

УДК 53.03

Сравнение лучевой стойкости оптических покрытий $\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5$ различной конструкции.

В.Э. Репин^{1,2}, Д.Г. Никитин^{1,2}, В.А. Тыртышный²

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²ООО НТО «ИРЭ-Полус»

Оптические покрытия обеспечивают снижение френелевского отражения (просветление), получение высокого коэффициента отражения, спектральное разделение излучения, а также защиту поверхности чувствительных материалов от воздействия окружающей среды. В качестве веществ с высоким показателем преломления используются оксиды титана, гафния, тантала, циркония и другие, а слои с низким показателем преломления могут быть, например, из оксида кремния. Структуру из таких тонких чередующихся слоев называют интерференционным оптическим покрытием.

Просветление наносится на поверхность линз очков, объективов фото- и видеокамер для увеличения коэффициента пропускания света. Просветляют и оптические элементы лазеров, где достигаются высокие пиковые плотности мощности излучения $\sim 1 \text{ ГВт/см}^2$. При таких значениях интенсивности может происходить локальное оптическое разрушение покрытия, что выводит из строя всю систему в целом. Механизм разрушения может быть разным и зависит от многих параметров, например, длины волны и интенсивности излучения, длительности импульсов [1].

Таким образом, в лазерной оптике возникает потребность в многослойных покрытиях, устойчивых к столь сильному воздействию. Для количественной характеристики критического уровня плотности мощности излучения вводят понятие порога лазерного разрушения, измерение которого регламентируется соответствующими стандартами [2]. На величину порога может влиять коэффициент поглощения материала покрытия, количество и адгезия слоёв.

В ходе данной работы мы спроектировали просветляющие $\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5$ покрытия различной конструкции с отличающимся количеством и толщиной слоёв на подложке из плавленого кварца (рис. 1.а). Для покрытий был определен порог лучевой стойкости.

Экспериментальная установка представлена на рис. 1.б. Волоконный лазер на длине волны 1064 нм дает оптические импульсы длительностью 10 нс и частотой следования 60 кГц. Для достижения лазерного разрушения при доступной оптической пиковой мощности 30 кВт необходима фокусировка излучения в узкую перетяжку. Поэтому выходной пучок с $M^2 \sim 1,3$ собирается специальной системой линз с малыми aberrациями. Переднее фокусное расстояние составило 20 мм. Оценённое несколькими способами значение диаметра перетяжки 15 мкм.

Образец, расположенный на подвижке, совершает вдоль оси распространения излучения периодические колебания вблизи области перетяжки. Разрушение осуществляется в момент прохождения покрытия через область с максимальной интенсивностью и регистрируется камерой с объективом по изменению мощности рассеянного излучения.

Результаты наших измерений показали, что лучевая стойкость для 12-слойного покрытия в 2 раза ниже, чем для двуслойных, а разница порогов разрушения двуслойных покрытий с различными толщинами слоёв оказалась в пределах погрешности эксперимента. Таким образом, на порог лазерного разрушения большее влияние оказывает количество слоёв, а не их толщина. Также замечены сильные различия лучевой стойкости покрытий на подложках с различным качеством поверхности. Исходя из этого, для нанесения стойких покрытий необходимо развивать процесс контроля качества подложек.

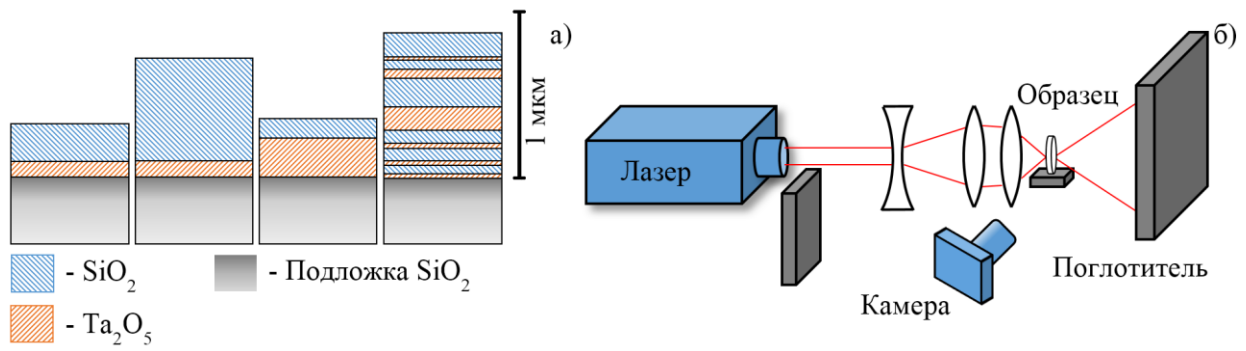


Рис. 1. Схематичное изображение конструкций исследованных просветляющих покрытий (а), блок-схема экспериментальной установки (б).

Литература

1. Wood R. M. Laser-Induced Damage of Optical Materials. Taylor & Francis. 2003. p. 241.
2. ISO 21254-1:2011(E). Lasers and laser-related equipment – Test methods for laser-induced damage threshold. P. 1, 2011. p. 16.