

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И.Вавилова
Факультет Инженерии и природообустройства
Кафедра «Техносферная безопасность и транспортно-технологические
машины»

РЕФЕРАТ

Развитие теоретических принципов лазерной техники

Выполнил: аспирант 1-го года обучения
Бахарев Роман Геннадьевич

Научный руководитель: д.т.н., доцент
Соловьев Дмитрий Александрович

Саратов 2015

Содержание

Введение	3
1. История создания лазера	6
2. Классификация лазеров и их характеристики	10
3. Область применения лазеров в науке и технике	13
Заключение	21
Список использованной литературы	25

Введение

Изобретение лазера стоит в одном ряду с наиболее выдающимися достижениями науки и техники XX века. Первый лазер появился в 1960 г., и сразу же началось бурное развитие лазерной техники. В короткое время были созданы разнообразные типы лазеров и лазерных устройств, предназначенных для решения конкретных научных и технических задач. Лазеры уже успели завоевать прочные позиции во многих отраслях народного хозяйства. Как заметил академик А.П. Александров, “всякий мальчишка теперь знает слово лазер”. И все же, что такое лазер, чем он интересен и полезен? Один из основоположников науки о лазерах - квантовой электроники - академик Н.Г. Басов отвечает на этот вопрос так: “Лазер - это устройство, в котором энергия, например тепловая, химическая, электрическая, преобразуется в энергию электромагнитного поля - лазерный луч. При таком преобразовании часть энергии неизбежно теряется, но важно то, что полученная в результате лазерная энергия обладает несравненно более высоким качеством. Качество лазерной энергии определяется ее высокой концентрацией и возможностью передачи на значительное расстояние. Лазерный луч можно сфокусировать в крохотное пятнышко диаметра порядка длины световой волны и получить плотность энергии, превышающую даже на сегодняшний день плотность энергии ядерного взрыва. С помощью лазерного излучения уже удалось достичь самых высоких значений температуры, давления, напряженности магнитного поля. Наконец, лазерный луч является самым емким носителем информации и в этой роли - принципиально новым средством ее передачи и обработки”. Широкое применение лазеров в современной науке и технике объясняется специфическими свойствами лазерного излучения. Лазер - это генератор когерентного света. В отличие от других источников света (например, ламп накаливания или ламп дневного света) лазер дает оптическое излучение, характеризующееся высокой степенью упорядоченности светового поля или,

как говорят, высокой степенью когерентности. Такое излучение отличается высокой монохроматичностью и направленностью. В наши дни лазеры успешно трудятся на современном производстве, справляясь с самыми разнообразными задачами. Лазерным лучом раскраивают ткани и режут стальные листы, сваривают кузова автомобилей и приваривают мельчайшие детали в радиоэлектронной аппаратуре, пробивают отверстия в хрупких и сверхтвердых материалах. Доводка номиналов пассивных элементов микросхем и методы получения на них активных элементов с помощью лазерного луча получили дальнейшее развитие и применяются в производственных условиях. Причем лазерная обработка материалов позволяет повысить эффективность и конкурентоспособность по сравнению с другими видами обработки. В руках хирурга лазерный луч превратился в скальпель, обладающий рядом удивительных свойств. Лазеры широко используются в современных контрольно-измерительных устройствах, вычислительных комплексах, системах локации и связи. Лазеры позволяют быстро и надежно контролировать загрязненность атмосферы и поверхности моря, выявлять наиболее нагруженные участки деталей различных механизмов, определять внутренние дефекты в них. Лазерный луч становится надежным помощником строителей, картографов, археологов, криминалистов. Непрерывно расширяется область применения лазеров в научных исследованиях - физических, химических, биологических. [1]

Замечательные свойства лазеров - исключительно высокая когерентность и направленность излучения, возможность генерирования когерентных волн большой интенсивности в видимой, инфракрасной и ультрафиолетовой областях спектра, получение высоких плотностей энергии как в непрерывном, так и в импульсном режиме - уже на заре квантовой электроники указывало на возможность широкого их применения для практических целей. С начала своего возникновения лазерная техника развивается исключительно высокими темпами. Появляются новые типы лазеров и одновременно совершенствуются старые: создаются лазерные

установки с необходимым для различных конкретных целей комплексом характеристик, а также различного рода приборы управления лучом, все более и более совершенствуется измерительная техника. Это послужило причиной глубокого проникновения лазеров во многие отрасли народного хозяйства, и в частности в машино- и приборостроение.

Значительная импульсная мощность и энергия излучения современных твердотельных и газовых лазеров позволили вплотную подойти к решению проблем лазерной энергетики - разработке лазерного оружия для систем противоракетной обороны, управляемого термоядерного синтеза, разделения изотопов и лучевой передачи энергии, в том числе на космические объекты.

Надо особо отметить, что освоение лазерных методов или, иначе говоря, лазерных технологий значительно повышает эффективность современного производства. Лазерные технологии позволяют осуществлять наиболее полную автоматизацию производственных процессов.

Одновременно при этом экономится сырье и рабочее время, повышается качество продукции. Например, практически мгновенная пробивка отверстий лазерным излучением во много раз увеличивает производительность работы сверловщика и к тому же существенно повышает качество этой работы. Лазерное изготовление микросхем отличается высокой производительностью и высоким качеством. В обоих примерах производственные операции легко поддаются автоматизации; управление лазерным лучом может взять на себя специальное вычислительное устройство. Можно уверенно утверждать, что внедрение и совершенствование лазерных технологий приведет к качественному изменению всего облика современного производства.

1. История создания лазера

Слово “лазер” составлено из начальных букв в английском словосочетании Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, что в переводе на русский язык означает: усиление света посредством вынужденного испускания. Таким образом, в самом термине лазер отражена та фундаментальная роль процессов вынужденного испускания, которую они играют в генераторах и усилителях когерентного света. Поэтому историю создания лазера следует начинать с 1917 г., когда Альберт Эйнштейн впервые ввел представление о вынужденном испускании. Это был первый шаг на пути к лазеру. Следующий шаг сделал советский физик В.А. Фабрикант, указавший в 1939 г. на возможность использования вынужденного испускания для усиления электромагнитного излучения при его прохождении через вещество. Идея, высказанная В.А. Фабрикантом, предполагала использование микросистем с инверсной заселенностью уровней. Позднее, после окончания Великой Отечественной войны, В.А.Фабрикант вернулся к этой идее и на основе своих исследований подал в 1951 г. (вместе с М.М. Вудынским и Ф.А. Бутаевой) заявку на изобретение способа усиления излучения при помощи вынужденного испускания. На эту заявку было выдано свидетельство, в котором под рубрикой “Предмет изобретения” записано: “Способ усиления электромагнитных излучений (ультрафиолетового, видимого, инфракрасного и радиодиапазонов волн), отличающийся тем, что усиливаемое излучение пропускают через среду, в которой с помощью вспомогательного излучения или другим путем создают избыточную по сравнению с равновесной концентрацию атомов, других частиц или их систем на верхних энергетических уровнях, соответствующих возбужденным состояниям”.

Первоначально этот способ усиления излучения оказался реализованным в радиодиапазоне, а точнее в диапазоне сверхвысоких частот (СВЧ диапазоне). В мае 1952 г. на Общесоюзной конференции по

радиоспектроскопии советские физики (ныне академики) Н.Г. Басов и А.М. Прохоров сделали доклад о принципиальной возможности создания усилителя излучения в СВЧ диапазоне. Они назвали его “молекулярным генератором” (предполагалось использовать пучок молекул аммиака). Практически одновременно предложение об использовании вынужденного испускания для усиления и генерирования миллиметровых волн было высказано в Колумбийском университете в США американским физиком Ч. Таунсом. В 1954 г. молекулярный генератор, названный вскоре мазером, стал реальностью. Он был разработан и создан независимо и одновременно в двух точках земного шара - в Физическом институте имени П.Н. Лебедева Академии наук СССР (группой под руководством Н.Г. Басова и А.М. Прохорова) и в Колумбийском университете в США (группой под руководством Ч. Таунса). Впоследствии от термина “мазер” и произошел термин “лазер” в результате замены буквы “М” (начальная буква слова Microwave - микроволновой) буквой “L” (начальная буква слова Light - свет). В основе работы, как мазера, так и лазера лежит один и тот же принцип - принцип, сформулированный в 1951 г. В.А.Фабрикантом. Появление мазера означало, что родилось новое направление в науке и технике. Вначале его называли квантовой радиофизикой, а позднее стали называть квантовой электроникой.

Шесть лет напряженных исследований. Спустя десять лет после создания мазера, в 1964 г. на церемонии, посвященной вручению Нобелевской премии, академик А.М.Прохоров сказал: “Казалось бы, что после создания мазеров в радиодиапазоне вскоре будут созданы квантовые генераторы в оптическом диапазоне. Однако этого не случилось. Они были созданы только через 5-6 лет. Чем это объясняется? Здесь были две трудности. Первая трудность заключалась в том, что тогда не были предложены резонаторы для оптического диапазона длин волн, и вторая - не были предложены конкретные системы и методы получения инверсной заселенности в оптическом диапазоне”. Упомянутые А.М. Прохоровым

шесть лет действительно были заполнены теми исследованиями, которые позволили в конечном счете перейти от мазера к лазеру. В 1955 г. Н.Г. Басов и А.М. Прохоров обосновали применение метода оптической накачки для создания инверсной заселенности уровней. В 1957 г. Н.Г. Басов выдвинул идею использования полупроводников для создания квантовых генераторов; при этом он предложил использовать в качестве резонатора специально обработанные поверхности самого образца. В том же 1957 г. В.А. Фабрикант и Ф.А. Бутаева наблюдали эффект оптического квантового усиления в опытах с электрическим разрядом в смеси паров ртути и небольших количеств водорода и гелия. В 1958 г. А.М. Прохоров и независимо от него американские физики А. Шавлов и Ч. Таунс теоретически обосновали возможность применения явления вынужденного испускания в оптическом диапазоне; они (а также американец Д. Дикке) выдвинули идею применения в оптическом диапазоне не объемных (как в СВЧ диапазоне), а открытых резонаторов. Заметим, что конструктивно открытый резонатор отличается от объемного тем, что убраны боковые проводящие стенки (сохранены торцовые отражатели, фиксирующие в пространстве ось резонатора) и линейные размеры резонатора выбраны большими по сравнению с длиной волны излучения. В 1959 г. вышла в свет работа Н.Г. Басова, Б.М. Вула, Ю.М. Попова с теоретическим обоснованием идеи полупроводниковых квантовых генераторов и анализом условий их создания. Наконец, в 1960 г. появилась обстоятельная статья Н.Г. Басова, О.Н. Крохина, Ю.М. Попова, в которой были всесторонне рассмотрены принципы создания и теория квантовых генераторов и усилителей в инфракрасном и видимом диапазонах. В конце статьи авторы писали: "Отсутствие принципиальных ограничений позволяет надеяться на то, что в ближайшее время будут созданы генераторы и усилители в инфракрасном и оптическом диапазоне волн".

Таким образом, интенсивные теоретические и экспериментальные исследования в СССР и США вплотную подвели ученых в самом конце 50-х годов к созданию лазера. Успех выпал на долю американского физика Т.

Меймана. В 1960 г. в двух научных журналах появилось его сообщение о том, что ему удалось получить на рубине генерацию излучения в оптическом диапазоне. Так мир узнал о рождении первого “оптического мазера”- лазера на рубине. Первый образец лазера выглядел достаточно скромно: маленький рубиновый кубик (1x1x1 см), две противоположные грани, которого имели серебряное покрытие (эти грани играли роль зеркал резонатора), периодически облучался зеленым светом от лампы-вспышки высокой мощности, которая змеей охватывала рубиновый кубик. Генерируемое излучение в виде красных световых импульсов испускалось через небольшое отверстие в одной из посеребренных граней кубика. В том же 1960 г. американским физикам А. Джавану, В. Беннету, Д. Эрриоту удалось получить генерацию оптического излучения в электрическом разряде в смеси гелия и неона. Так родился первый газовый лазер, появление которого было фактически подготовлено экспериментальными исследованиями В.А. Фабриканта и Ф.А. Бутаевой, выполненными в 1957 г. начиная с 1961 г., лазеры разных типов (твердотельные и газовые) занимают прочное место в оптических лабораториях. Осваиваются новые активные среды, разрабатывается и совершенствуется технология изготовления лазеров. В 1962-1963 гг. в СССР и США одновременно создаются первые полупроводниковые лазеры. Так начался новый, “лазерный” период оптики.

2. Классификация лазеров и их характеристики

Принято различать два типа лазеров: усилители и генераторы. На выходе усилителя появляется лазерное излучение, когда на его вход (а сам он уже находится в возбужденном состоянии) поступает незначительный сигнал на частоте перехода. Именно этот сигнал стимулирует возбужденные частицы к отдаче энергии. Происходит лавинообразное усиление. Таким образом - на входе слабое излучение, на выходе - усиленное.

С генератором дело обстоит иначе. На его вход излучение на частоте перехода уже не подают, а возбуждают и, более того, перевозбуждают активное вещество. Причем если активное вещество находится в перевозбужденном состоянии, то существенно растет вероятность самопроизвольного перехода одной или нескольких частиц с верхнего уровня на нижний. Это приводит к возникновению стимулированного излучения.

Второй подход к классификации лазеров связан с физическим состоянием активного вещества. С этой точки зрения лазеры бывают твердотельными (например, рубиновый, стеклянный или сапфировый), газовыми (например, гелий-неоновый, аргоновый и т.п.), жидкостными, если в качестве активного вещества используется полупроводниковый переход, то лазер называют полупроводниковым.

Третий подход к классификации связан со способом возбуждения активного вещества. Различают следующие лазеры: с возбуждением за счет оптического излучения, с возбуждением потоком электронов, с возбуждением солнечной энергией, с возбуждением за счет энергий взрывающихся проволок, с возбуждением химической энергией, с возбуждением с помощью ядерного излучения. Различают также лазеры по характеру излучаемой энергии и ее спектральному составу. Если энергия излучается импульсно, то говорят об импульсных лазерах, если непрерывно, то лазер называют лазером с непрерывным излучением. Есть лазеры и со смешанным режимом работы, например полупроводниковые. Если излучение

лазера сосредоточено в узком интервале длин волн, то лазер называют монохроматичным, если в широком интервале, то говорят о широкополосном лазере.

Еще один вид классификации основан на использовании понятия выходной мощности. Лазеры, у которых непрерывная (средняя) выходная мощность более 10^6 Вт, называют высокомоощными. При выходной мощности в диапазоне $10^5 \dots 10^3$ Вт имеем лазеры средней мощности. Если же выходная мощность менее 10^{-3} Вт, то говорят о маломощных лазерах.

В зависимости от конструкции открытого зеркального резонатора различают лазеры с постоянной добротностью и лазеры с модулированной добротностью - у такого лазера одно из зеркал может быть размещено, в частности, на оси электродвигателя, который вращает это зеркало. В данном случае добротность резонатора периодически меняется от нулевого до максимального значения. Такой лазер называют лазером с Q-модуляцией.

Одной из характеристик лазеров является длина волны излучаемой энергии. Диапазон волн лазерного излучения простирается от рентгеновского участка до дальнего инфракрасного, т.е. от 10^{-3} до 10^2 мкм. За областью 100 мкм лежит, образно говоря, “целина”. Но она простирается только до миллиметрового участка, который осваивается радистами. Этот неосвоенный участок непрерывно сужается, и есть надежда, что его освоение завершится в ближайшее время. Доля, приходящаяся на различные типы генераторов, неодинакова. Наиболее широкий диапазон у газовых квантовых генераторов.

Другой важной характеристикой лазеров является энергия импульса. Она измеряется в джоулях и наибольшей величины достигает у твердотельных генераторов - порядка 10^3 Дж. Третьей характеристикой является мощность. Газовые генераторы, которые излучают непрерывно, имеют мощность от 10^{-3} до 10^2 Вт. Милливаттную мощность имеют генераторы, использующие в качестве активной среды гелий-неоновую смесь. Мощность порядка 100 Вт имеют генераторы на CO_2 . С твердотельными генераторами разговор о мощности имеет особый смысл. К

примеру, если взять излучаемую энергию в 1 Дж, сосредоточенную в интервале в одну секунду, то мощность составит 1 Вт. Но длительность излучения генератора на рубине составляет 10^{-4} с, следовательно, мощность составляет 10000 Вт, т.е. 10 кВт. Если же длительность импульса уменьшена с помощью оптического затвора до 10^{-6} с, мощность составляет 10^6 Вт, т.е. мегаватт. Это не предел! Можно увеличить энергию в импульсе до 10^3 Дж и сократить ее длительность до 10^{-9} с и тогда мощность достигнет 10^{12} Вт. А это очень большая мощность. Известно, что когда на металл приходится интенсивность луча, достигающая 10^5 Вт/см², то начинается плавление металла, при интенсивности 10^7 Вт/см² - кипение металла, а при 10^9 Вт/см² лазерное излучение начинает сильно ионизировать пары вещества, превращая их в плазму. [2]

Еще одной важной характеристикой лазера является расходимость лазерного луча. Наиболее узкий луч имеют газовые лазеры. Он составляет величину в несколько угловых минут. Расходимость луча твердотельных лазеров около 1...3 угловых градусов. Полупроводниковые лазеры имеют лепестковый раскрыв излучения: в одной плоскости около одного градуса, в другой - около 10...15 угловых градусов.

Следующей важной характеристикой лазера является диапазон длин волн, в котором сосредоточено излучение, т.е. монохроматичность. У газовых лазеров монохроматичность очень высокая, она составляет 10^{-10} , т.е. значительно выше, чем у газоразрядных ламп, которые раньше использовались как стандарты частоты. Твердотельные лазеры и особенно полупроводниковые имеют в своем излучении значительный диапазон частот, т.е. не отличаются высокой монохроматичностью.

Очень важной характеристикой лазеров является коэффициент полезного действия. У твердотельных он составляет от 1 до 3,5%, у газовых 1...15%, у полупроводниковых 40...60%.

3. Область применения лазеров в науке и технике

Лазеры в геодезии

Оптические методы измерения расстояний и углов хорошо известны в промышленной метрологии и геодезической службе, однако их применение было ограничено источниками света. Измерения на открытом воздухе с использованием модулированного света были возможны лишь при небольших расстояниях в несколько километров. С помощью лазеров удалось значительно расширить область применения оптических методов, а в ряде случаев и упростить их.

Лазерная гироскопия

С появлением лазеров роторные гироскопы были заменены лазерными. Это сразу сузило ряд технических достоинств. Во-первых, резко сократились размеры контура из-за того, что в кольцевом лазере оба луча многократно оббегают окружность и имеет место накопление фазового сдвига. Во-вторых, лучи не ослабляются в среде, как это было в эксперименте А. Майкельсона, а усиливаются за счет получения энергии от активного вещества. Лазерные гироскопы находят применение в зарубежных устройствах измерительной техники, в системах наземной ориентации, в системах ориентации воздушных и космических аппаратов, а также при создании бесплатформенных инерциальных систем (БИС) навигации. Лазерный гироскоп не свободен и от недостатков. К ним относятся необходимость оснащения прибора рядом вспомогательных систем, трудности калибровки и т.п. Их наличие позволяет сделать вывод, что лазерный гироскоп не сможет полностью заменить роторный. Скорее всего, он будет применяться в комплексе измерителей первичной информации и лишь в отдельных случаях использоваться самостоятельно. Обработка материалов и сварка

Обработка материалов с помощью лазеров вылилась в последнее время в мощное направление, которое получило название лазерной технологии. Вот что говорит об этом направлении академик Н.Г. Басов: “Лазерный луч - это

уникальный тепловой источник, способный нагреть облучаемый участок детали до высоких температур за столь малое время, в течение которого тепло не успевает “растрескаться”. Нагреваемый участок может быть при этом размягчен, рекристаллизован, расплавлен, наконец, его можно испарить. Дозируя тепловые нагрузки путем регулирования мощности и продолжительности лазерного облучения, можно обеспечить практически любой температурный режим и реализовать различные виды термообработки. Лазерный нагрев используется для поверхностей закалки и легирования металлов, для плавления при сварке, для плавления и испарения с выбросом паров при резке и сверлении”. Можно сформулировать основные достоинства, которые имеет лазерная обработка материалов: во-первых, большое разнообразие процессов обработки самых различных видов материалов (и даже таких, которые не поддаются механической обработке); во-вторых, высокая скорость выполнения операций по обработке (иногда в 1000 раз большая, чем при механической); в-третьих, высокое качество обработки (гладкость срезов, прочность сварных швов, чистота обработки и др.); в-четвертых, возможность высокоточной прецизионной обработки (изготовление фильер в алмазе, необходимых для волочения проволоки, изготовление отверстий в рубиновых камнях, необходимых для изготовления часовых механизмов и др.); в-пятых, селективность воздействия на отдельные участки обрабатываемой поверхности и возможность дистанционной обработки (в том числе и поверхностей, расположенных за стеклянной перегородкой); в-шестых, сравнительная легкость автоматизации операций, способствующая существенному повышению производительности труда.

Лазерная хирургия

Свойством лазерного луча сверлить и сваривать различные материалы заинтересовались не только инженеры, но и медики. Они решили использовать его в качестве скальпеля. По сравнению с обычным такой скальпель обладает целым рядом достоинств: во-первых, лазерный скальпель

отличается постоянством режущих свойств, надежностью в работе; во-вторых, лазерный луч рассекает ткань на расстоянии, не оказывая на нее какого-либо механического давления; в-третьих, лазерный скальпель имеет абсолютную стерильность, поскольку с тканью взаимодействует только излучение, причем в области рассечения возникает высокая температура; в-четвертых, лазерный луч производит почти бескровный разрез, поскольку с рассечением тканей коагулируют края раны, как бы “заваривая” мелкие сосуды; в-пятых, лазерный луч позволяет хирургу хорошо видеть оперируемый участок, в то время как скальпель загоразивает рабочее поле. Кроме того, рана от лазерного скальпеля (как показали клинические наблюдения) почти не болит и относительно скоро заживляется. Все это привело к тому. Что лазерный скальпель был применен на внутренних органах грудной и брюшной полостей. Им делают операции на желудке, делают кожно-пластические операции. Широко используют в офтальмологии при лечении глазных болезней. Исторически сложилось так, что окулисты первые обратили внимание на возможность использования лазера и внедрили его в клиническую практику.

Лазеры в ретинопатии.

Исследования показали, что лазерное излучение оказывает сильное воздействие на ткани злокачественных опухолей, а воздействие их на здоровые ткани минимально. Не было замечено каких-либо изменений в работе сердечно-сосудистых систем, внутренних органов, изменений кожи. Зато установлено, что лазерное излучение хорошо использовать для уничтожения меланомы - сильно пигментированного рака. В Англии ведутся исследования по применению лазеров в нейрохирургии. Поскольку сама излучающая головка тяжелая, то используют волоконную оптику для подведения лучистого потока к оперируемому участку. Волоконная оптика и лазерное излучение используются при операциях на желудке и пищеводе. Этому служит тонкий жгут, который вводят больному через рот. В жгуте размещаются: волокна, обеспечивающие передачу на экран анализируемого

и оперируемого участков, волокна, обеспечивающие подсветку участков обычным светом, волокна, обеспечивающие передачу лазерного излучения, необходимого для выполнения операции. Обнаружено весьма эффективное биологическое воздействие красного гелий-неонового лазера. Его стали использовать для лечения заболеваний слизистой оболочки рта, для сращивания костей после переломов, для лечения заболевания вен, приводящего к трофическим язвам, для лечения послеожоговых ран.

Лазерная связь

Известно, что предельная скорость передачи определяется длительностью одного периода колебаний используемых волн. Чем короче период, тем больше скорость передачи сообщений. Это справедливо и для передачи сообщений с помощью азбуки Морзе, с помощью телефонной связи, радио связи, с помощью телевидения. Таким образом, канал связи (передатчик, приемник и связывающая их линия) может передавать со скоростью не больше, чем частота собственных колебаний всего канала. Но это еще не достаточное условие. Для характеристики канала связи требуется такой параметр, как ширина полосы канала, т.е. диапазон частот, который используется в этом канале связи. Чем больше скорость передачи, тем шире полоса частот, на которых следует передавать. Оба этих параметра вынуждают осваивать все более высокие частоты электромагнитных колебаний. Ведь с увеличением частоты увеличивается не только скорость передачи по одному каналу, но и число каналов связи. Техника связи стала забираться во все более коротковолновую область, используя сначала дециметровые, потом метровые и, наконец, сантиметровые волны. А дальше произошла остановка из-за того, что не было подходящего источника несущих электромагнитных колебаний. Ранее существовавшие источники давали широкий спектр с очень малой мощностью, приходящейся на отдельные частоты колебаний. Световые волны небыли когерентными, а это исключало использование их для передачи сложных сигналов, требующих модуляции излучения. Положение резко изменилось с появлением лазеров.

Когерентность и монохроматичность лазерного излучения позволяет модулировать и детектировать луч таким образом, что используется вся ширина оптического диапазона. Оптический участок спектра гораздо шире и вместительнее, чем радиоволновой. Лазерные локаторы для стыковки

В настоящее время успешно осуществляется стыковка космических аппаратов на орбите. Для этого все они оборудуются целым рядом устройств, среди которых не последним является и лазерный локатор к нему предъявляются определенные требования, обусловленные многими причинами. В первую очередь, задаются величиной ошибки, с которой выводятся два корабля на одну и ту же орбиту. Величина зоны, в которой должны работать бортовые средства космических аппаратов, чтобы обеспечить взаимный поиск, обнаружение и слежение, определяется следующими факторами: ошибками систем управления всех ступеней, ошибками в момент пуска и, конечно, схемой вывода. Основные характеристики лазерного локатора для стыковки следующие: дальность действия - от 120 км до момента встречи; определяемые параметры - дальность, скорость, угловые координаты и скорость изменения их; точность по дальности - 0.5% от расстояния на расстоянии 120-3 км; точность по дальности - 0.1 м при расстоянии от 3 км; угловая точность - 10 угловых секунд; масса - 15 кг 770 г; потребляемая мощность - 15 Вт; габариты - 0.025 м³.

Лазерная система посадки.

Обеспечение безопасности полетов, связанное с увеличением точности систем посадки, снижением ограничений по метеоусловиям, с комфортностью работы экипажа в экстремальных условиях, является очень актуальным. На это были направлены усилия многих ученых и инженеров. Появление лазеров стимулировало усилия разработчиков систем посадки самолета. Впервые такая система была разработана и внедрена в СССР на аэродромах Министерства ГА СССР. Ее автором является инженер Бережной. Система получила название "Глиссада". Она прошла испытания и

запатентована в ряде стран. Лазерная система “Глиссада” является очень простой, легко разворачиваемой на неподготовленных аэродромах, достаточно дешевой и просто комплектуемой с любыми стоящими на аэродроме системами. Ее основные преимущества сформулированы следующим образом: имеется возможность производить приземление самолетов с точностью, превосходящей точность существующих инструментальных систем посадки; пространственные ориентиры, образованные лазерными лучами системы за счет рассеяния на неоднородностях атмосферы, на каплях дождя и частицах дымки, хорошо обнаруживаются в сумерках и ночью с удалений, превышающих дальность метеовидимости в 2.5-3 раза; система пространственных ориентиров позволяет летчику установить уверенный контакт с землей гораздо раньше, чем он начнет различать ориентиры на поверхности аэродрома, и раньше, чем он установит контакт с огнями малой интенсивности, располагаемыми на аэродроме.

Лазеры в агропроме

Особенности лазерного излучения привлекли внимание не только физиков, химиков, металлургов, оптиков. Оказалось, что и одна из древнейших сфер деятельности человека - сельскохозяйственная, нуждается во внедрении лазерных технологий. Пищевая промышленность, а также промышленность микробиологических препаратов стали использовать лазерное излучение. Уже сейчас применяется лазерная стимуляция посевного материала, лазерное дистанционное зондирование полей, космическое земледелие, лазерное прогнозирование состояния атмосферы, лазерное исследование качества зерна, лазерный контроль качества яиц и обработка мясных продуктов лазерным излучением. Ну и, конечно, лазерное излучение используется в машиностроении пищевой промышленности, например для обработки режущих инструментов, закалки подшипников и шестерен, контроля поверхности и т.п. [3]

Физическая голография

В 70-е годы происходит бурное развитие технических приложений голографии: голографической интерферометрии, оптической записи и обработки информации, Фурье-голографии, радиоголографии, акустоголографии, цифровой голографии, поляризационной голографии. Вследствие значительного расширения тематики начинается процесс профессиональной дифференциации ученых-голографистов. [3]

Цифровая голография

Сейчас, в период компьютеризации, все больше физиков обращается к цифровой голографии как методу всестороннего изучения голографического процесса. Вычислительная техника с ее широкими возможностями количественной поточечной обработки изображений позволяет промоделировать весь голографический процесс от начального момента формирования голограммы до момента восстановления по ней исходного изображения, включая многие промежуточные этапы преобразования оптической информации. Цифровая голография как метод реализации голографического процесса с помощью ЭВМ стало возможна благодаря наличию детально разработанного математического аппарата, адекватно описывающего волновое поле лазеров при формировании голограмм и восстановлении изображения. Достаточно большой опыт расчета волновых полей на ЭВМ, создание численных методов гармонического анализа двумерных сигналов с помощью ЭВМ, разработка весьма эффективного алгоритма быстрого преобразования Фурье - все это явилось основой применения цифровой техники в голографии. Процедура получения цифровой голограммы включает в себя, как правило, следующие этапы: 1. Ввод голографического участка изображения в ЭВМ; 2. Вычисление амплитудного и фазового спектров изображения с помощью алгоритмов интегральных преобразований (Фурье, Френеля); 3. Выполнение подготовительных процедур, зависящих от выбранного алгоритма выдачи цифровой голограммы на ЭВМ; 4. Выдача голограммы на печать или

фотопленку в увеличенном масштабе; 5. Уменьшение полученной голограммы до заданных размеров фотографическим способом. Направления применения голографии

Трехмерная голография: изобразительная фотография, контурная фотография, импульсная съемка подвижных объектов, радиовидение, звуковидение, моделирование радиоантенн. Распознавание образов: чтение печатных текстов, обработка аэрофотоснимков, ассоциативный поиск, цифровая голография. Интерферометрия: измерение деформаций поверхностей, неразрушающий контроль, измерение вибраций, измерение рельефа сложной поверхности, исследование ударных волн. Интроскопия: наблюдение в атмосфере, наблюдение головного мозга, кодирование изображений. Оптика: компенсация aberrаций линз, безлинзовая оптика, микроскопия.

Таким образом, можно отметить, что голографический метод записи информации является наиболее полным среди всех методов, известных ранее. Поэтому нет ничего удивительного в том, что голография может найти широкое применение во многих областях науки и техники: для передачи и обработки информации, в кибернетике, вычислительной технике, в технологии и приборостроении. [4]

Применение лазеров в военном деле

К настоящему времени сложились основные направления, по которым идет внедрение лазерной техники в военное дело. Этими направлениями являются:

1. Лазерная локация (наземная, бортовая, подводная).
2. Лазерная связь.
3. Лазерные навигационные системы.
4. Лазерное оружие.

5. Лазерные системы ПРО и ПКО, создаваемые в рамках стратегической оборонной инициативы - СОИ. [4]

Заключение

Лазеры решительно и притом широким фронтом вторгаются в нашу действительность. Они необычайно расширили наши возможности в самых различных областях: обработке материалов, медицине, измерениях, контроле, обработке и передачи информации, физических, химических и биологических исследованиях. Уже сегодня лазерный луч овладел множеством полезных и интересных профессий. Во многих случаях применение лазерного луча позволяет получать уникальные результаты. Можно не сомневаться, что в будущем луч лазера подарит нам новые возможности, представляющиеся сегодня фантастическими. Мы уже начали привыкать к мысли, что “лазер все может”. Подчас это мешает трезво оценить реальные возможности лазерной техники на современном этапе ее развития. Неудивительно, что чрезмерные восторги по поводу возможностей лазерного луча иногда сменяются некоторым охлаждением к лазерам. Все это, однако, никак не может замаскировать основной факт - с изобретением лазера человек получил в свое распоряжение качественно новый, в высокой степени универсальный, очень эффективный “инструмент” для повседневной производственной и научной деятельности. С годами этот “инструмент” будет все более совершенствоваться, а вместе с этим будет непрерывно расширяться и область применения лазеров. Нарастающие темпы исследований в области лазерной техники открывают возможности создания новых типов лазеров со значительно улучшенными характеристиками, позволяющими расширить области их применения в машино- и приборостроении. В настоящее время мы являемся свидетелями непрерывно увеличивающейся мощности излучения как твердотельных, так и газовых лазеров, работающих в постоянном режиме, что расширяет возможности их применения при различных технологических операциях: сварке деталей значительно больших габаритов, резке более толстых листов с большими скоростями, сверлении с увеличенными скоростями отверстий значительных

диаметров и т.д. Открываются новые возможности в области упрочнения деталей машин и приборов, а также режущих инструментов. Дальнейшие успехи в этом направлении пока ограничиваются выходом из строя отдельных оптических элементов лазера: зеркал, выходных окон и др. - из-за их недостаточно высокой лучевой прочности. В области повышения лучевой прочности производятся обширные исследования. Одновременно открываются новые возможности применения лазеров в технологических операциях. Повышение стабильности работы лазеров позволяет поднять на новый уровень выполнение “тонких” операций доводки, размерной обработки локального характера. Для этой цели, по-видимому, наиболее перспективны лазеры, работающие в импульсном режиме, длительность импульсов излучения которых не превосходит нескольких десятков наносекунд. Одной из характерных особенностей развития современной лазерной технологии является разделение сфер влияния твердотельных и газовых лазеров. Твердотельные лазеры в ближайшие годы будут иметь преимущества при выполнении энергетических импульсных процессов обработки, к которым относятся точечная сварка, сверление алмазных и рубиновых камней, нанесение рисунков на тонких пленках за один импульс на большой площади и т.д. В тех случаях, когда для выполнения какой-либо технологической операции достаточно энергии излучения газовых лазеров, следует отдавать им предпочтение ввиду более высоких частот повторения импульсов, стабильности и большого срока службы. Газовые лазеры и установки на их основе предоставляют технологическому исследователю большие возможности в выборе частот и режимов работы, что имеет особое значение при обработке и нанесении различных пленочных покрытий. При этом найдут применение теплехимические и фотохимические методы воздействия лазерного излучения на материалы, которые широко используются в различных областях микроэлектроники. Импульсные лазеры уже на современном уровне превзошли по импульсной мощности все другие источники энергии, и можно ожидать дальнейшего улучшения характеристик

их излучения. Однако средняя мощность лазеров пока недостаточна. Можно предположить, что аргоновые лазеры и лазеры на основе иттриево-алюминиевого граната найдут широкое применение в технологических процессах средней энергоемкости, а мощные CO_2 -лазеры займут особое положение. Установки на их основе вытеснят традиционное оборудование для резки, сварки, сверления отверстий, термообработки материалов и изделий в области тяжелого машиностроения. Здесь CO_2 -лазеры будут вне конкуренции. Простота управления интенсивностью лазерного излучения в сочетании с использованием современных средств программного управления позволит использовать лазерные установки в автоматизированных системах. [5]

Появление стабилизированных одночастотных лазеров, в особенности лазеров с плавной перестраиваемой частотой, каковыми являются жидкостные лазеры, значительно расширит области практических применений оптических методов в системах неразрушающего контроля, метрологии, системах измерения и контроля размеров и линейных перемещений. Лазерный пучок станет более удобным инструментом для определения физико-химических свойств материалов, использования в качестве визира, измерения длины, скорости и т.д. При этом приборы на основе лазеров будут обладать исключительно высокой точностью и воспроизводимостью при локальных измерениях. Оптические доплеровские методы дадут возможность измерять скорости потоков различных жидкостей и газов.

Высокостабилизированные одномодовые лазеры позволят в еще большей мере использовать голографические и интерференционные методы измерений. К голографическим методам в настоящее время проявляется все больший и больший интерес многих специалистов, в отношении их применения определяются весьма большие перспективы. С помощью голографической интерферометрии можно обнаруживать отклонения от заданных размеров различных оптических непрозрачных объектов, а также

производить испытания линз и зеркал, для которых не существует ручных шаблонов. Практически выявлена перспективность применения маломощных лазеров непрерывного действия для измерения скоростей в потоках жидкости и газа. Однако применение лазеров большой мощности, работающих в синезеленой или инфракрасной областях спектра, позволит повысить дальность действия оптических доплеровских измерителей скорости до нескольких километров. Эти измерители могут найти применение в различных технологических процессах как датчики скорости для автоматизированных систем. Широкое применение найдут лазеры в научных исследованиях. Важной областью явится использование перестраиваемых по частоте лазеров для спектральных исследований с высокой чувствительностью и разрешающей способностью. Наличие мощных непрерывных и импульсных лазеров позволит более совершенно провести исследования в области взаимодействия излучения с непрозрачными средами, изучить нелинейные эффекты, возникающие при прохождении интенсивного лазерного излучения через оптически прозрачные среды.

Доступность и экономическая эффективность надежного лазерного оборудования будут и в дальнейшем определять широкое практическое применение лазерной техники в промышленности. В ближайшие годы, очевидно, появятся еще более производительные, мощные и надежные установки, которые позволят ускорить применение лазеров в различных областях науки и техники, в том числе в приборо- и машиностроении.

Список использованной литературы

1. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки: Учеб. Пособие для вузов / Под ред. А.Г. Григорьянца. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 664 с.: ил.
2. Ровинский Р.Е. Мощные технологические лазеры. – М.: Изд-во Мир, 2005. – 111 с.
3. Трегер Ф., Справочник лазеров и оптики. – Нью-Йорк: Изд-во Springer, 2007. – 1332 с..
4. Айхлер Ю., Айхлер Г.И., Лазеры. Исполнение, управление, применение. – М.: Изд-во Техносфера, 2008. – 442 с.
5. Айрапетян В.С., Ушаков О.К. Физика лазеров: учебное пособие для вузов / Под ред. В.С. Айрапетян. – Новосибирск: СГГА, 2012. – 134 с.