

ЦВЕТНЫЕ ЛАЗЕРЫ

М.Н. Гуляев, студент группы 10В41,

научный руководитель: Теслева Е.П.

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

Лазеры или оптические квантовые генераторы – это современные источники когерентного излучения, обладающие целым рядом уникальных свойств. Слово «лазер» – аббревиатура слов английского выражения «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation» – усиление света вынужденным излучением. Лазеры – это генераторы и усилители когерентного излучения в оптическом диапазоне, действие которых основано на индуцированном (вызванном полем световой волны) излучении квантовых систем – атомов, ионов, молекул, находящихся в состояниях существенно отличных от термодинамического равновесия.

Создание лазеров явилось одним из самых замечательных достижений физики второй половины XX века, которое привело к революционным изменениям во многих областях науки и техники. К настоящему времени создано большое количество лазеров с различными характеристиками – газовых, твердотельных, полупроводниковых, излучающих свет в различных оптических диапазонах.

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. Вынужденное излучение обладает удивительным свойством. Оно резко отличается от спонтанного (самопроизвольного) излучения. В результате взаимодействия возбужденного атома с фотоном атом испускает еще один фотон той же самой частоты, распространяющийся в том же направлении. В результате вынужденного испускания фотонов амплитуда волны, распространяющейся в среде, возрастает. С точки зрения квантовой теории, в результате взаимодействия возбужденного атома с фотоном, частота которого равна частоте перехода, появляются два совершенно одинаковых фотона-близнеца. Именно индуцированное излучение является физической основой работы лазеров.

Чтобы проходящая через слой вещества волна усиливалась, нужно искусственно создать условия, при которых населенности верхнего уровня больше нижнего, т. е. создать инверсную населенность уровней. Такая среда является термодинамически неравновесной. 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 [1].

Первый квантовый генератор продемонстрировал в 1960 г. сотрудник корпорации Hughes Aircraft Теодор Мейман. В качестве активной среды использовался кристалл искусственного рубина, а вместо объемного резонатора служил резонатор Фабри-Перо, образованный серебряными зеркальными покрытиями, нанесенными на торцы кристалла. Этот лазер работал в импульсном режиме на длине волны 694,3 нм.

В декабре того же года был создан гелий-неоновый лазер, излучающий в непрерывном режиме (А. Джаван, У. Беннет, Д. Хэрриот). Изначально лазер работал в инфракрасном диапазоне, затем был модифицирован для излучения видимого красного света с длиной волны 632,8 нм. В течение следующих пяти лет были разработаны лазерные диоды, лазеры на красителях, лазеры на двуокиси углерода, химические лазеры. В 1962 году Ник Холоньяк продемонстрировал первый полупроводниковый лазер видимого свечения [2].

Лазеры, способные непосредственно излучать видимый свет составляют меньшинство из общего числа лазеров: большинство лазеров излучает в инфракрасном спектральном диапазоне. В настоящее время широко используется три цвета лазерного свечения (красный, зеленый, синий).

1. Красные лазеры.

Красные лазеры позволяют получать генерацию на любой длине волны в красной области спектра в диапазоне 620–660 нм. Их можно сделать на основе полупроводников из арсенида галлия. Это химическое соединение галлия и мышьяка является третьим по масштабам применения в элект-

тронной промышленности после кремния и германия. Излучение происходит при электронно-дырочном переходе между различными зонами кристалла, как и в кремниевых полупроводниках. Накачка производится непосредственно электрическим током. Все это позволяет создавать миниатюрные и дешевые излучатели. Они применяются в биоаналитическом оборудовании, медицине, для печати и обработки изображений, обработки материалов, фундаментальных исследований [3].

2. Зеленые лазеры.

Зеленый лазер это твердотельный лазер с диодной накачкой (Diode-pumped solid-state laser, DPSS) – разновидность твердотельного лазера, в которой в качестве источника оптической накачки используется лазерный диод. DPSS-лазеры характеризуются высокой эффективностью и компактностью по сравнению с газовыми и другими твердотельными лазерами. В последние годы DPSS-лазеры приобрели особую популярность как источники излучения в лазерных указках зеленого, желтого и некоторых других цветов. Источником накачки является мощный инфракрасный лазерный диод (от 100 мВт до нескольких ватт) с длиной волны 808 нм. Этим диодом накачивается кристалл алюмоиттриевого граната или ортованадата иттрия. Кристалл излучает на длине волны 1064 нм. Следующей ступенью является нелинейная оптическая система из кристалла титанил фосфата калия (KTiOPO₄, KTP). В нём исходная частота излучения удваивается, и выходной луч имеет длину волны 532 нм, что соответствует зелёному цвету видимого излучения. Зеленые DPSS лазеры на 20% эффективнее красных, хотя некоторые лазеры составляют эффективность более 35%. Несмотря на сложность устройства, его можно делать весьма компактным – например, в виде лазерной указки.

3. Синие лазеры.

Синий лазер – это полупроводниковый лазер, который излучает свет в диапазоне 400-472 нм. Создания полупроводниковых технологий, позволяющих производить лазер излучающий синий цвет был большой шаг вперед для электроники. Наряду с красными и зелеными лазерами, завершился третий из трех основных цветов воспринимаемых человеческим зрением. Это позволяет создать белый свет светодиодов. Также продолжается путь развития лазерной индустрии в бытовой и промышленной электронике. Раньше было чрезвычайно трудно разработать такие лазеры, синие лазеры имеют большую длину волны, чем другие цвета, синие лазеры стали коммерчески доступны в 2001 году. Первый эффективный синий лазер был изобретен японским ученым Суджи Накамура в 1996 году [4]. Последующие 10 лет он совершенствовал технологию, увеличивая жизненный цикл и потребительские свойства устройств. Его работа была отмечена премией «Технология Тысячелетия» в 2006 году. Синие лазерные диоды используются в оптических дисководах (CD-ROM используют 780 нм; DVD 630 нм). Синие светодиоды планируется использовать в экранах дисплеев.

В середине 1990-х годов С. Накамура разработал коммерчески жизнеспособные фиолетовые полупроводниковые лазеры на основе нитрида галлия. Это изобретение позволило развитию не больших, удобных и недорогих синих, фиолетовых и ультрафиолетовых лазеров.

Одновременно с созданием первых лазеров начали развиваться различные направления их применений. Создание лазеров ликвидировало качественное отличие оптики от радиоэлектроники. Таким образом, все радиотехнические методы принципиально могут быть осуществлены и в оптическом диапазоне, причём малость длины волны лазерного излучения открывает ряд дополнительных перспектив. Лазеры большой мощности позволяют изучать разнообразные явления при взаимодействии света большой интенсивности со средой, ранее совершенно недоступные для эксперимента. В исследованиях молекулярного рассеяния света лазерные источники значительно расширили возможности экспериментальной техники, в частности позволили исследовать свойства жидкого и твёрдого гелия, провести первые исследования кинетики движения некоторых биологических объектов, например простейших бактерий. С помощью коротких и сверхкоротких импульсов можно изучать чрезвычайно быстрые релаксационные процессы в конденсированных средах с временем релаксации $\sim 10^{-13}$ с. Возможность формировать сверхкороткие импульсы света 10^{-11} - 10^{-12} с имеет также очень важное значение для скоростной фотографии и ряда других методов исследования быстротекущих процессов. С помощью гелий-неонового лазера, обладающего высокой стабильностью частоты, возможно создание единого оптического стандарта длины (длина волны) и времени (частота). Это позволяет получить наиболее точное значение скорости света $c = 2,997924562 + 1,1$ м/с. Лазеры позволили осуществить новый метод получения объемных и цветных изображений, названный голографией.

Физика лазеров и по сей день интенсивно развивается. С момента изобретения лазера почти каждый год появлялись всё новые его виды, приспособленные для различных целей деятельности.

Литература.

1. Физика атома и атомного ядра // Multiring.ru [электронный ресурс] – режим доступа - URL: <http://multiring.ru/course/physicspart2/>
2. История лазера // Лазеры и лазерные технологии [электронный ресурс] – режим доступа - URL: <http://laserinfo.ru/laser-history.html>
3. Лазерные диоды // LaserPortal.ru [электронный ресурс] – режим доступа - URL: http://www.laserportal.ru/content_589
4. Происхождения синих лазеров// ServiceQuality [электронный ресурс] – режим доступа - URL: <http://beamq.ru/-ezp-79.html?chapter=5>

АТМОСФЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

К.В. Стриженко, студент группы 17В41,

научный руководитель: Полицинский Е.В., к.пед.н., доцент

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

Атмосфера [от гр. *atmos* – пар и *sphaire* – шар] – газообразная оболочка Земли и других небесных тел. У земной поверхности в основном состоит из азота (78,08%), кислорода (20,95%), аргона (0,93%), водяного пара (0,2-2,6%), углекислого газа (0,03%). Газовый состав атмосферы является причиной многих оптических эффектов, связанных с излучением. По распределению температуры с высотой атмосферу делят на следующие слои: тропосферу, где развиваются почти все погодные процессы (образование облаков, выпадение осадков и пр.); над тропосферой расположен переходный слой – тропопауза, выше которой идет ряд слоёв, составляющих вместе т. н. верхние слои атмосферы. Земная атмосфера прозрачна почти полностью для падающего извне излучения лишь в двух сравнительно узких окнах: оптическом – в диапазоне волн от 0,25 мкм до 1,5 – 2 мкм и радиодиапазоне – для волн длиной от 1 мм до 15 – 30 м. Атмосферное излучение — собственное инфракрасное излучение атмосферы и облаков в пределах длин волн от 4 до 120 мкм

Природа атмосферного излучения различна:

1) толщина атмосферы является гигантским «оптическим прибором», перераспределяющим световой поток, попадающий от солнца на землю;

2) атмосфера играет роль накопительного элемента, принимающего и удерживающего энергию космоса в околоземной области;

3) атмосфера является зеркалом, которое препятствует энергетической утечке с земли;

4) атмосфера сама является первоисточником энергии электромагнитных волн.

Голубой цвет дневного безоблачного неба является примером перераспределения световой энергии в атмосфере. Русский физик Мандельштам показал, что беспорядочное движение молекул не может сделать газ однородным. Наоборот, в реальном газе всегда имеются мельчайшие разрежения и уплотнения, образующиеся в результате хаотического теплового движения молекул газа. Вот они-то и приводят к рассеянию света, так как нарушают оптическую однородность воздуха. Так как размеры неоднородностей, возникающих в результате хаотического движения, меньше длины световых волн, то рассеиваться будут преимущественно волны, соответствующие фиолетовой и синей части спектра. А это приводит, в частности, к голубой окраске неба днем, когда солнце высоко, и к красным восходам и закатам при малых углах наблюдения утром и вечером.

Неоднородность атмосферы приводит к таким периодически возникающим свечениям, как гало и солнечная колонна. Светлый туман вокруг Солнца или Луны можно видеть довольно часто. Это бывает тогда, когда небо затянуто пеленой – лёгкими высокими перистыми облаками. Мельчайшие ледяные кристаллики и капельки воды, из которых эти облака состоят, как бы светятся, рассеивая лучи яркого источника света. Иногда, если облака достаточно тонкие и однородные, вокруг Солнца или Луны появляется не просто туманное свечение, а яркий круг, реже сразу несколько кругов – гало (от греч. «галос» – круг, диск). Гало – белые или радужные световые дуги и окружности вокруг диска Солнца или Луны. Они возникают вследствие преломления или отражения света находящимися в атмосфере кристаллами льда или снега. Кристаллы, формирующие гало, располагаются на поверхности воображаемого конуса с осью, направленной от наблюдателя (из вершины конуса) к Солнцу. При