов, описывающих принцип действия прибора: («Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation») – усиление света с помощью индуцированного излучения.

Существуют различные способы получения среды с инверсной населенностью уровней. В рубиновом лазере используется оптическая накачка. Атомы возбуждаются за счет поглощения света. Но для этого недостаточно только двух уровней. Каким бы мощным не был свет лампы-накачки, число возбужденных атомов не будет больше числа невозбужденных. В рубиновом лазере накачка производится через третий выше расположенный уровень.



После вспышки мощной лампы, расположенной рядом с рубиновым стержнем, многие атомы хрома, входящего в виде примеси в кристалл рубина (около 0,05 %), переходят в состояние с энергией  $E_3$ , а через промежуток  $\tau \approx 10^{-8}$  с они переходят в состояние с энергией  $E_2$ . Перенаселенность возбужденного уровня  $E_2$  по сравнению с невозбужденным уровнем  $E_1$  возникает из-за относительно большого времени жизни уровня  $E_2$ .

Лазер на рубине работает в импульсном режиме на длине волны 694 нм (темно-вишневый свет), мощность излучения может достигать в импульсе  $10^6$ – $10^9$  Вт.

Последнее время широкое распространение получили полупроводниковые лазеры, в которых световое излучение возникает в прозрачных кристаллах, разделенных p–n - переходом.

Именно полупроводниковые лазеры используются в лазерных указках, проигрывателях лазерных дисков и в компьютерах. Малая расходимость лазерного пучка позволяет получать с помощью оптических систем очень узкие световые пучки, необходимые для записи и считывания информации с очень высокой пространственной плотностью.

К настоящему времени создано большое количество лазеров с различными характеристиками – газовых, твердотельных, полупроводниковых, излучающих свет в различных оптических диапазонах. Лазеры могут работать в импульсном и непрерывном режимах. Мощность излучения лазеров может изменяться в пределах от долей милливатта до  $10^{12}$ – $10^{13}$  Вт (в импульсном режиме). Лазеры находят широкое применение в военной технике, в технологии обработки материалов, в медицине, в оптических системах навигации, связи и локации, в прецизионных интерференционных экспериментах, в химии, просто в быту и т. д.

