

ОБРАБОТКА СТЕКЛЯННЫХ ЛАЗЕРНЫХ МИШЕНЕЙ

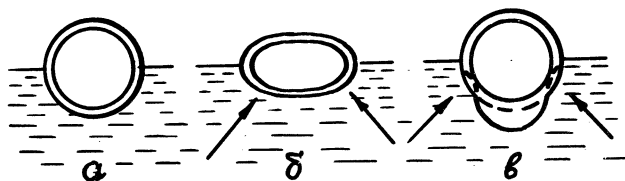
А. И. Исаков, Д. С. Деонов, Ф. И. Матвеева,
Д. А. Меркульев, А. И. Никитенко, Е. Р. Рычкова

УДК 530.9.; 621.378

Предложен метод обработки микросфер в плавленном состоянии, позволяющий уменьшать размеры неоднородностей и упростить последующий отбор правильных оболочек лазерных мишеней. Описан простой и удобный метод оптического лазерного контроля, дающий высокую точность измерения толщины стенки оболочки.

В последние годы в экспериментах по лазерному сферическому нагреву плазмы используются полые сферические мишени. В работах /1,2,3/ описываются методы изготовления оболочек и методы их сортировки или отбора /4,5/. В большинстве работ изложены методы получения мишеней из стеклянных микросфер, выпускаемых химической промышленностью для наполнения пластмасс, путем предварительного отбора с применением методов химико-технологических лабораторий, с последующим поштучным контролем и отбором. Последняя операция позволяет отобрать приблизительно одну оболочку из тысячи /3,5/, удовлетворяющую требованиям, предъявляемым к лазерным мишеням. Оптический контроль таких оболочек, имеющих диаметры 50-100 микрон, чрезвычайно трудоемок, поэтому мы попытались в систему предварительного отбора ввести дополнительную операцию. Эта операция позволяет получить оболочки, которые легче отбраковать. Обычно стеклянные оболочки после грубого просеивания и выделения микросфер с одинаковой средней эффективной плотностью подвергаются обработке внешним давлением для удаления оболочек, имеющих существенно неоднородные стенки или асимметричных (за счет потери устойчивости оболочек). Однако среди 5-10% оболочек, выживших под высоким давлением, имеются оболочки типа симметричных (см.рис.1в) сфер с небольшими наростами или (см.рис.1б) эллипсоидов. Для того, чтобы исклю-

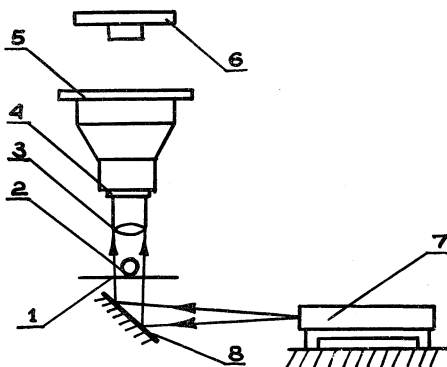
чить микросферы такого типа, а также чтобы получить более тонкие оболочки, было предложено перед раздавливанием ввести стадию специальной обработки.



Р и с.1. Схема обработки оболочек (стравливания). а - сферическая равномерная оболочка, б - эллипсоид, в - оболочка с напышвом

Как и в стадиях изготовления оболочек /1,3/, мы отказались от механической обработки. Было предложено обработку оболочек вести в плавающем состоянии, причем плавать они должны в жидкости, способной растворять материал оболочки. Поскольку оболочка на поверхности жидкости поворачивается тяжелой стороной вниз, стравливание должно происходить со стороны наиболее тяжелой части. Таким образом, сферическая оболочка должна сама себя обрабатывать. В том случае, если оболочка представляет собой эллипсоид обработка должна приводить к сращиванию вытянутой части поверхности, что при последующей операции раздавливания внешним давлением должно привести к уничтожению таких оболочек. То же самое должно быть и для оболочек с напышками или кольцевыми утолщениями. Проверка предложенного метода обработки проводилась на стеклянных микросферах, изготовленных во Всесоюзном научно-исследовательском институте стеклопластиков и стекловолокна. Микросферы обрабатывались в слабых водных растворах кислот, растворяющих стекло (используемых для химической полировки стекол /6/). В опытах было замечено, что обычно поверхностное натяжение и вязкость жидкости, в которой обрабатываются оболочки, препятствуют свободному вращению оболочек на поверхности. Предпринимались специальные меры, чтобы уменьшить вязкость и поверхностное натяжение: в раствор вводилась жидкость, имеющая меньшую вязкость и уменьшающая поверхностное натяжение, и образованная смесь нагревалась до $70+80^{\circ}\text{C}$.

Для сравнения параметров микрофер до и после обработки использовался лазерный метод оптического контроля. На рис.2 приведена его схема. Устройство прибора для контроля микрофер очень простое. Основные требования, предъявляемые к такой системе -

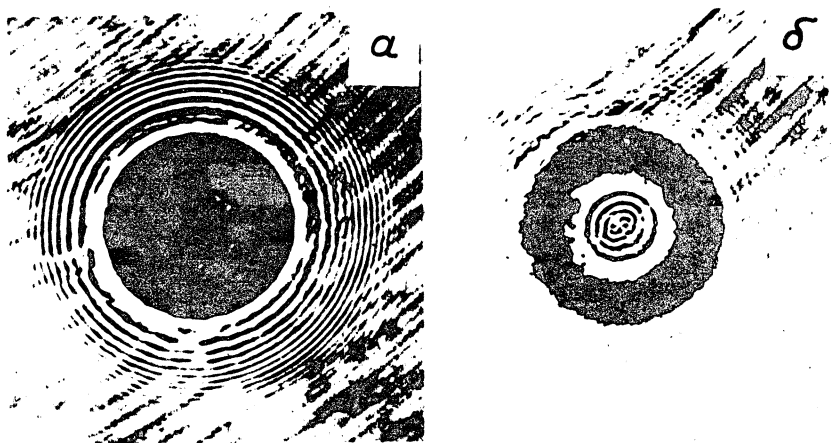


Р и с.2. Прибор для оптического контроля. 1 - мишень; 2 - объектив микроскопа; 3 - диафрагма; 4 - зеркало; 5 - экран; 6 - фотоаппарат; 7 - лазер; 8 - предметное стекло

- высокое качество оптических элементов и строгая соосность светового пучка и оси оптической системы (микроскопа). Допускается угловое расхождение не более 10 минут.

При прохождении пучка когерентного света через микроферу в результате дифракции и интерференции световых лучей в плоскости наблюдения образуется картина, состоящая из концентрических светлых и темных колец (фактически эта картина является осевой голограммой объекта). Полученная картина несет в себе информацию о параметрах микроферы (радиусе, толщине стенки, неоднородностях и т.д.). При наблюдении в плоскости, которая далеко отстоит от объекта ($l \gg 20r$, наблюдение в дальнем поле), интерференционная картина образуется в основном лучами, проходящими вблизи центра микроферы. Для уменьшения влияния внесевых пучков используется микрообъектив с малой апертурой и апертурная диафрагма. Количество и радиусы колец, образовавшихся в этой плоскости, зависят от толщины стенки микроферы и в меньшей сте-

пени от ее радиуса. Это дает возможность проводить сравнительные измерения толщины стенок оболочек до химической обработки и после нее. Причем точность таких измерений может быть лучше



Р и с.3. Микрофотографии интерференционной картины от необработанной стеклянной оболочки в проходящем свете. а - расстояние картины от оболочки $l \gg 20R$, б - расстояние картины от оболочки $l \approx 2R$

10%. Были проведены измерения толщины стенок однородных стеклянных микросфер радиусом ~ 70 мкм и с толщиной стенок от 0,7 до 3,5 мкм и получена экспериментальная зависимость $r(d)$ радиуса интерференционных колец первого порядка от толщины стенки. Для получения такой градуированной кривой толщина стенки измерялась также независимыми методами (взвешиванием в газе). Аналогичные измерения были выполнены после химической обработки и по градуированной кривой было найдено изменение толщины стенки. На рис. 3(а) приведена фотография картины в дальнем поле для необработанной оболочки. Описанным оптическим методом возможны и абсолютные измерения, т.е. определение d по измеренному r с помощью расчетных формул. Однако точность их меньше, так как в расчетные формулы входят радиус микросферы, расстояние l , показатель преломления n . Все эти величины известны с ошибкой, что

увеличивает ошибку в определении d . В настоящее время производится работа по увеличению точности таких измерений.

При наблюдении же в плоскости, расположенной между оболочкой и ее минимальным фокусом, на расстоянии $l_1 \approx 2R$ от центра оболочки, где картина образуется в основном за счет дифракции на краю микросферы, хорошо выявляются неоднородности, даже небольшие, и несферичность оболочек, причем несферичность может быть измерена с точностью лучше 0,5%. На рис.3(б) приведена фотография картины в этой плоскости для необработанной микросферы. Установлено, что при обработке величина неоднородностей уменьшается.

Таким образом, нами предложен способ обработки оболочек-мишеней, улучшающий их однородность и сферичность, а также простой оптический метод контроля оболочек, который легко может быть использован для окончательного ручного отбора мишеней.

В заключение авторы приносят свою искреннюю благодарность Г. В. Склизкову за полезные обсуждения и Р. Н. Трактирникову, А. И. Грому, Б. И. Рыжикову за помощь в работе.

Поступила в редакцию
13 января 1976 г.

Л и т е р а т у р а

1. Е. Г. Гамалий, А. И. Исаков, Ю. А. Меркульев, А. И. Никитенко, Е. Р. Рычкова, Г. В. Склизков. Квантовая электроника, 2, Ю43 (1975).
2. E. H. Farnum and R. J. Fries. LA-UR-74-1517.
3. А. И. Исаков, Ю. А. Меркульев, А. И. Никитенко, Е. Р. Рычкова. Доклад на УШ конференции по лазерному микросинтезу, Варшава, май 1975 г.
4. C. D. Hendricks et al. Bull. Amer. Phys. Soc., 20, 1239(1975).
5. R. R. Stone, D. W. Gregg and P. C. Soners. J. Appl. Phys., 46, 2693 (1975).
6. М. Вацек, В. Кунф. Химическая обработка стекла. Изд. "Легкая индустрия". М., 1974 г.