

СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ В ИЗГОТОВЛЕНИИ ЗАГОТОВОК КРУПНОГАБАРИТНЫХ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ЗЕРКАЛ ИЗ КАРБИДА КРЕМНИЯ

И.В. Малышев (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ОАО «Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова», Санкт-Петербург)
e-mail: MalyshevBis@gmail.com

Научный руководитель: д.т.н., проф. Губанова Л. А.

Актуальность работы

Реакционно-связанный карбид кремния в настоящее время является одним из самых перспективных материалов при создании крупногабаритных облегченных зеркал. Уникальные физико-механические и теплофизические характеристики, такие как малый КТЛР, рекордный модуль упругости, отличная теплопроводность, позволяют проектировать зеркала с большой степенью облегчения, обладающие при этом высокой размерной стабильностью и низким коэффициентом термодформаций [1].

На данный момент известны несколько технологий получения заготовок зеркал из карбида кремния. Среди них – горячее прессование, спекание, реакционное связывание и химическое осаждение из газовой фазы [2]. Для изготовления корпусов крупногабаритных облегченных зеркал наиболее подходящей является технология получения реакционно-связанного карбида кремния. Данный технологический процесс требует наименьших затрат ресурсов и времени, а так же позволяет получить форму поверхности заготовки наиболее близкую к необходимой. Кроме того полученный карбид кремния однороден и не имеет пор в объеме материала, что особенно важно при оптической обработке [3].

Достигнутые результаты

Процесс создания корпусов зеркал включает в себя три стадии: получение "зеленой" пористой заготовки, введение пироуглерода в "зеленую" заготовку с дальнейшей высокотемпературной обработкой и процесс силицирования (инфильтрация жидкого кремния в пористую структуру). "Зеленые" заготовки получают путем отливки шликера, содержащего порошок SiC и пластификатор. Процесс силицирования проводится при температуре, значительно превышающей значение точки плавления кремния. Это позволяет ему под действием капиллярного эффекта проникать в пористую структуру заготовки, где происходит реакция с углеродом и связывание частиц SiC [4].

На сегодняшний день нами были успешно изготовлены несколько серий "зеленых" корпусов зеркал различных типоразмеров: 350, 775, 820 мм. в диаметре. Для заготовки диаметром 775 мм были выполнены операции науглероживания и силицирования. После процесса первичной обработки поверхности масса зеркала составила 28,71 кг. и, таким образом, коэффициент облегчения составил 72%. Расчетное значение плотности полученного карбида кремния – 3.01 г/см³.

Цели и задачи

Получение заготовок крупногабаритных облегченных зеркал из карбида кремния является сложным технологическим процессом. В течение работы мы неоднократно сталкивались с различными трудностями, которые в большинстве своем связаны со сложной формой изделий и процессов, происходящих в объеме материала на различных стадиях изготовления.

Основными задачами на данный момент являются исследования механических и теплофизических характеристик получаемого материала, гранулометрического состава и распределения карбидокремниевой фазы по объему заготовки.

Подобные исследования помогут нам лучше понять технологический процесс и привести в него изменения с целью получения материала с необходимыми качествами (характеристиками), а также оптимизировать процесс изготовления для сокращения его длительности, уменьшения затрат и снижения рисков.

Немаловажными являются также исследования, связанные с получением сверхгладких поверхностей на подложках из карбида кремния. Они позволят нам скорректировать гранулометрический состав исходного сырья и получить поверхность, которую можно обработать до малых значений параметров шероховатости. Таким образом, существует возможность расширить область применения оптических элементов из карбида кремния, используя его в коротковолновом диапазоне спектра и лазерных системы высокой мощности.

Литература

1. Developmental history and trends for reaction bonded silicon carbide mirrors. Mark A. Ealey, Gerald Q. Weaver. 66/ SPIE Vol. 2857
2. Research progress of optical fabrication and surface-microstructure modification of SiC. Fang Jiang, Yan Liu, Yong Yang. Journal of Nanomaterials, Volume 2012, Article ID 984048
3. SiC optics for EUV, UV and visible space missions. Joseph Robichaud. SPIE Vol. 4854
4. Manufacture of 1.2m reaction bonded silicon carbide mirror blank. Zhang Ge, Zhao Rucheng, Zhao Wenxing. SPIE Vol. 7654

Автор _____ И.В.Мальшев

Научный руководитель _____ д.т.н., профессор Губанова Л.А.

Заведующий кафедрой _____ д.т.н., профессор Никоноров Н. В.