

УДК 621:621.373.826:681.7.068.1

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛОКОННЫХ ЛАЗЕРОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Бабина С.С.

Научный руководитель – старший преподаватель Жуковская Т.Е.

Волоконный лазеры - это лазер с полупроводниковой накачкой. Они были разработаны в 1980-х годах прошлого столетия. В настоящее время известны модели волоконных технологических лазеров мощностью до 20 кВт. Сегодня эти устройства достигли уровня характеристик, в первую очередь, мощности, надежности, позволяющих с успехом использовать их для решения различных задач лазерной обработки материалов.

Первые волоконные лазеры были созданы на кварцевых волокнах, легированных ионами неодима. В настоящее время генерация получена в кварцевых волокнах, легированных неодимом, эрбием, иттербием, тулнием, празеодимом. Однако наиболее распространены волоконные лазеры, легированные неодимом, эрбием.

Лазерное волокно длиной в несколько десятков метров, как правило, состоит из двух волокон: центрального и внутреннего. Внутреннее волокно, заполненное активной средой (например, иттербий), имеет диаметр в 6-8 мкм и находится внутри кварцевого (центрального) волокна диаметром 400-600 мкм. Внутренние стенки волокна покрыты светоотражающей поверхностью, поэтому движущийся поток квантов претерпевает многократное отражение. Сталкиваясь между собой кванты, выбивают фотоны и ионы редкоземельных элементов, которые усиливают суммарный поток света. Все световые волны, многократно отражаясь, накладываются, тем самым, образуя стоячую волну. Так как сечение центрального волокна имеет малый диаметр, а само волокно имеет огромную длину, то для компактности волокно можно намотать на какой либо объект.

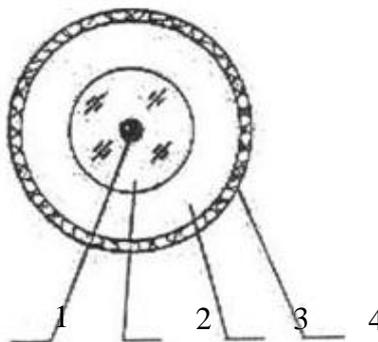


Рисунок 1 Схема строения волокна 1 - сердцевина, легированная редкоземельным элементом; 2 – кварцевое волокно; 3 - полимерная оболочка; 4 - внешнее защитное покрытие.

В волоконном же лазере накачка проводится диодами с одномодовым излучением. Рассмотрим разработанные волоконные световоды с двойной оболочкой, легированные ионами иттербия. Дифференциальная квантовая эффективность волоконного лазера с диодной накачкой, реализованного на основе таких световодов с волоконной брэгговской решеткой, составила 90%. Также разработаны иттербиевые волоконные световоды с двойной оболочкой и создан на их основе высокоэффективный лазер с диодной накачкой. Зачастую для накачки имеются мощные и надежные лазерные диоды, излучающие в области 960-980 нм, излучение которых вводится в кварцевое волокно.

Главная особенность этого лазера в том, что излучение здесь рождается в тонком, диаметром всего в 6-8 мкм, волокне 3 (сердцевине – например, активная среда иттербий), которое фактически находится внутри кварцевого волокна 2 диаметром 400-600 мкм.

Излучение лазерных диодов 8 накачки вводится в кварцевое волокно 2 и распространяется вдоль всего сложного составного волокна, отражаясь от светоотражающего покрытия 4, имеющего длину несколько десятков метров, которое можно навивать на какую-либо поверхность. Упрощенно говоря, это излучение оптически накачивает сердцевину, именно в ней происходит эффект усиления спонтанного излучения ионов редкоземельных элементов. Вблизи концов волокна на сердцевине размещают два так называемых дифракционных зеркала, одно из которых сплошное 1, а другое полупрозрачное. Полупрозрачное зеркало выпускает только часть полученного после многократного отражения светового излучения, в то время как сплошное зеркало не выпускает световой поток, отражая его. Тем самым часть излучения выходит в виде лазерного луча, а другая часть, испытывая переотражение от стенок волокна и двух зеркал, компенсирует ушедшее излучение. Система уравнивается. Таким образом, создается резонатор волоконного лазера. Через полупрозрачное зеркало выходит идеальный одномодовый лазерный пучок с весьма равномерным распределением мощности, что позволяет сфокусировать излучение в пятно малого размера с помощью фокусирующей линзы 7, и, наконец, через волокно выходит конечный сфокусированный лазерный луч 6.

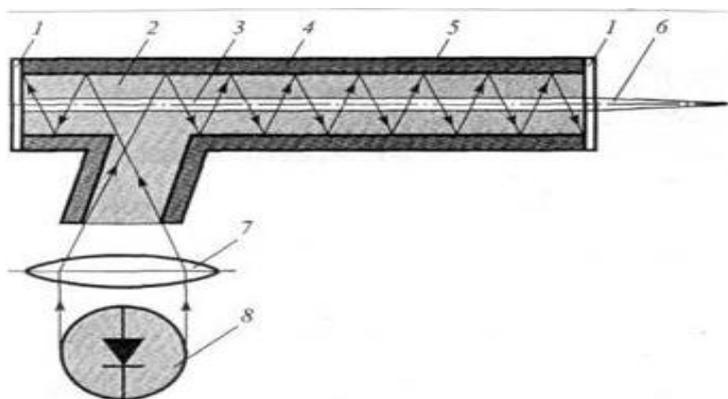


Рисунок 2 Схема конструкции лазера

Мощность волоконного лазера, применяемого для технологических целей, должна составлять от 100 Вт до 4...6кВт. Излучение такой мощности получают сочетанием многокаскадного усиления в волокнах с набором мощности излучения от нескольких лазеров с меньшей мощностью.

Принцип работы такого лазера заключается в следующем. Сначала накачивается задающий волоконный лазер с помощью излучения светодиодов, пропущенного через фокусирующие системы светодиодов. Затем световое излучение передается по световому волокну к изолятору. От изолятора излучение передается мощному волоконному лазеру первой ступени, накачивая его, а от лазера первой ступени соответственно к мощному волоконному лазеру второй ступени, который тоже накачивается. После фокусировки из лазера второй ступени выходит конечный лазерный луч. С помощью такого лазера можно получить мощность излучения до 100Вт. При этом КПД лазера составляет до 23 %. В этом случае наблюдается весьма малое тепловыделение (около 8...10 Вт). Это дает возможность использовать воздушное охлаждение и исключить применение сложных систем водяного охлаждения, что присуще другим типам технологических лазеров. Для получения мощностей 2, 4, 6 и 10 кВт создают блочные системы, в которых излучение отдельных одномодовых волоконных лазеров мощностью 100 Вт собирается в одном волокне. И после прохождения через фокусирующую систему лазерный луч попадает на обрабатываемую деталь.

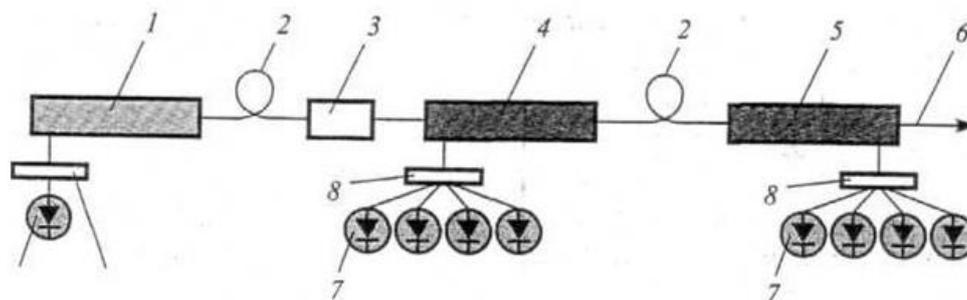


Рисунок 3 Схема многокаскадного усиления в волокнах путем набора мощности излучения от нескольких лазеров с меньшей мощностью 1 – задающий волоконный лазер; 2 – соединяющее световое волокно; 3 – изолятор; 4 – мощный усиливающий волоконный лазер первой ступени; 5 – мощный усиливающий волоконный лазер второй ступени; 6 – лазерный луч; 7 – светодиоды; 8 – фокусирующие системы светодиодов.

Волоконный лазер имеет ряд преимуществ перед другими видами лазеров. Разделим их на три группы: оптические, энергетические и технологические.

Оптические.

Длина излучения волны у волоконного лазера $\lambda = 1,09 \text{ мкм}$. Такая длина волны дает волоконному лазеру ряд преимуществ:

- 1) Излучение с такой длиной волны будет прекрасно фокусироваться через стеклянные линзы, что позволяет сэкономить денежные средства при установке фокусирующей системы.
- 2) Излучение с такой длиной волны может передаваться по волокну на большие расстояния. Поэтому сама лазерная установка может находиться в удобном для работы месте, а волокно от лазерной установки уже непосредственно протягивается на место сварки.
- 3) Такое коротковолновое излучение очень интенсивно поглощается металлом:
 - малый размер выходной апертуры луча (300 мкм) позволяет сфокусировать конечный лазерный луч в очень маленькую точку.
 - у волоконного лазера малая расходимость луча, следовательно, увеличивается фокусное расстояние.

Энергетические

- 1) у волоконного лазера высокий КПД источника ($\eta = 35\%$), в то время как у других лазеров КПД достаточно мал. Например, у газовых лазеров он составляет $\eta = 5\%$.
- 2) возможность создания излучателей высокой мощности до 100кВт путем объединения излучений нескольких волоконных лазеров в одно.
- 3) малая теплоотдача, не требует интенсивного охлаждения, а это значит, что снижается суммарное потребление энергии и лазер становится компактнее и проще в обслуживании и ремонте.

Технологические

- для волоконных лазеров практически не требуется такое техническое обслуживание, как настройка, юстировка, чистка и др.
- допускает размещение в обычных рабочих помещениях цехов без учета специальных требований.
- компактность установок обусловлена тем, что лазер может занимать удобное для работы месторасположение, даже если оно находится на значительном расстоянии от места сварки и обработки деталей.
- возможность передачи излучения по световоду.
- срок работы до 100000 часов, так как большой нагрузки диоды и волокно не испытывают.
- отсутствие настроечных операций на лазере.
- стеклянная оптика (использование стеклянных фокусирующих линз) позволяет снизить затраты на фокусирующую систему.
- высокая эффективность проплавления.

Анализ применения волоконных лазеров показывает, что лазерная резка занимает 35% от общего объема, лазерная сварка — 25%, маркировка и гравировка — 15%, микрообработка – 20%.

В настоящее время лазерная резка применяется во всех отраслях промышленности от раскроя листового металла для корпусов различных приборов до изготовления строительных конструкций, деталей машин, узлов летательных аппаратов, судов, спец.изделий.

Для лазерной сварки и наплавки широко используются

установки с волоконными лазерами с ламповой накачкой. Применение этих лазеров обеспечивает минимальную зону термического влияния на материал, что позволяет сохранить геометрию свариваемых изделий практически без изменений. Эти установки используются для изготовления сложных и ответственных изделий в атомной, аэрокосмической, электронной, оборонных отраслях промышленности.

Из существующих способов маркировки лазерная маркировка наиболее современный, технологичный и гибкий метод, позволяющий управлять лазерным излучением (во времени и в пространстве), регулировать его энергию. При использовании лазеров различной длины волны круг маркируемых материалов очень широк: металлы, пластик, полупроводники, резина, кожа, спецсплавы, дерево и т.д. Маркировка осуществляется точно, быстро и качественно.

Лазерная микрообработка материалов, как правило, производится лазерным излучением, сфокусированным в пятно диаметром менее 25 микрон. Для большей части приложений микрообработки такой диаметр пятна является даже большим, так как зачастую толщина обрабатываемого материала или слоя составляет около 10 мкм, а требуемая точность размерной обработки и позиционирования — 1-2 мкм и менее.

Лазерная микропайка имеет ряд преимуществ перед традиционными методами. Прежде всего, это бесконтактность процесса, а, следовательно, меньший риск электростатического разрушения деталей. Повторяемость и контролируемость процесса вследствие стабильности параметров и качества излучения современных лазерных источников. До недавнего времени наиболее часто для микросварки применялись диодные лазеры, как наиболее экономичное решение, однако сегодня на этом рынке неплохую конкуренцию им составляют волоконные лазеры. Лазеры также применяются и для микросварки инструментария малоинвазивной хирургии, например, катетеров.

Литература

1. Голубенко Ю.В. Волоконные лазеры в технологиях машиностроения / Голубенко Ю.В. Богданов А.В. Учеб. Пособ. М. 2012.
2. Ласкин А.А., От твердых лазеров – к лазерам волоконным./Лаксин А.А., Журнал Флексо Плюс, Изд-во: Курсив.,М 2002
3. <http://www.laser-portal.ru> – Волоконные лазеры/ Лазерный портал.