МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ СИЛЬНОТОЧНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ СО РАН
ИНСТИТУТ ОПТИКИ АТМОСФЕРЫ СО РАН
ООО «ЛАБОРАТОРИЯ ОПТИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ»
ООО «ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ АЛМАЗНЫЕ УСТРОЙСТВА»

МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ФОТОНИКИ, ЭЛЕКТРОНИКИ И НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИКИ

Материалы
всероссийской конференции
с международным участием
10–13 сентября 2024 г.

Ответственный редактор Е. И. Липатов

Томск
Издательство Томского государственного университета
2024

УДК 535, 537.9, 538.9, 548
ББК 22.34, 22.37, 24.12, 24.5
М341

М341 **Материалы и технологии фотоники, электроники и нелинейной оптики:** материалы Всероссийской конференции с международным участием, 10–13 сентября 2024 г. / отв. ред. Е.И. Липатов. – Томск : Издательство Томского государственного университета, 2024. – 88 с.

ISBN 978-5-907890-18-3

Всероссийская конференция с международным участием «Материалы и технологии фотоники, электроники и нелинейной оптики» была проведена в Томском государственном университете с 10 по 13 сентября 2024 г.

Сборник содержит материалы тезисов докладов, посвященных новейшим достижениям в фотонике, электронике, нелинейной оптике и квантовых технологиях на основе современных и перспективных материалов. Круг рассматриваемых вопросов простирается от синтеза оптических и полупроводниковых материалов до создания оптоэлектронных и полупроводниковых приборов и систем.

УДК 535, 537.9, 538.9, 548
ББК 22.34, 22.37, 24.12, 24.5

ISBN 978-5-907890-18-3

Э-0050 ВЛИЯНИЕ СОСТАВА И МОРФОЛОГИИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗЕРКАЛ ДЛЯ ЛАЗЕРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЛИДАРНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ИХ ПОРОГ ОПТИЧЕСКОГО ПРОБОЯ

М. М. Зиновьев[1, 2], *В. С. Кузнецов*[1], *Н. Н. Юдин*[1, 2], *С. Н. Подзывалов*[1], *Е. С. Слюнько*[1], *А. Ю. Кальсин*[1], *А. Ш. Габдрахманов*[1], *А. Б. Лысенко*[1]

[1] Томский государственный университет, Томск, Россия
[2] Институт оптики атмосферы СО РАН, Томск, Россия

Порог лазерно-индуцированного пробоя (ПЛИП) диэлектрических интерференционных зеркал (а также просветляющих покрытий) зависит от множества параметров и факторов. Так, например, отражательная способность зеркала, как правило, решается увеличением числа слоев, составляющих интерференционную структуру. А это в свою очередь влечет увеличение суммарных механических напряжений в слоях, и, как следствие, плохую адгезию пленки или ее растрескивание [1].

Еще одним важным фактором, влияющим на ПЛИП интерференционных покрытий, является морфологический состав пленок и их химическая стехиометрия. При вакуумном методе нанесения пленок в них может образовываться нестехиометрическая структура, иными словами, включения, которые являются центрами поглощения [2, 3]. Такие включения при воздействии на них высокоэнергичных лазерных импульсов высокой мощности разогреваются, вызывая оптический пробой пленки. Для решения этой проблемы разрабатывается технологическая карта процесса напыления пленок в вакууме с оптимальными параметрами, при которых стехиометрия пленок близка к номинальному составу [4, 5].

В работе представлены результаты по исследованию влияния морфологии и состава тонких пленок, образующих структуру диэлектрических зеркал оптических резонаторов когерентных источников для ЛИДАРов. В программном обеспечении Optilayer проведено моделирование диэлектрических зеркал с использованием двух пар материалов TiO_2/SiO_2 и ZnS/YbF_3.

В данной работе использован метод ионно-лучевого распыления (ИЛР) осаждения пленок в вакууме. Процесс нанесения оптических покрытий осуществлялся с использованием вакуумно-напылительного оборудования Aspira-200.

С помощью электронного и атомно-силового микроскопов проведено исследование морфологической структуры монослоев используемых материалов. Показано, что высокопреломляющие слои как ZnS так и TiO_2 при нанесении их на подложку методом ИЛР имеют бездефектную структуру, и плотную упаковку частиц, что позволяет получать пленки с высоким показателем преломления.

Исследование низкопреломляющих материалов SiO_2 и YbF_3 показало, что в монослоях данных материалов присутствуют различного рода дефекты. Так при распылении SiO_2 на высоких ускоряющих напряжениях ионного источника (высокая энергия ионов) часть кремния не успевает прореагировать до состояния оксида, вызывая дефекты напыляемой пленки. Данные дефекты практически полностью устраняются путем подбора газовой смеси аргон/кислород при распылении материала, и путем снижения ускоряющего напряжения источника.

Установлено, что при ионном распылении мишени YbF_3 в напыляемой пленке появляется большое количество дефектов. Элементный анализ этих областей показывает там недостаток фтора с существенным преобладанием иттербия (соотношение 1 : 5). Это вызывает локальное отклонение от стехиометрии состава пленки, данные дефекты являются, в том числе, и поглощающими центрами. Однако, снижение ускоряющего напряжения на 20–25% не приводит к существенным изменениям количества дефектов. А дальнейшее снижение мощности источника приводит к очень низкой скорости распыления, и как следствие невозможности наносить многослойные покрытия. Поэтому, данная проблема требует дополнительных исследований.

Значения порога лазерно-индуцированного пробоя диэлектрических зеркал получены с использованием излучения Nd:YAG лазера с длиной волны 1064 нм. Для определения порога оптического пробоя образцов использовалась методика «*R-on*-1». Суть этой методики заключается в том, что каждая отдельная область кристалла облучается лазерным излучением при последовательном повышении интенсивности лазерного излучения до тех пор, пока не произойдет оптический пробой или не будет достигнуто заранее заданное значение плотности энергии.

Исследование ПЛИП ($\lambda = 1064$ нм, $\tau = 35$ нс, $f = 1000$ Гц) диэлектрических зеркал на основе пар материалов TiO_2/SiO_2 и ZnS/YbF_3 на подложке, сделанной из кварца КИ, показало, что диэлектрическое зеркало на основе TiO_2/SiO_2 способно выдержать оптическую нагрузку до 4 Дж/см^2 в то время как зеркало на основе ZnS/YbF_3 выдерживает оптическую нагрузку до 3,2 Дж/см^2.

Литература

1. Ванякин А. В., Железнов В. И., Кулевский Л. А., Лукашев А. В., Морозов Н. П., Орлов Н. А. Интерференционная оптика для лазеров и параметрических генераторов среднего ИК диапазона // Квантовая электроника. 1997. Т. 24, № 2. С. 142–144.
2. Lishuan Wang, Yugang Jiang, Chenghui Jiang, Huasong Liu, Yiqin Ji, Feng Zhang, Rongwei Fan, Deying Chen. Effect of oxygen flow rate on microstructure properties of SiO2 thin films prepared by ion beam sputtering // Journal of Non-Crystalline Solids. 2018. Vol. 482. P. 203–207.
3. Langston P. F., Krous E., Schiltz D., Patel D., Emmert L., Markosyan A., Reagan B., Wernsing K., Xu Y., Sun Z., Route R., Fejer M. M., Rocca J. J., Rudolph W., Menoni C. S. Point defects in Sc2O3 thin films by ion beam sputtering // Appl. Opt. 2014. 53. A276-A280.
4. L. Wang, Y. Jiang, C. Jiang, H. Liu, Y. Ji, F. Zhang, R. Fan, D. Chen. Effect of oxygen flow rate on microstructure properties of SiO2 thin films prepared by ion beam sputtering // Journal of Non-Crystalline Solids. 2018. 482. P. 203–207.
5. Langston P. F., Krous E., Schiltz D., Patel D., Emmert L., Markosyan A., Reagan B., Wernsing K., Y. Xu, Z. Sun, Route R., Fejer M. M., Rocca J. J., Rudolph W., Menoni C. S. Point defects in Sc2O3 thin films by ion beam sputtering // Appl. Opt. 2014. 53. A276-A280.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-79-10193, https://rscf.ru/project/23-79-10193/