

07;12

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СВАРКИ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН ПРИ ПОМОЩИ ЛАЗЕРНОГО УСИЛИТЕЛЯ ЯРКОСТИ

© Д.В.Абрамов, А.Ф.Галкин, И.И.Климовский,
В.Г.Прокошев, С.Ф.Трубицын, С.М.Аракелян

Разработана экспериментальная установка для визуализации высокотемпературных процессов обработки устройств оптоэлектроники в реальном масштабе времени. В установке использован лазерный усилитель яркости на основе лазера на парах меди. Получены динамические компьютерные изображения процесса сварки оптических волокон.

1. Одним из важных требований к волоконно-оптическим системам связи является реализация малых потерь, вносимых волоконно-оптическими элементами. Волоконно-оптические системы передачи информации, как правило, создаются не на одном непрерывном световоде, а предполагают соединения многих оптических волокон, в том числе и неразъемные, осуществляемые сваркой. Сварное соединение становится своеобразным дефектом на пути следования передаваемого сигнала и приводит к его дополнительному затуханию. Поэтому принципиальным становится вопрос о качестве сварного соединения. Однако в настоящее время не существует надежных средств наблюдения области свариваемых волокон непосредственно в процессе сварки. Обусловлено это, в первую очередь, наличием ярко светящегося факела, интенсивность излучения которого превосходит интенсивность излучения самой зоны обработки, что практически исключает возможность ее визуального или телевизионного наблюдения во время технологического процесса. Поэтому как при отработке и оптимизации, так и контроле параметров этих режимов в промышленных условиях особую актуальность приобретает разработка систем наблюдения, контроля и позиционирования зон воздействия непосредственно в процессе такого воздействия в реальном времени. Эта же проблема требует решения при различных процессах взаимодействия лазерного излучения с веществом, в частности, при изучении динамики развития неустойчивостей, возникающих в конденсированной среде и являющихся следствием взаимодействия различных энергетических потоков с поверхностью вещества.

2. Для решения сформулированной выше задачи нами разработана экспериментальная установка по исследованию высокотемпературных процессов обработки устройств

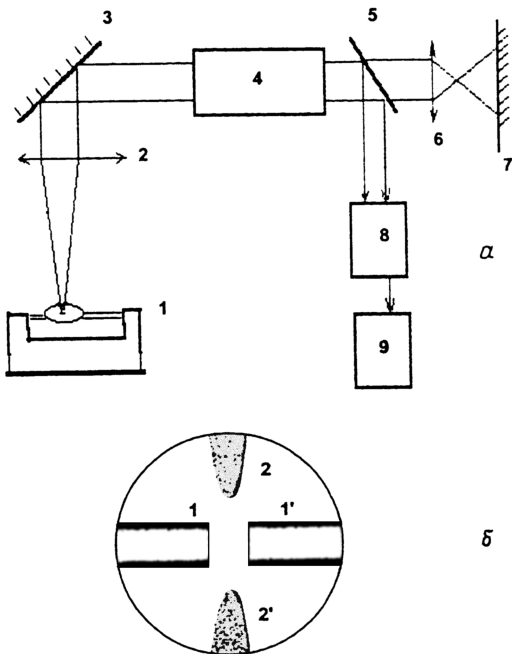


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки для визуализации сварки оптических волокон. Параметры установки: диаметр луча на парах меди в области зоны взаимодействия 0.69 мм; диаметр оптического волокна 0.125 мм; сила тока дугового разряда 13.5 мА; время сварки 3 с.

а — схема экспериментальной установки: 1 — аппарат для сварки оптических волокон; 2 — фокусирующий объектив; 3 — поворотное зеркало; 4 — лазер на парах меди; 5 — светоделительная пластинка; 6 — проецирующая система; 7 — экран; 8 — цифровая камера; 9 — компьютер.

б — область сварки: 1, 1' — оптические волокна; 2, 2' — электроды сварочного аппарата.

оптоэлектроники, блок-схема которой приведена на рис. 1. Установка включает в себя аппарат для электродуговой сварки оптических волокон, сопряженный с лазерным монитором на основе лазера на парах меди. Лазерный монитор представляет собой одну из разновидностей лазерного проекционного микроскопа [1]. Основным элементом рассматриваемой оптической системы является усилитель яркости на основе лазера на парах меди 4. Излучение лазера (лазер работает в режиме сверхсветимости, без зеркал резонатора) фокусируется на свариваемые волокна при помощи объектива 2. Отраженное излучение собирается и направляется на вход лазера тем же объективом. Далее излучение проходит через активную среду лазера, усилива-

ясь в нем, и проецируется оптической системой на экран 7, создавая на нем изображение зоны взаимодействия. Активная среда пропускает излучение от факела (образующейся плазмы) без усиления и, напротив, многократно усиливает лазерное излучение, отраженное от поверхности, что и позволяет осуществлять ее наблюдение в отраженном лазерном свете. Таким образом, лазер осуществляет подсветку, усиление яркости изображения области обработки и фильтрацию от излучения фоновой (паразитной) засветки. В принципе возможен и такой режим, когда этот же лазер производит обработку волокон [2], но в нашей установке проводилось исследование возможности визуализации при традиционной электродуговой сварке волокон. Сопоставление между собой последовательных во времени изображений зоны наблюдения позволяет изучить эволюцию обрабатываемой разрядом поверхности материала [3]. Это сопоставление осуществляется системой регистрации сигнала с последующей компьютерной обработкой изображения.

Предназначенные для соединения оптические волокна предварительно подготавливаются к сварке, т. е. с них на длине в несколько сантиметров специальным инструментом снимается защитная полиамидная оболочка и внутреннее покрытие световода, световод протирается спиртом и для получения качественных свариваемых поверхностей, перпендикулярных боковой поверхности световода, производится скалывание при помощи специального инструмента. После этого оптические волокна устанавливаются в зажимы сварочного аппарата 1 и юстируются. Между их торцами устанавливается зазор требуемой величины (порядка 5 мкм). Затем устанавливаются ток и длительность дугового разряда, производится оплавление торцов оптических волокон и в автоматическом режиме производится сварка световодов.

3. Разработанная установка позволила визуализировать процесс получения сварного соединения световодов и наблюдать его от начала (позиционирование оптических волокон) до конца (выравнивание и остывание оптического волокна). На рис. 2 показаны изображения свариваемых стыков оптических волокон, полученные при помощи нашей установки для четырех характерных моментов времени. Первый момент времени (рис. 2, а) соответствует позиционированию световодов до начала сварки. Последующие 2 кадра (рис. 2, б, в) показывают непосредственно процесс электро-дуговой сварки. Видно, что излучение плазмы и тепловое излучение области обработки не ухудшает качество изображения. Оси волокон смещены на расстояние 2 мкм, но, как показали наши эксперименты, в процессе распла-

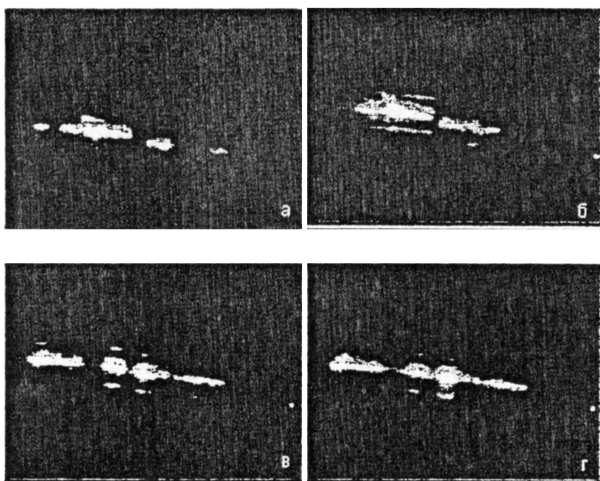


Рис. 2. Последовательные изображения образования сварного соединения световодов, полученные при помощи лазерного монитора. Время от начала сварки: а — 0 с (видна изначальная нецентрированность двух волокон в месте стыка); б — 1.56 с; в — 3.28 с (произошел захват (автоцентрирование) волокон при их сварке); г — 4.36 с.

вления и последующего остывания происходит выравнивание (центрирование) волокон за счет сил поверхностного натяжения расплава при относительно небольших разъюстировках оптических осей световодов (рис. 2, г). Величина проплавления световода зависит от ряда параметров, как устанавливаемых оператором перед сваркой (величина тока дугового разряда, длительность дугового разряда, зазор между торцами оптических волокон), так и независимых от оператора (характеристики материалов сердцевин и оболочки оптических волокон, величина атмосферного давления и т. п.). Исследование поведения материала оптических волокон при различных управляющих (устанавливаемых) параметрах в зависимости от неконтролируемых непосредственно в процессе сварки параметров и контроль, и управление качеством получаемого при этом сварного соединения позволяет в дальнейшем перед сваркой правильно выбрать ток и длительность дугового разряда и зазор между торцами световодов. Предлагаемая схема визуализации сварки оптических волокон позволяет получать информацию и обрабатывать ее компьютерными средствами в реальном масштабе времени, а значит корректировать устанавливаемые параметры непосредственно при сварке при введении соответствующей обратной связи в технологический процесс.

Для дальнейшего анализа и оптимизации технологии сварки представляет несомненный интерес возможность регистрации динамического температурного поля. Информация о распределении температуры может быть получена по локальному изменению интенсивности отраженного излучения. Появление в процессе нагрева и охлаждения темных и светлых участков может быть проинтерпретировано как возникновение температурных неоднородностей. Их идентификация предполагается при дальнейшей компьютерной обработке изображений. Последняя задача особенно актуальна при лазерной обработке материалов, в частности нами проведено исследование гидродинамических процессов в ванне расплава при воздействии мощного лазерного излучения на поверхность металла. Эти результаты будут опубликованы отдельно.

Список литературы

- [1] Земсков К.И., Исаев А.А., Казарян М.А., Петраш Г.Г. // Квантовая электроника. 1976. Т. 3. № 1. С. 35–43.
- [2] Оптические системы с усилителями яркости. / Под. ред. Беспалова В.И., Горький, ИПФАН СССР, 1988, 172 с.
- [3] Климовский И.И., Прокошев В.Г., Арахелян С.М. и др. В сб. Тез. V Международной конференции "Лазерные технологии'95", (Шатура, Россия, 1995), с. 37.

Поступило в Редакцию
23 мая 1996 г.