

УПРОЧНЕНИЕ ПРОЗРАЧНЫХ ПРОВОДЯЩИХ ПОКРЫТИЙ И “МЯГКИХ” МАТЕРИАЛОВ ИК ДИАПАЗОНА СПЕКТРА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

© 2008 г. **Н. В. Каманина**, доктор физ.-мат. наук; **П. Я. Васильев**;
В. И. Студенов, канд. физ.-мат. наук; **Ю. Е. Усанов**, канд. техн. наук

НПК “Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова”, Санкт-Петербург

E-mail: nvkamanina@hotmail.com

С применением новых нанотехнологий проведена обработка прозрачных проводящих покрытий на основе окислов индия и олова, органических стекол, а также “мягких” материалов ИК диапазона: CaF_2 , BaF_2 , MgF_2 и др. Показано, что механическая прочность покрытий и материалов может быть увеличена в 3–10 раз при сохранении их спектральных характеристик. Установлено существенное улучшение лазерной прочности в видимом и ближнем ИК диапазонах.

Коды OCIS: 160.0160, 230.3720, 240.0240.

Поступила в редакцию 22.10.2007.

Современное развитие нанотехнологий существенно расширяет области применения различных материалов, в том числе оптических, и позволяет использовать нанообъекты для их модификации и улучшения ряда технических характеристик. В данном сообщении показаны преимущества использования нанообъектов и обработки поверхности матричного материала с нанесенными нанообъектами поверхностной электромагнитной волной (ПЭВ) для увеличения механической и лазерной прочности при условии сохранения их спектральных характеристик.

В таблицах 1 и 2 показаны выборочные результаты исследований механической и лазерной прочности обработанных материалов, а на рисунке приведен для примера спектр пропускания BaF_2 для доказательства сохранения спектральных характеристик. Спектр снят на спектрометре Perkin-Elmer Lambda 9.

Из приведенных в табл. 1 данных видно, что абразивная прочность “мягких” материалов ИК ди-

Таблица 1. Результаты исследований механической прочности обработанных материалов

Материал	Механическая (абразивная) прочность, число оборотов*
Органическое стекло	200–400
Органическое стекло + нанообработка	1500–3000
BaF_2	200
BaF_2 + нанообработка	3000
MgF_2	1000
MgF_2 + нанообработка	3000

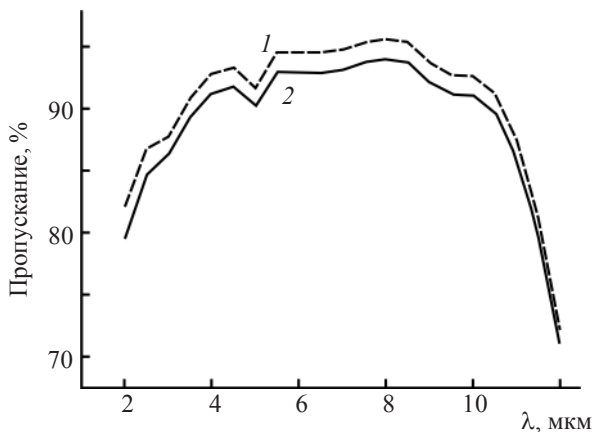
* Механическая прочность определялась по числу оборотов на истирание до появления отчетливого кольца. Значение 3000 оборотов соответствует появлению отчетливого кольца на кварцевом стекле К8 и соответствует нулевой прочности. Механическая прочность на истирание была исследована на приборе СМ-55 (разработка НИТИОМ ВНИЦ “ГОИ им. С.И. Вавилова”) при нагрузке на индентор 100 г.

Таблица 2. Результаты исследования лазерной прочности обработанных покрытий

Тип слоя и обработки	Плотность энергии при обработке, Дж см ⁻²	Плотность энергии, разрушающая слой, Дж см ⁻²	Число лазерных импульсов до разрушения образца при определенном уровне плотности энергии, Дж см ⁻²
Не обработанный ИТО	0,35–0,5	0,65–0,67	10 при 0,66
ИТО с ПЭВ	1,025–1,05	1,25	7–10 при 1,25
ИТО, покрытый HfO_2 *	0,375–0,6	0,67–0,7	10 при 0,7
ИТО, покрытый HfO_2 , затем обработанный ПЭВ	0,88–1,06	0,18–1,25	7–10 при 1,2
ИТО, покрытый нанотрубками	0,4–0,7	0,75	10 при 0,75
ИТО, покрытый нанотрубками, затем обработанный ПЭВ	0,94–1,25	0,5–1,56	10 при 1,5

* Традиционно покрытия на основе окислов гафния используются для улучшения однородности поверхности и сглаживания отдельных дефектов на оптических элементах.

апазона спектра существенно возрастает после применения разработанных нанотехнологий, при этом стоит заметить – наблюдается некоторое “просветление” исследуемых систем, что обусловлено физико-химическими особенностями применяемых нанообъектов. Механизм упрочнения материалов при использовании нанообъектов, а также лазерной обработки в настоящее время изучается. Сохранение же спектральных характеристик, а зачастую и увеличение пропускания матричных структур при обработке поверхности нанообъектами обусловлено тем обстоятельством, что данные нанообъекты обладают диэлектрической проницаемостью, мни-



Спектры пропускания образцов при использовании подложек на основе BaF_2 . 1 – образец, обработанный с использованием предлагаемой нанотехнологии, 2 – необработанный образец.

мая часть которой, ответственная за поглощение, практически равна нулю в ближнем ИК диапазоне спектра.

Из данных табл. 2 видно, что лазерная прочность прозрачных проводящих покрытий на основе окислов индия и олова (ИТО) (используемых, в частности, при изготовлении пространственно-временных модуляторов света и в качестве проводящего слоя в дисплейных элементах), покрытых нанотрубками, является наиболее высокой. Следует заметить, что все исследования лазерной прочности ИТО были сделаны при использовании кварцевых подложек, чтобы избежать влияния свилей и дислокаций в стеклах. Стоит сказать, что в этих экспериментах даже при превышении плотности воздействующей энергии $\sim 1,5 \text{ Дж см}^{-2}$ выходная плотность энергии изменялась не более чем на 10%.

Итак, в данном исследовании показана возможность использования нанообъектов и технологии применения поверхностных электромагнитных волн для упрочнения материалов при сохранении их спектральных характеристик. Результаты патентуются (Заявка на патент РФ № 2007100549/28/000573, приоритет от 09.01.2007 г.); работа выполнена при частичной поддержке программы ФЦП НТБ (2003–2006 гг.), а также гранта МНТЦ ИРР А-1484 (2007–2009 гг.). Авторы благодарят сотрудников НПК “ГОИ им. С.И. Вавилова” В.Г. Погареву, А.В. Савушкина за помощь в спектральных измерениях в среднем ИК диапазоне, В.Е. Левинок и А.П. Кулешова – за консультации и помощь в измерениях абразивной прочности.