

- [1] Т е в о А. // Laser Focus. 1988. N 6. P. 79-92.
[2] Р о д к е в и ч Г.В., Р о б а ч е в с к а я В.И. // ОМП. 1977. № 9. С. 3-7.
[3] А л е к с е е в В.А., А н ц и ф и р о в В.Н., А п о л л о н о в В.В., Б и л и б и н С.В., Г а д ж и е в М.Г., К у н е в и ч А.П., Н а р у с б е к Э.А., П р о х о р о в А.М., Х о м и ч В.Ю. // Письма в ЖТФ. Т. 11. В. 22. С. 1350-1354.

Институт общей физики
АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию
21 ноября 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 2

26 января 1990 г.

07; 12

© 1990

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В КРУПНОГАБАРИТНОЙ ОПТИКЕ

В.В. А п о л л о н о в, Г.И. Б а б а я н ц,
М.В. Г а р т м а н, В.М. Г о л о м а з о в,
Ю.Д. Л о к т и о н о в, Ю.М. П и р о г о в а,
Г.В. П л о т ц е в, А.М. П р о х о р о в, В.А. Ш м а к о в

Одним из важнейших направлений современной оптики является развитие физико-технических и технологических основ создания крупногабаритных оптических элементов и их систем. Прогресс в этой области в значительной степени обеспечивается быстрым развитием новых технологий и разработкой материалов с принципиально новыми свойствами. Необходимость такого развития связана с постоянно расширяющимся кругом задач, стоящих перед современной наукой и практикой ее технических приложений.

Так, в Национальной оптической астрономической обсерватории США уже введен в действие телескоп с 3.5-метровым зеркалом, заканчиваются работы по созданию 8-метрового и планируется изготовление 16-метрового зеркала из стеклокерамики с сотовой структурой [1]. Оптическая система лазерной установки "Аврора" [2] содержит крупногабаритное зеркало из пирекса с апертурой 1 метр. Зеркала из этого материала, по мнению авторов, имеют поверхность более высокого качества и выдерживают большие световые потоки, чем из традиционных для оптики материалов: кварца, ситалла.

Общим недостатком применяемых в оптической астрономии и лазерной технике крупногабаритных зеркал из стекла, стеклокерамики, плавленого кварца, ситалла и др. является низкая теп-

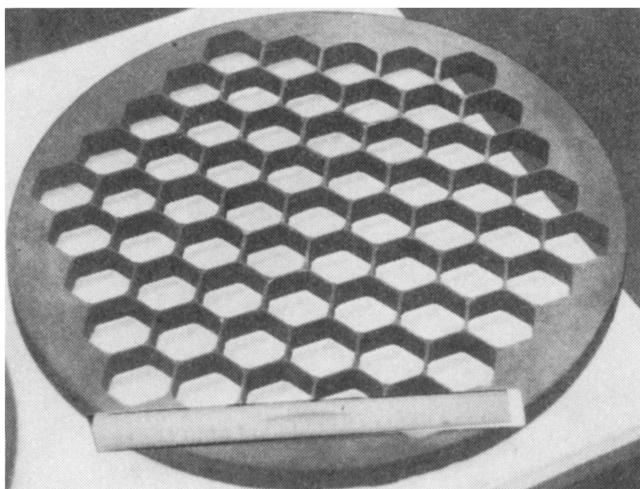


Рис. 1. Фотография сотового каркаса.

лопроводность. Такие зеркала не могут эффективно использоваться в условиях одностороннего нагрева, их конструкции и технологические особенности изготовления не позволяют существенно снизить вес, создать эффективную систему термостабилизации.

Одним из возможных путей решения указанной проблемы может быть создание крупногабаритных зеркал из порометаллов [3]. К сожалению, зеркала из порометаллов до настоящего времени не нашли широкого применения из-за трудностей технологического характера (таких как создание переходных слоев, пайка и др.).

Хороших результатов в создании облегченных крупногабаритных оптических элементов, на наш взгляд, следует также ожидать на путях использования композиционных материалов, способы получения которых в достаточной степени разработаны [4, 5]. Наибольший интерес здесь, представляют композиции типа углерод-кремний-карбид кремния.

Основой такого композита является угольная ткань, изготовленная из нитей. Полотнища ткани укладываются, пропитываются связывающим веществом (например, бакелитовым лаком) и прессуются. Следующей стадией является карбонизирующий отжиг. Полученные пористые заготовки силицируют, пропитывая их расплавом кремния в инертной среде.

Другим способом получения углеродистого каркаса является использование процесса пиролиза углерода. Из полотнищ поперечной прошивкой изготавливаются маты, размеры которых определяются габаритами изделий. Далее полученный каркас насыщается пиролитическим углеродом. Процесс основан на осаждении углерода на свободной поверхности при пиролизе природного газа. Осаждающийся



Рис. 2. Фотография зеркала диаметром 500 мм на полировально-доводочном станке.

углерод упрочняет нити каркаса и соединяет их в жесткую объемную решетку.

Полученные таким образом пористые заготовки силицируют, пропитывая их расплавом кремния в инертной среде. Варьируя количеством кремния и температурой пропитки, можно получить образцы, существенно отличающиеся по пористости и фазовому составу. Могут быть получены практически карбидные структуры с развитой открытой пористостью, которая кроме уменьшения веса обеспечи-

вает создание эффективной системы термостабилизации. Высокотемпературная обработка практически снимает остаточные напряжения в композите, повышая его структурную стабильность.

Значительного снижения веса оптических элементов при сохранении их удельной жесткости можно достигнуть также на пути создания сотовых конструкций. Для получения сотового каркаса нами применялся метод шликерного литья. Специально приготовленная шликерная масса заливалась в форму и полимеризовалась. После удаления формы заготовка подвергалась карбонизирующему отжигу и силицировалась.

На рис. 1 показан элемент сотового каркаса, полученный методом шликерного литья. В качестве диспергирующей жидкости в составе шликерной массы использовался фуриловый спирт. Форма для заливки шликерной массы изготавливалась из бромистого калия. После заливки шликерной массы проводилась полимеризация при температуре 200 °С, удаление формы, карбонизирующий отжиг при температуре 800 °С и силицирование при 1500 °С.

Соединяя полученный сотовый каркас с монолитными пластинами из того же материала можно сформировать многослойный сотовый пакет и выполнить в нем весьма эффективную систему термостабилизации.

На рис. 2 приведена фотография облегченного неохлаждаемого зеркала диаметром 500 мм, размещенного на полировально-доводочном станке. Высокоотражающее покрытие нанесено на оптическую поверхность пластины из карбида кремния с шероховатостью поверхности $R_a=0.010$ мкм.

Оптическая работоспособность охлаждаемых и неохлаждаемых зеркал на основе композиции углерод-кремний-карбид кремния проверялась экспериментально на электронно-лучевой установке. Зер-

кало устанавливалось в вакуумной камере и являлось анодом электронно-оптической системы. Порог оптической работоспособности охлаждаемых зеркал диаметром до 200 мм, изготовленных по описанным выше технологиям, достигался при тепловом нагружении $\approx 300 \text{ Вт/см}^2$.

Неохлаждаемые зеркала из того же материала подвергались лучевому воздействию на широкоапертурном импульсном CO_2 -лазере с выходной энергией $\approx 3 \text{ кДж}$. В результате многократного (более 10^3 имп) воздействия при плотности световой мощности $5 \cdot 10^6 \text{ Вт/см}^2$ изменений оптических характеристик отражающих поверхностей зеркал обнаружено не было.

Таким образом, уровень развития современной технологии обеспечивает создание крупногабаритных оптических элементов из композиционных материалов на основе композиции углерод-кремний-карбид кремния с эффективной системой термостабилизации и высокими оптическими характеристиками.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] L e b o A. // Laser Focus. 1988. N 6. P. 72-92.
- [2] R o s o c h a L.A., B o w L i n g P.S., B u r r o w s M.D., K a n g M., H a n l o n J., M c L e o d J., Y o r k G.W. // Laser and Particle Beams. 1986. V. 4. Part 1. P. 55-70.
- [3] А л е к с е е в В.А., А н ц и ф е р о в В.Н., А п о л л о н о в В.В., Б и л и б и н С.В., Г а д ж и е в М.Г., К у н е в и ч А.П., Н а р у с б е к Э.А., П р о х о р о в А.М. - // Письма в ЖТФ. Т. 11. В. 22. С. 1350-1354.
- [4] Углеродные волокна / Под ред. С. Симамуры. М.: Мир, 1982.
- [5] Композиционные материалы / Под ред. Л. Браутшаня и Р.Кросса, т. 1-8, М.: Машиностроение, 1978.

Институт общей физики
АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию
21 ноября 1989 г.