

РАЗДЕЛЕНИЕ МИКРОСФЕР ПО ДИАМЕТРАМ И ПО  
ТОЛЩИНАМ СТЕНОК ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ШАВИЛЬНЫХ ОБОЛОЧЕК -  
ЛАЗЕРНЫХ МИШЕНЕЙ

А. И. Исаков, Ю. А. Меркульев, А. И. Никитенко,  
Е. Р. Рычкова, Г. В. Склизков

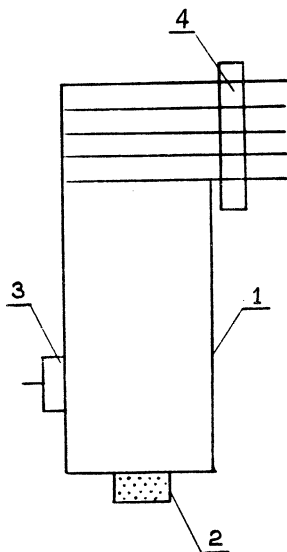
УДК 621.378.9

Предложен и испытан метод предварительного отбора стеклянных микросфер, позволяющий выбрать оболочки с одинаковыми диаметрами и толщинами стенок. Дальнейшие усовершенствования этой методики позволят существенно упростить процедуру отбора правильных оболочек для изготовления лазерных мишеней.

В лазерных экспериментах по сжатию и нагреву вещества при сферическом облучении светом мощного лазера используются не только сплошные сферы, но и оболочки /1/, заполняемые дейтерием или дейтерий-триглицевой смесью. О методах изготовления и сортировки сообщалось в работах /1,2/. Во многих работах /2,3/ утверждается, что удается отобрать одну хорошую оболочку из  $10^5 + 10^6$  частиц. Наш опыт позволяет сделать вывод о том, что не менее, чем из миллиона оболочек можно получить одну хорошую. На стадиях предварительной сортировки и отбора используются общие приемы химико-технологических лабораторий, производящих контроль качества микросфер /2,4/: мокрое просеивание, взвешивание в газе, раздавливание внешним давлением и т.п. Для сортировки стеклянных микросфер, имеющих эффективную плотность  $0,3 + 0,4 \text{ г/см}^3$  и диаметры от 10 до 100 мкм, мокрое просеивание и взвешивание в газе не позволяют полностью отделить частицы, имеющие одинаковые радиус и толщину стенки. Подъемная сила таких частиц в жидкости при взвешивании незначительна (много меньше вандерваальсовых сил сцепления между частицами и стенками сосуда или частиц друг с другом). Плотность частиц близка к плотности большинства газов в критической точке и поэтому частицы объединяются в комплексы, связанные

дополнительно еще прослойками почти жидкого газа, что затрудняет получение хороших результатов при взвешивании в газе.

Нами предлагается использовать для сортировки оболочек по радиусу и толщине стенки метод всплывания в жидкости.



Р и с.1. Блок-схема стенда для сортировки по скорости всплывания в жидкости. 1 - труба с жидкостью; 2 - ввод микросфер; 3 - звуковой или ультразвуковой излучатель; 4 - система приемных диафрагм

Хорошо известно, что в вязкой жидкости скорость подъема пузырька постоянна и равна

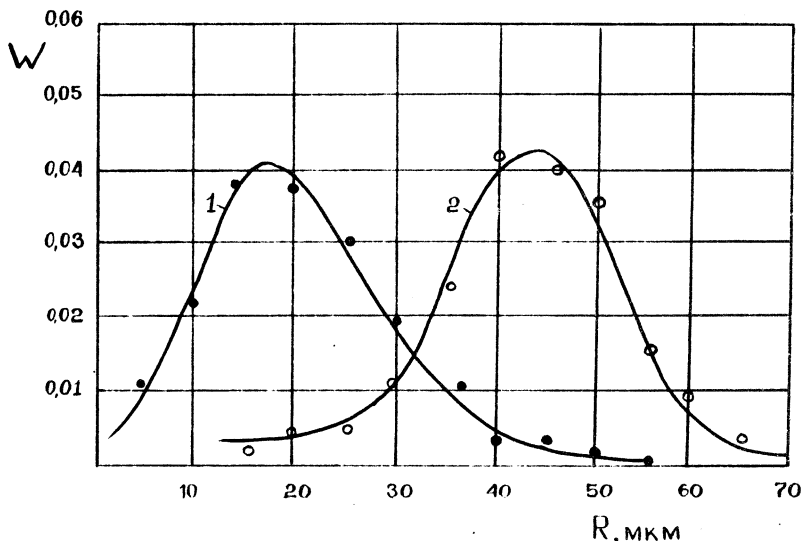
$$U = \frac{2}{9} \frac{gR^2}{\eta} (\rho_1 - \rho_{eff}),$$

где  $g$  - ускорение силы тяжести,  $\eta$  - вязкость,  $\rho_1$  - плотность жидкости,  $R$  - радиус оболочки,  $\rho_{eff}$  - эффективная плотность микросферы,

$$\rho_{eff} = \frac{3\Delta R}{R} \rho_s,$$

где  $\rho_s$  - плотность вещества,  $\Delta R$  - средняя толщина оболочки. Рассмотрим следующую упрощенную схему: оболочки в один и тот же мо-

мент начинают двигаться вверх по расширяющейся трубе, тогда через какое-то не слишком большое время они распределятся по трубе в соответствии со скоростью подъема.



Р и с.2. Распределение по радиусам частиц до (1) и после (2) сортировки в четыреххлористом углероде

Очевидно, что для жидкости с плотностью во много раз большей, чем эффективная плотность микросфер, распределение микросфер по высоте будет зависеть от радиуса. Такая процедура и должна быть первичной сортировкой. Ясно, что для жидкости, плотность которой сравнима с эффективной плотностью оболочек, распределение по высоте микросфер, прошедших первую сортировку, будет зависеть от толщины стенки. Предложенная процедура является существенным дополнением к методу мокрого просеивания. При разбросе средней плотности микросфер  $\rho_{eff}$  даже на 50% можно выделить по всплыванию в жидкости, имеющей плотность на порядок большую, чем  $\rho_{eff}$ , микросферы с разбросом по радиусу приблизительно в 2,5%. Для диаметра оболочек 80 мкм разброс будет составлять  $\pm 1$  мкм. Если провести предварительное взвешивание в газе, то точность может увеличиться на порядок.

Нами был испытан этот метод с применением простых быстро испаряющихся жидкостей — четыреххлористого углерода с плотностью  $1,65 \text{ г/см}^3$  и этилового спирта с плотностью  $0,79 \text{ г/см}^3$ . Блок-схема стенда для сортировки показана на рис.1. Образцы микросфер загружаются в термостатированную трубу с жидкостью, не содержащую пузырьков газа. Образцы вводятся в нижнюю часть трубы, которая ставится в строго вертикальное положение. Для того, чтобы исключить совместное движение отдельных микросфер, используется ультразвук, приводящий к разрушению скоплений оболочек и отделению частиц пыли. Затем ультразвук выключается и движение оболочек происходит свободно. Через определенное время микросферы попадают на применные диафрагмы, расположенные в верхней части трубы.

На рис.2 представлено распределение по радиусу числа частиц перед сортировкой и после сортировки по методу всплывания в четыреххлористом углероде. В дальнейшем точность сортировки была увеличена более чем в два раза при использовании бромистого метилена ( $\rho = 2,81 \text{ г/см}^3$ ) и изо-пентана ( $\rho = 0,62 \text{ г/см}^3$ ) при пониженных температурах ( $0^\circ\text{C}$  и  $-80^\circ\text{C}$ ).

Предложенный метод позволяет с удовлетворительной точностью производить предварительный отбор стеклянных микросфер по радиусу и толщине стенки, упрощая методику отбора. Применение его совместно с методами мокрого просеивания и взвешивания в газе позволяет существенно повысить точность и надежность сортировки.

В заключение мы искренне благодарим Р. Н. Трактирникову за изготовление стенда и Ф. И. Матвеевой за помощь в работе.

Поступила в редакцию  
23 марта 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**, 1043 (1975).
2. R. R. Stone, D. V. Gregg and P. S. Souers. J. Appl. Phys., **46**, 2693 (1975).
3. E. N. Farnum and R. J. Fries. LA-UR 74-1517 (1974).
4. D. V. Giovanielly. Доклад на Международной конференции по лазерному микросинтезу. Варшава, май 1975 г.