

УДК 21474

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ОПТИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА СВЕТОРАССЕЯНИЕ ПАДАЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Григорьева О.А. (Национальный исследовательский университет ИТМО), Терещенко И.Б. (ФТИ им. А.Ф.Иоффе), Самсонов Д.С. (ФТИ им. А.Ф.Иоффе)

Научный руководитель – старший научный сотрудник, кандидат технических наук
Митрофанов С.С. (Национальный исследовательский университет ИТМО)

Введение. Собирающие системы оптических диагностик ИТЭР должны обеспечить долговременную оптическую стабильность в условиях значительных эксплуатационных, радиационных, тепловых и прочих нагрузок. Такие системы содержат значительное количество зеркал и небольшое уменьшение отражения одного из зеркал приведет к значительному ухудшению передачи излучения всей оптической системы. Поэтому к каждому зеркалу предъявляются высокие оптические и механические требования [1].

На качество передачи излучения влияет два фактора:

1. Стабильность формы поверхности и пространственного положения зеркала;
2. Состояние отражающей поверхности, которая характеризуется зеркальным отражением и диффузным рассеянием.

В качестве материала подложки крупногабаритных зеркал [2] ранее был выбран SiC, однако макет зеркала не прошел испытания на вибрацию из-за высокой хрупкости материала. Так же существовала проблема развязки узла крепления при тепловом расширении из-за значительной разницы между коэффициентами теплового расширения карбида кремния и стали SS316LN-IG, которая является основным конструкционным материалом диагностических рам. Вышеупомянутые недостатки привели к отказу от SiC в качестве материала зеркал в пользу SS316LN-IG.

Использование зеркал из нержавеющей стали 316L(N)-IG является достаточно новым подходом внутри ИТЭР и методы получения гладких поверхностей $\sigma / \lambda \ll 1$ на таких зеркалах мало изучены. Величина диффузного рассеяния определяется в том числе шероховатостью поверхности, которое можно оценить с помощью функции распределения двунаправленного рассеяния (ДФОС, англ. BRDF) [3].

Основная часть. Выполнено сравнение нескольких методов полирования поверхности нержавеющей стали 316L(N)-IG: абразивное, магнито-реологическое полирование и в качестве альтернативы алмазное точение Cu/SS (биметалл). У каждого метода есть свои достоинства и недостатки, а также предельные значения шероховатости, которые можно получить. Для определения применимости конкретного метода и согласование с требованиями к оптической схеме сбора света, проведен оптический расчет с применением модели рассеяния света на каждую поверхность.

Выводы. Выполнено сравнение нескольких методов полирования поверхности нержавеющей стали 316L(N)-IG и биметалла Cu/SS. Разработана методика контроля качества полировки. Описан подход, позволяющий определить долю излучения, рассеянного оптической схемой в зависимости от качества полировки, на основании которого можно устанавливать требования к шероховатости поверхности для изготовителей.

Список использованных источников:

1. Samsonov, D., I. Tereschenko, E. Mukhin, A. Gubal, Yu. Kapustin, V. Filimonov, N. Babinov, et al. "Large-Scale Collecting Mirrors for ITER Optical Diagnostic." *Nuclear Fusion* 62, no. 8 (August 1, 2022): 086014. <https://doi.org/10.1088/1741-4326/ac544d>.

2. Mukhin, E.E., V.V. Semenov, A.G. Razdobarin, S. Yu. Tolstyakov, M.M. Kochergin, G.S. Kurskiev, K.A. Podushnikova, et al. "First Mirrors in ITER: Material Choice and Deposition

Prevention/Cleaning Techniques.” *Nuclear Fusion* 52, no. 1 (January 1, 2012): 013017.
<https://doi.org/10.1088/0029-5515/52/1/013017>.

3. Schröder, Sven, Angela Duparré, Luisa Coriand, Andreas Tünnermann, Dayana H. Penalver, and James E. Harvey. “Modeling of Light Scattering in Different Regimes of Surface Roughness.” *Optics Express* 19, no. 10 (May 9, 2011): 9820.
<https://doi.org/10.1364/OE.19.009820>.