

## **Является ли лазер квантовым генератором?**

Лазеры считаются квантовыми генераторами. Известно, что лазерное излучение обладает высокой когерентностью и направленностью. В радиотехнике хорошо известен принцип построения излучающих систем, имеющих высокую когерентность и направленность. Он заключается в использовании большого количества элементарных фазированных излучателей, расположенных в определённом порядке. Называются такие системы фазированными антенными решетками (ФАР). Причём, чем большее количество элементарных излучателей используется и чем больше размеры пространства, на котором они расположены, тем большую направленность и мощность можно получить. Для получения высокой направленности линейные размеры системы должны быть значительно больше, чем длина излучаемой волны.

В рабочем веществе лазера тоже всегда содержится громадное количество элементарных излучателей, которыми являются атомы или молекулы рабочего вещества. Если речь идёт о твердотельных лазерах, например на основе рубина, то излучающие атомы, которыми являются атомы хрома, тоже расположены в кристалле рабочего вещества в строго определённом порядке. Возникает вопрос, что будет, если такие атомы, являющиеся элементарными излучателями, каким-либо образом синхронно возбудить, причём так, чтобы их колебания были фазированы определённым образом. С радиотехнической точки зрения такая система может давать очень узконаправленное излучение, т.к. количество излучателей очень велико, а длина излучаемой волны гораздо меньше линейных размеров рабочего элемента. Но возникает вопрос, каким образом можно возбудить атомы. Одним из таких способов является ударное возбуждение, когда рабочее вещество лазера облучают коротким

импульсом от лампы вспышки. Если монокристаллу рубина сделать соответствующую огранку и нанести на его грани металлическое покрытие, то такой кристалл превращается в объёмный резонатор, у которого имеется большое количество собственных мод колебаний. Если частота колебаний атомов хрома совпадает с одной из мод колебаний объёмного резонатора, то такие резонансы оказываются связанными, и возбуждение колебаний атомов хрома приведет к возбуждению макроскопического резонатора. Чтобы излучение из макроскопического резонатора вывести наружу, металлическое покрытие на одной из граней резонатора делают полупрозрачным для электромагнитных волн. Следовательно, такой генератор работает по всем законам электродинамики и радиотехники, и ничего в нём квантового нет, хотя название у него очень красивое – двухуровневый квантовый генератор.

Но известны и многоуровневые квантовые генераторы, в которых кванты перебрасываются на более высокие уровни, а излучение происходит путём их опускания вниз последовательным образом путём прохождения нескольких уровней. И это уже точно квантовые генераторы. Но прозаичные радиоинженеры и здесь говорят, что никакие они не квантовые, просто речь идёт о нелинейных параметрических системах, в которых, благодаря нелинейным свойствам среды, происходит или параметрическое усиление или параметрическая генерация. Все эти процессы хорошо описываются так называемыми соотношениями Менли-Роу.

Чтобы было понятно, о чём идёт речь, приведём пример обычного механического резонатора, например камертона. Если ударить камертон, то он некоторое время звенит, генерируя звуковые волны. При этом он теряет энергию, и колебания в нём затухают. Если возбудить камертон в вакууме, то он будет «звучать» гораздо дольше, т.к. будут отсутствовать потери на

возбуждение звуковых волн. Любой колебательный процесс характеризуется таким параметром как добротность, чем меньше активные потери в колебательной системе, тем выше её добротность. Она численно равна количеству периодов колебаний, укладываемому в том промежутке времени, за который амплитуда колебаний уменьшается в  $e$  раз. Это обычный классический всем понятный подход. Этот процесс с математической точки зрения можно рассмотреть по-другому, считая, что это никакой не механический, а квантовый осциллятор. И считать, что у возбуждённого камертона имеется два энергетических уровня: нулевой и верхний (возбуждённый). В квантовой механике считается, что в то время, когда мы механически возбуждаем камертон, этот механический резонатор перепрыгивает на верхний энергетический уровень. Квантовая механика определяет и время жизни на этом верхнем уровне. Оно в точности равно тому отрезку времени, который необходим для того, чтобы амплитуда колебаний в механическом резонаторе уменьшилась в  $e$  раз.

Если взять сто миллионов камертонов и их синхронно возбудить, да ещё правильно расположить их в пространстве, то можно получить когерентный, узко направленный звуковой луч. Такие системы с успехом используются в гидролокаторах. И весь этот процесс по-прежнему можно рассматривать как фазированную решетку механических осцилляторов. С точки зрения квантовой механика такая система является двухуровневым межмеханическим квантовым генератором. Такой подход ничего общего с физикой не имеет, а является результатом тех схоластических математических подходов, которые так распространены в современной физике.

В рубиновом лазере в матрице корунда небольшой процент атомов алюминия замещены атомами хрома. Эти атомы имеют строгую ориентацию в пространстве и свою резонансную частоту, и

если их возбудить, то атом хрома будут испускать не звуковые, а электромагнитные волны. Далее всё происходит, как и с камертонами, только атомов хрома в одном кубическом сантиметре рубина не сто миллионов, а десять в двадцать второй степени.

Если на потолке висит лампочка накаливания, то она испускает некогерентный свет. Почему? А потому что фазы колебаний всех атомов, которые колеблются в результате нагревания нити, несфазированы а самопроизвольны. Поэтому, если мы хотим получить лазерное когерентное излучение, то вы должны не только возбудить в атомах или камертонах колебания, но и возбудить их так, чтобы их фазы были фазированы по определённому закону. Тогда и будет получено когерентное (лазерное) излучение. Поэтому задача создания лазера заключается не только возбуждении колебаний в отдельно взятых атомах (например атомов хрома в рубиновом лазере) но ещё и получение правильной фазировки их колебаний при таком возбуждении. Если этого добиться, то и получится то излучение, которое в квантовой механике называют стимулированным. Для этих целей служит внешний резонатор, куда помещают активное вещество. При этом одна из колебательных мод внешнего резонатора должна в обязательном порядке совпадать с резонансной частотой атомов активного вещества. Фазировка при облучении рубина лампой вспышкой происходит очень просто. Свет вспышки возбуждает некогерентные колебания в атомах хрома, а внешний резонатор отбирает из всего множества возбуждённых атомов, только те, фаза колебаний которых совпадает с фазой колебаний в самом резонаторе. Поэтому и КПД у рубинового лазера невысок. Резонатор в данном случае выполняет те функции, которые выполняет резонансный контур приёмника при его настройке на определённую частоту. Поэтому лазер это обычная правильно фазированная антенная решетка.

Но причём здесь соотношения Мэнли – Роу? Эти соотношения работают в том случае, когда в нелинейной среде имеется несколько резонансов. В такой среде такие резонансы не являются самостоятельными и энергетические процессы в них связаны. Если возбудить один из резонансов, то будут возбуждены и остальные. При таком процессе, в соответствии с соотношениями Мэнли – Роу, энергия, запасённая в каждом резонаторе, будет пропорциональна их резонансной частоте. А процессы перекачки энергии из одного резонатора в другой обеспечивает нелинейность среды. Квантовая же механика интерпретирует этот процесс как перепрыгивание с одного энергетического уровня на другой. Такой подход с физической точки зрения является неприемлемым.

Но этих элементарных вещей физики просто не знают, их просто так учили, вбивая в головы всякие схоластические схемы, ничего общего с физикой не имеющие. Любят физики всякие сверхестественные штучки. То у них электроны совершенно невообразимым образом с орбиты на орбиту перепрыгивают и загадочные кванты излучают. То близнецы в космических кораблях, несущихся со световыми скоростями, по миллиону лет живут. Но инженеры этому не верят, и не зря!

### **Is laser quantum generator?**

The lasers are considered as the quantum generators. It is known that the laser emission possesses high coherence and directivity. In radio engineering the principle of the construction of the radiating systems, which have high coherence and directivity, is well known. It consists in the use of a large quantity of elementary phased emitters, located in the

determined order. Such systems are called the phased lattices. Moreover, the greater the quantity of elementary sources it is used and the greater the dimensions of space, on which they are located, the greater the directivity and the radiated power can be obtained. For obtaining the high directivity the linear dimensions of system must be considerably more than the length of radiated wave.

In the work substance of laser also always is contained a huge quantity of elementary sources, which the atoms or the molecules of work substance are. If the discussion deals with the solid-state lasers, for example on the basis of ruby, then the radiating atoms, which are the atoms of chromium, it is also located in the crystal of work substance in the strictly defined order. Arises question, which will be, if such atoms, which are been elementary sources, are synchronously excited by any means, moreover then so that their fluctuations would be phased in a specific manner. From a radio-technical point of view this system can give the very narrowly-directed emission, since. a quantity of emitters is very great, and the length of radiated wave is much less than the linear dimensions of working element. But arises the question, how it is possible to excite atoms. The collision excitation, when the work substance of laser they irradiate by short pulse from the flashbulb, is one of such methods. If we to a single crystal of ruby make the appropriate faceting and to apply n of its face metallic coating, then this crystal is converted into the cavity resonator, in which there is a large quantity of the eigen modes. If the frequency of the vibrations of the atoms of chromium coincides with one of the modes of vibration of cavity resonator, then such resonances prove to be connected, and the excitation of the oscillations of the atoms of chromium will lead to the excitation of macroscopic resonator. In order emission from the macroscopic resonator to derive outside, metallic coating on one of the faces of resonator makes with semi-transparent for the electromagnetic waves.

Consequently, this generator works according to all laws of electrodynamics and radio engineering, and there is nothing in it quantum, although the name in it very beautiful - two-level quantum generator.

But are known and the multilevel quantum generators, in which the quanta are thrown to higher levels, and emission occurs by the way of their lowering downward by the course of several levels. And these are already accurately quantum generators. But prosaic radio engineers here say that any they not quantum, simply speech go about the nonlinear parametric systems, in which, because of the nonlinear properties of medium, occurs either parametric strengthening or parametric generation. All these processes are described well by the so-called the Menly-Rou relationships.

So that would be understandable, the discussion deals with than, let us give an example of usual mechanical resonator, for example tuning fork. If we strike tuning fork, thus for a while rings, generating acoustic waves. In this case it loses energy, and fluctuations in it attenuate. If we excite tuning fork in the vacuum, thus it will “sound” much longer, since will be absent excitation loss of acoustic waves. Any oscillating process is characterized by this parameter as quality, the less the ohmic losses in the oscillatory system, the higher its quality. It is numerically equal to a quantity of oscillatory periods, plotted in that time interval, for which the amplitude of fluctuations decreases in  $e$  of times. This is usual classical by all intelligible approach. This process from a mathematical point of view can be examined differently, considering that this is any mechanical, but quantum oscillator. And to consider that the excited tuning fork is had two energy levels: zero and upper (excited). In quantum mechanics it is considered that when we mechanically excite tuning fork, this mechanical resonator jumps over to the upper energy level. Quantum mechanics determines the lifetime at this upper level. It

is exactly equal to that interval of time, which is necessary so that the amplitude of fluctuations in the mechanical resonator would decrease in  $e$  of times.

If we take one hundred million tuning forks and it is synchronously phased to excite them, it is on top of that correct to arrange them in the space, then it is possible to obtain the coherent, narrowly directed sonic ray. Such systems successfully are used in the sonars. And this entire process as before can be considered as the phased lattice of mechanical vibrators. From the point of view of quantum the mechanics this system is two-level quantum generator. Certainly, this approach in common with physics has nothing, but it is the result of those scholastic mathematical approaches, which are so extended in contemporary physics.

In the ruby laser in the matrix of corundum the small percentage of aluminum atoms are substituted by the atoms of chromium. These atoms have strict attitude sensing and their resonance frequency, and if they are excited, then atom chromiums will emit not acoustic, but electromagnetic waves. Further entire the same histories as with the tuning forks, only atoms of chromium in one cubic centimeter of the ruby not of one hundred millions, but ten into twenty second degree.

If on ceiling hang incandescent bulb, that it emit incoherent light. Why? But because the phases of the oscillations of all atoms, which vary as a result heating tungsten, are unphased and they are spontaneous. Therefore, if you want to teach laser coherent emission, then you must not only excite in atoms or tuning forks of fluctuation, but also excite them then so that their phases would be phased according to the specific law. Then you obtain coherent (laser) emission. Therefore the problem of developing of laser consists not only the excitation of fluctuations in the separately undertaken atoms (for example the atoms of chromium in the ruby laser) but still and obtaining the correct phasing of their fluctuations with this excitation. If we this attain ourselves, then will learn the



emission, which in quantum mechanics is called stimulated. External resonator for these purposes serves, where active material is placed. In this case one of the oscillating modes of external resonator must in the required order coincide with the resonance frequency of the atoms of active material. The phasing during irradiation of ruby by flashbulb occurs very simply. The light of flash excites incoherent fluctuations in the atoms of chromium, and external resonator selects from entire many excited atoms, only those, the phase of fluctuations of which coincides with the phase of fluctuations in the resonator itself. Therefore efficiency in ruby laser is low. Resonator in this case fulfills those functions, which carry out the resonant circuit of your receiver with its tuning for the specific frequency. Therefore laser this is the usual correctly phased antenna array.

But moreover here the Menly-Rou relationship? These relationships work when in the nonlinear medium there is several resonances, let us say three resonances. In this medium such resonances are not independent and energy processes in them are connected. Moreover if we excite one of the resonances, then I will be excited and rest. With this process, in accordance with the Menly-Rou relationship, the energy, stored up in each resonator are proportional to their resonance frequency. But the nonlinearity of medium ensures the processes of energy transfer of one resonator in another. However, quantum mechanics interprets this process as spring from one energy level to another. This approach from a physical point of view is unacceptable.

But simply they do not know these elementary things of physics, simply thus they taught them, and with it drove into the head any scholastic diagrams, nothing general with physics having. Love physics any super-natural pieces. That in them electrons in a completely inconceivable manner from the orbit in orbit jump over and mysterious quanta emit. That twins in the spacecraft, which are carried with the light

speeds, on millions years live. But engineers to this do not believe, and not in vain!