



ЛАЗЕРНАЯ ОДИССЕЯ

Теодор.Г. Мейман

Пер. с англ. М.Н. Сапожникова / Предисл. Кэтлин Мейман

- © Теодор Мейман, 2000
 - © Кэтлин Мейман, предисловие к изданию на русском языке, 2010
 - © Сапожников М.Н., перевод на русский язык, 2010
 - © Издание на русском языке, оформление ООО «Печатные Традиции», 2010
- М.: Печатные Традиции, 2010. 224 с., ил.
ISBN 978-5-91561-050-6

16 мая 1960 года Теодор Мейман сделал первый в мире лазер, получив генерацию красного когерентного света в кристалле рубина.

Мейман выиграл лазерную гонку в соревновании с ведущими промышленными лабораториями и университетами США, стремившимися первыми получить когерентный свет после создания микроволнового усилителя – мазера. Сообщение Меймана о своем достижении на пресс-конференции в Нью-Йорке 7 июля 1960 года вызвало сенсацию и было встречено многими учеными сначала с недоверием. Однако конструкция рубинового лазера Меймана была настолько простой, элегантной и эффективной, что уже через несколько месяцев этот лазер смогли воспроизвести в других лабораториях и его конструкция была использована для создания других лазеров.

В своей автобиографической книге Теодор Мейман увлекательно описывает свое детство, годы учебы в университетах США и свои исследования в Лаборатории Хьюза в Калифорнии, которые привели к созданию лазера. Он откровенно рассказывает о действиях влиятельных ученых-конкурентов из лабораторий на Восточном побережье США, которые в течение многих лет пытались преуменьшить значение его выдающегося достижения.

2010 год объявлен Международным годом лазера, и научный мир празднует во многих странах пятидесятилетний юбилей этого замечательного научного и технологического достижения XX века. В связи с полувековым юбилеем создания первого лазера книга Теодора Меймана переведена на русский язык. Книга содержит предисловие Кэтлин Мейман, написанное специально для русского издания.

* * *

Введение

Распространенность лазеров

Количество лазеров разнообразных типов, используемых в наше время, поражает воображение. Кажется, что они вездесущи. И их применение в самых различ-

ных областях в медицине, науке и промышленности, для развлечений и в военных целях непрерывно расширяется.

Лазерные технологии проникли и в наши дома. Крошечный полупроводниковый лазерный диод, похожий на транзистор, является основным элементом проигрывателей компакт- и видеодисков, а также используется в дисководах для записи компакт- и видеодисков. И, как вы знаете, лазер также находится где-то внутри вашего лазерного принтера.

Лазерный свет поражает своим великолепием и очень эффектно используется для лазерной иллюминации в различных представлениях. Вспомните ослепительные лазерные мечи, которыми угрожающе размахивают герои «Звездных войн». Мигающий красный свет сканеров в кассах супермаркетов и сияющее световое пятно на стене от лазерной указки постоянно напоминают нам о существовании лазеров.

Телефонная связь, кабельное телевидение, связь через Интернет – всё это осуществляется, как правило, в результате передачи информации по очень тонким, толщиной с человеческий волос, стеклянным волокнам. Волоконно-оптическая связь основана на передаче по оптическим волокнам луча света от крошечного лазера размером с булавочную головку, который подобен лазерам, используемым в проигрывателях и дисководах компакт- и видеодисков.

Лазерные технологии фактически произвели революцию во многих методах лечения в медицине. Сейчас с помощью лазеров осуществляется почти бескровная хирургия, и разработаны новые, необычные методы лечения рака.

Лазеры применяются в офтальмологии для лечения катаракты, глаукомы и операций на сетчатке глаза. Недавно разработаны лазерные методы, позволяющие изменять форму хрусталика глаза, в результате чего многие пациенты избавились от очков.

Лазеры также используются для косметических операций по удалению морщин и бородавок, волос и татуировок. Они даже применяются для отбеливания зубов.

Лазеры нашли разнообразное применение и в производстве. Они используются для резки стали в автомобильной промышленности, очень точной обработки экзотических материалов в аэрокосмической промышленности и изготовления полупроводниковых и электронных элементов. Они даже применяются для кройки тканей в швейной промышленности.

В современных самолетах типа гражданского Боинга 767 используются лазерные гироскопы для навигации.

Лазеры используются в военных приложениях в оптических радарах для точных измерений расстояния до мишени и точного наведения так называемых управляемых бомб и ракет.

В настоящее время выпускаются лазеры самых разнообразных типов, которые имеют различную форму и размер и испускают лучи света, обладающие разными свойствами. В зависимости от конкретных приложений, это могут быть большие промышленные лазеры с выходной мощностью, достигающей много киловатт (1000 ватт), или лазеры для хирургии глаза с тщательно контролируемым световым пучком, или миниатюрные лазеры, которые используются в волоконной оптике и проигрывателях компакт- и видеодисков.

* * *

Открытие

Меня часто спрашивают, как мне удалось создать лазер. Многие думают, что это произошло в результате какого-то внезапного наития. Но это было совсем не так.

Конечно, если научное открытие вдруг происходит в результате видения, которое возникло неизвестно откуда, это выглядит весьма эффектно, но так бывает очень редко. На самом деле почти все научные открытия основаны на предыдущих научных работах.

Именно так было, когда братья Райт сначала стали исследовать планеры, которые изобрели не они, но они усовершенствовали их. Они использовали пропеллер, который изобрел Леонардо да Винчи, и, опираясь на законы аэродинамики, сделали легкий двигатель. Проработав последовательно всю эту работу, они сумели создать аэроплан, на котором осуществили впервые в мире полет.

Даже так называемые случайные открытия пластмассы или пенициллина были сделаны, потому что первооткрыватели видели цель своих поисков и понимали их важность. Они обладали творческим потенциалом, который помог им воплотить в действительность то, что они предвидели. Открытие сопутствует подготовленному уму!

Точно так же было в случае с лазером. В 1916 году Альберт Эйнштейн заложил фундаментальные основы принципа работы лазеров. Он сформулировал и объяснил законы поглощения и испускания излучения атомами и молекулами. Эйнштейн ввел понятие о вынужденном испускании излучения, которое является ключевым для работы лазера. Окончание *ser* в названии *laser* происходит от первых букв выражения *stimulated emission of radiation* (вынужденное испускание излучения).

Затем в 1920 году физики К.Г. Фюхтбауэр и Рудольф Ладенбург развили теорию Эйнштейна дальше, связав поглощение света в материальной среде с фундаментальными свойствами атомов этой среды. Но именно русский физик В.А. Фабрикант впервые предложил концепцию лазера в 1940 году [Валентин Фабрикант предложил идею усиления света в электрическом разряде в газе, создавая инверсию населенности за счет соударений второго рода между молекулами газа. Однако он не предлагал помещать газ в резонатор для получения генерации света. – *Примечание переводчика*].

В последующие годы было сделано много предложений и достигнуто много успехов в развитии технологий, которые послужили мостом для создания лазера. Благодаря тому, что я имел специальные технические знания и физическое образование, мне удалось подобрать ключи к двери на пути создания первого лазера.

* * *

Лазерный процесс

Я объясню особенности лазерного процесса на примере сконструированного мной рубинового лазера. Процесс начинается, когда кристалл рубина возбуждается лампой-вспышкой и ионы хрома переходят на метастабильный флуоресцентный уровень. Ионы теряют свою энергию, излучая случайным образом фотоны в красной области спектра. Это – хорошо известная красная флуоресценция (спонтанное излучение).

Если уровень возбуждения достаточно высок, то достигается требуемое условие инверсной населенности. В этом случае количество ионов хрома, находящихся на верхнем метастабильном флуоресцентном уровне, больше, чем их количество в основном состоянии. Поэтому ионы хрома могут испускать *вынужденное* излучение (вынужденное испускание излучения по Эйнштейну [stimulated emission of radiation – ser]) наряду с обычным спонтанным излучением.

Так как теперь метастабильный уровень опустошается гораздо быстрее, чем обычно, то время жизни флуоресценции уменьшается. Это сокращение времени жизни можно наблюдать, возбуждая красное свечение рубина лампой-вспышкой и регистрируя его затухание с помощью фотоэлемента, соединенного с осциллоскопом. Когда рубин находится в состоянии с инверсной населенностью, он становится усилителем. Красные фотоны *усиливаются* во время распространения в кристалле.

Начинается важный процесс селекции. Сначала красные фотоны испускаются в произвольных направлениях. Однако фотоны флуоресценции, испускаемые под большими углами к механической оси рубинового цилиндра, выходят через боковые стороны кристалла и теряются таким образом. С другой стороны, фотоны, испускаемые вдоль оси кристалла или под небольшими углами к его оси, оказываются фактически в ловушке. Они отражаются от противоположных зеркал на торцах кристалла и распространяются туда и обратно в кристалле. Аксиальные фотоны усиливаются во время их распространения в кристалле и генерируют новые фотоны в том же направлении. В результате *вынужденное* излучение с возбужденного метастабильного уровня быстро становится доминирующим.

Фотоны, распространяющиеся в кристалле, являются фотонами вынужденного излучения. Усиленные аксиальные фотоны распространяются вдоль оси кристалла. Поэтому фотоны, которые выходят из маленького отверстия выходного серебряного зеркала, концентрируются вдоль или почти вдоль оси кристалла.

Красное (спонтанное) излучение флуоресценции рубина испускается в диапазоне частот, распределение которых описывается колоколообразной кривой. Фотоны флуоресценции имеют наибольшую концентрацию в центре этой кривой. В состоянии инверсной населенности наибольшее усиление достигается в максимуме кривой распределения частот. В итоге (как в случае с углом распространения луча) фотоны с частотами вблизи центра распределения оказываются в более благоприятных условиях, так как они усиливаются сильнее во время распространения туда и обратно в результате многократных отражений от зеркал. Именно поэтому частотное распределение лазерного излучения является узким, т.е. *ширина лазерной линии* мала.

Я собирался наблюдать в экспериментах сокращение времени жизни флуоресценции рубина при высоком уровне возбуждения лампой-вспышкой. С повышением мощности возбуждения рубина, интенсивность его флуоресценции должна возрастать пропорционально до момента достижения порога. Но выше порога небольшое увеличение мощности возбуждения должно вызывать гораздо более сильное изменение интенсивности выходного излучения, так как монохроматор в сочетании с детектором более чувствителен к воздействию узкого луча света с небольшой спектральной шириной.

Я также планировал независимые измерения сужения спектральной ширины линии излучения рубина с помощью прибора, предназначенного специально для этой цели, который называется спектрографом.

* * *

Сделай это!

И вот наступил день 16 мая 1960 года – время подтвердить или опровергнуть все опасения, что «рубин не может работать» или что «вообще лазер нельзя сделать». Уже больше не требовалось никаких новых расчетов и никаких отвлекающих внимание экспериментов. Настал момент истины!

Лазерная головка была установлена на оптическую скамью. Лампа-вспышка была подключена к источнику питания. Поджигающий электрод был соединен с искровой катушкой, инициирующей вспышку стробоскопической лампы. Свет, выходящий из отверстия в зеркале на торце рубинового стержня, направлялся через монохроматор фирмы Vausch and Lomb на фотоумножитель (высокочувствительный фотоэлемент). Электрический сигнал с фотоумножителя подавался на вход мемоскопа производства Лаборатории Хьюза*.

Мы проводили эксперимент вдвоем с Ирри Д'Хененсом. Больше в лаборатории никого не было.

Сначала мы произвели пробное возбуждение флуоресценции рубина лампой-вспышкой для отладки системы детектирования.

Мы установили напряжение источника питания лампы, равное примерно 500 В, возбудили флуоресценцию вспышкой лампы и наблюдали развертку импульса на экране мемоскопа.

Этот импульс описывал изменение во времени интенсивности красной флуоресценции рубина. Импульс затухал в течение примерно трех миллисекунд. Это время равно времени жизни возможного лазерного уровня. Мы произвели необходимую настройку параметров, чтобы оптимизировать вид кривой на экране мемоскопа.

Теперь мы начали постепенно поднимать напряжение источника питания и каждый раз регистрировали импульсы флуоресценции рубина. При этом пиковая интенсивность импульса возрастала пропорционально энергии возбуждения, а время его затухания не менялось... Пока все шло, как обычно.

Но когда мы подняли напряжение источника питания лампы выше 950 В, все изменилось! Пиковая интенсивность импульса стала резко возрастать, а время его затухания быстро уменьшилось.

Отлично! Это было именно то, что нужно!

Лазер родился!

*Осциллоскоп специального типа для регистрации и хранения в памяти быстроменяющихся сигналов