

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра физики полупроводников

Получение тонких пленок методом электронно-лучевого испарения в вакууме и измерение их оптических характеристик

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 412 группы

направления 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

факультета нано- и биомедицинских технологий

Харитонов Тимура Викентьевича

Научный руководитель

Ст. преподаватель

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

С. Н. Соколов

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой

Профессор, д.ф.-м.н.

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

А.И. Михайлов

инициалы, фамилия

Саратов 2017

Введение.

Оптические приборы и методы исследования, внедренные в различных областях науки и техники, приводят к необходимости создания многослойных диэлектрических, металлодиэлектрических систем с расширяющимися требованиями к их свойствам, но и возможному их сочетанию. Это, в первую очередь, оптические, физико-механические, химические и другие свойства. Из оптических свойств следует упомянуть непрерывно расширяющийся спектральный диапазон работы приборов, ужесточение требований к лучевой стойкости и прочности покрытий, сочетание возможности отражения (пропускания) и формирования волнового фронта отражённого (прошедшего) излучения.

Плёнки, которая нанесена на преломляющие и отражающие грани оптических элементов способствует формированию требуемых, разнообразных спектральных кривых, полученные благодаря уникальным свойствам тонкоплёночных систем. Незначительная масса и относительная простота реализации (например, путём электронно-лучевого испарения вещества в вакууме) позволяют широко применять интерференционные покрытия.

Просветляющие покрытия. Основная, почти классическая задача, просветляющих покрытий - увеличение спектрального диапазона и уменьшение остаточного отражения. Решение её при создании покрытий, которые работают в широком спектральном диапазоне, включающем в себя ультрафиолетовую, видимую и ближнюю инфракрасную часть спектра, осложняется существенной зависимостью от показателя преломления просветляемого материала. Показатель преломления просветляемых материалов лежит в интервале от 1.35 до 2.20. Также, набор стабильных, химически устойчивых, стойких плёнообразующих материалов невелик к воздействию внешней атмосферы.

Цель работы.

В данной работе мы проведем технические процессы электронно-лучевого напыления с ионным ассистированием, в результате которого получим тонкие пленки оксида циркония и оксида алюминия.

Измерим спектры пропускания плёнок, на основании которых будут рассчитаны их оптические характеристики (показатели преломления, толщина). Полученные оптические характеристики позволят нам рассчитать несколько вариантов просветляющих покрытий на основе этих материалов. Затем будет выбрано просветляющее покрытие с максимально широкой областью просветления на требуемой длине волны, для дальнейшего использования в просветлении оптики при производстве лазерной техники, а именно, суперлюминесцентных излучающих модулей с выводами излучения через одномодовые световоды, наборных решеток лазерных диодов квазинепрерывного режима работы, которые, в дальнейшем, будут применены для оптических волоконных гироскопов и датчиков, низкокогерентной оптической томографии, оптической связи, оптических измерительных систем, эффективной полупроводниковой диодной оптической накачки лазерных стержней или пластин мощных твердотельных лазеров, лазерных систем и технологических установок, для инфракрасных лазерных осветителей с высокой оптической мощностью излучения и для лазерных медицинских систем.

В **главе 1** проведен аналитический обзор по теме дипломной работы. Основное внимание уделено определению и изучению просветляющих покрытий. Рассмотрены методы формирования тонких пленок (метод электронно-лучевого испарения в вакууме, метод ионного напыления). Также в **главе 1** представлен матричный методы измерения оптических характеристик просветляющих покрытий. Представлены современные оборудования для получения просветляющих покрытий и оборудование для измерения их спектров.

В **главе 2** представлена экспериментальная часть. Проведен расчет оптических характеристик стекла. Для данного этапа работы было взято стекло К8 размером 5×6 см. Стекло было помещено в спектрофотометр Photon-RT и был измерен спектр пропускания стекла К8.

Выведена формула показателя преломления n :

$$n = \frac{\left(-\frac{2T_s}{T_s + 1} + 2 + 2\sqrt{1 - \frac{2T_s}{T_s + 1}}\right)(T_s + 1)}{2T_s}$$

С помощью данной формулы и данным, которые получили со спектрофотометра, рассчитан показатель преломления стекла К8, $n(380 \text{ нм})=1,56$; $n(1097 \text{ нм})=1,49$.

Также с помощью матричного метода рассчитаны показатели преломления стекла К8 с нанесенными однослойными тонкими пленками оксида алюминия (Al_2O_3) $n_1=1,645$ и оксида циркония (ZrO_2) $n_1=2,05$.

По полученным значениям показателей преломления проведен расчет несколькими вариантами просветляющих покрытий на основе этих материалов, а именно двумя методами нанесения двухслойных покрытий на поверхность:

а) когда два слоя с одинаковыми оптическими толщинами.

Пусть показатели преломления: стекла $n_s=1,52$; воздуха $n_0=1$; первого слоя $n_1=2,05$ (оксид циркония); второго слоя $n_2=1,645$ (оксид алюминия). Оптические толщины слоев одинаковые, то есть $n_1d_1 = n_2d_2 = \lambda/4$, где d_1 и d_2 – геометрические толщины слоев. Построен график (рис. 1) спектра пропускания $T(\lambda)$, при длине волны равной 800 нм.

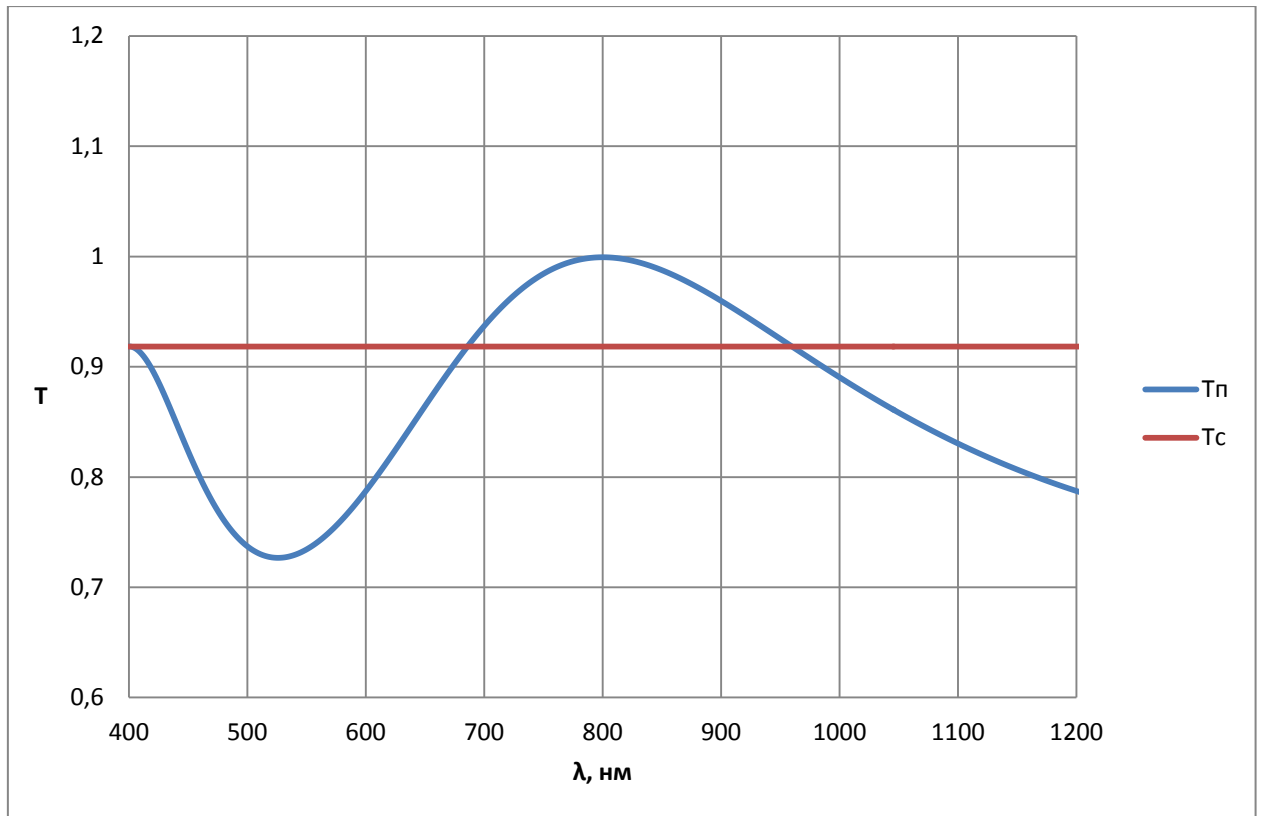


Рис. 1. Теоретический график спектра пропускания стекла К8 – T_c и стекла с двухслойным покрытием – T_n от длины волны λ с одинаковыми оптическими толщинами

б) когда оптическая толщина нижнего слоя в два раза выше, чем толщина верхнего слоя.

Также как и в первом случае пусть показатели преломления: стекла $n_s=1,52$; воздуха $n_0=1$; первого слоя $n_1=2,05$ (оксид циркония); второго слоя $n_2=1,65$ (оксид алюминия). Оптическая толщина нижнего слоя в два раза

выше, чем толщина верхнего слоя, то есть $n_1d_1 = \lambda/4$; $n_2d_2 = \lambda/2$. Построили график (рис. 2) спектра пропускания $T(\lambda)$, при длине волны $\lambda = 800$ нм.

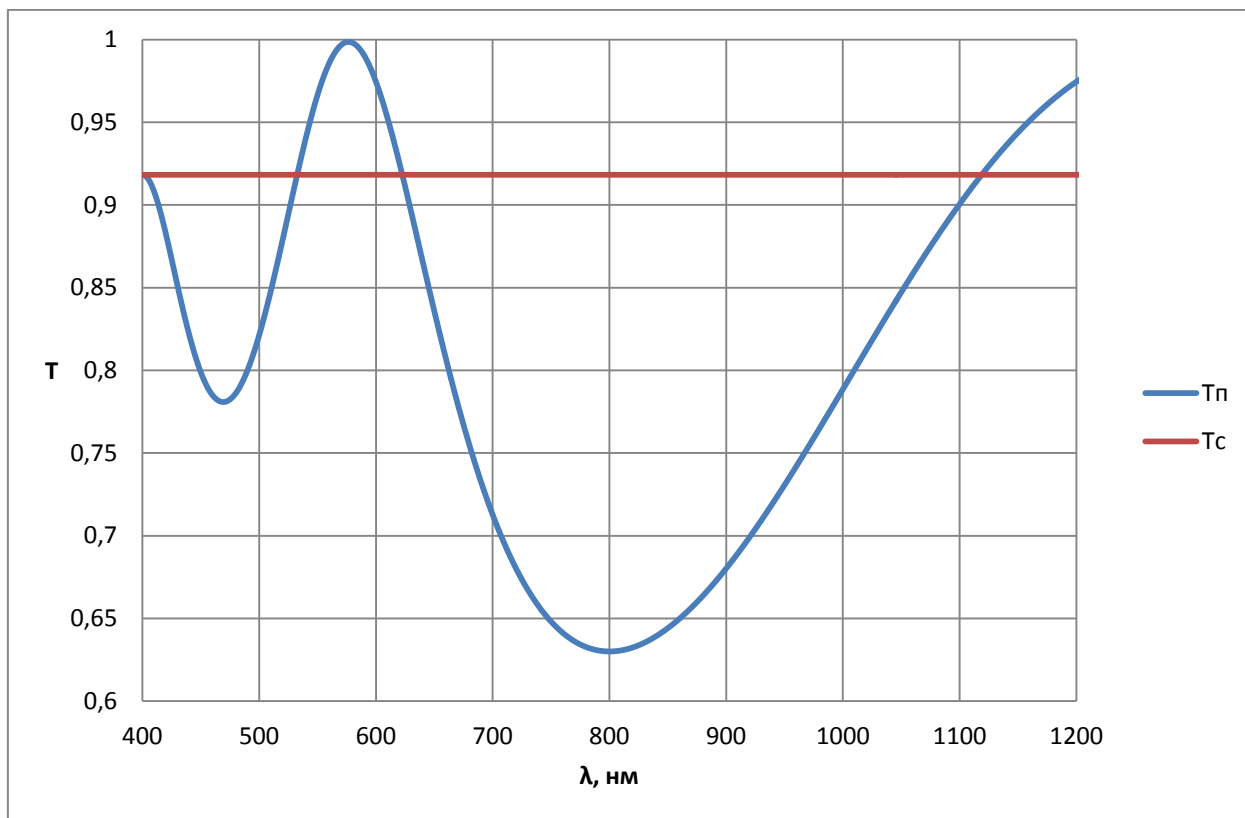


Рис. 2. Теоретический график спектра пропускания стекла К8 – T_c и стекла с двухслойным покрытием – T_n от длины волны λ с разными оптическими толщинами

Если сравнивать графики, то можно увидеть на рисунке 2, что коэффициент пропускания T при $\lambda = 800$ нм стекла К8 с нанесенным двухслойным покрытием, имеющим разные оптические толщины слоев, ниже чем коэффициент пропускания стекла К8 с нанесенным двухслойным покрытием, имеющим одинаковые оптические толщины слоев (рис. 1).

Из этого следует, что первый метод нанесения двухслойных покрытий эффективней, чем второй.

На основе первого метода были нанесены просветляющие покрытия с двух сторон на поверхность стекла К8, на одну сторону оксид алюминия, на другую оксид циркония.

Построен график спектров пропускания (рис. 3) по данным, которые получили со спектрофотометра «Photon-RT».

На графике (рис. 3) видно, что максимумы и минимумы не совпадают. Это связано с разностью показателей преломления, так как допускаются небольшие погрешности при напылении.

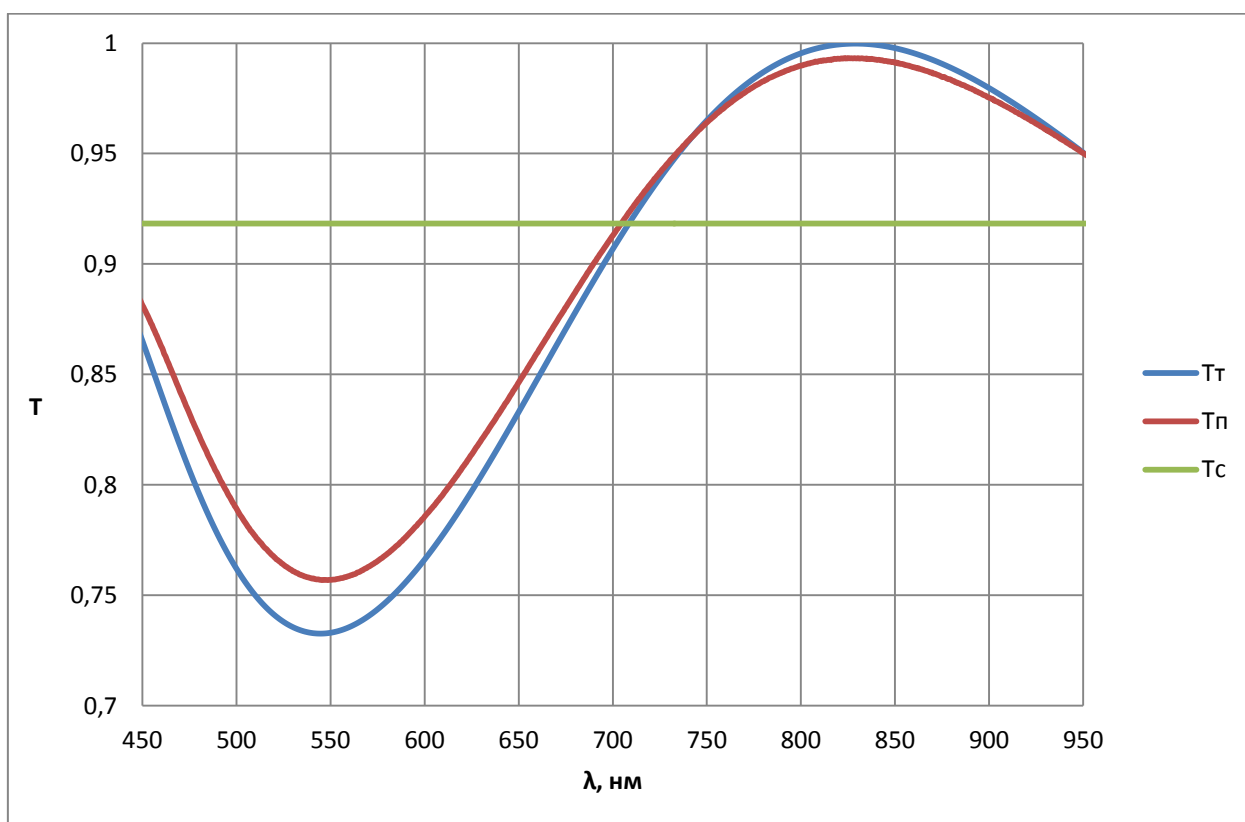


Рис. 3. График спектров пропускания от длины волны λ : стекла К8 без нанесенных покрытий – T_c , с нанесенным двухслойным покрытием с одинаковыми оптическими толщинами слоев – кривая T_p , построенная по практическим данным, и кривая T_t , построенная по теоретическим данным

Полученное значение пропускания просветленного стекла К8 при $\lambda = 829$ нм составило 0,993, при этом стекло без просветления имеет значения пропускания 0,92.

Таким образом, исследуемые материалы позволили получить просветление на требуемой длине волны. Эффективность увеличения пропускания стекла после нанесения просветляющего покрытия составила 7,3%.

Заключение.

В данной работы были проведены технические процессы электронно-лучевого напыления с ионным ассистированием.

В результате были получены тонкие пленки оксида циркония и оксида алюминия.

Измерены спектры пропускания плёнок, на основании которых были рассчитаны их оптические характеристики.

Полученные значения показателей преломления позволили рассчитать несколько вариантов просветляющих покрытий на основе этих материалов.

В результате, для реализации, было выбрано просветляющее покрытие с максимально широкой областью просветления.

Полученное значение пропускания просветленного стекла К8 составило 0,993, при этом стекло без просветления имело значения пропускания 0,92.

Таким образом, исследуемые материалы позволили получить просветление на требуемой длине волны, и, следовательно, исследуемый метод напыления и исследуемые материалы могут применяться для просветления оптики.

Эффективность увеличения пропускания стекла после нанесения просветляющего покрытия составила 7,3%.

Список использованных источников

1. Дьяконов В. П. MATLAB. Полный самоучитель. - М.: ДМК Пресс, 2012. - 768 с.: ил.
2. http://www.essentoptics.com/rus/products/spectrophotometers/photon_rt/
3. http://www.izovac.com/about/news/2013/ortus_1100/
4. Бутовский К. Г., Лясников В. Н. Напыленные покрытия, технология и оборудование. - Саратов.: «СГТУ», 1999 – 117 с.
5. Попов В. Ф., Горин Ю. Н. Процессы и установки электронно-ионной технологии. - М.: Высш. шк., 1988. - 255 с.
6. Виноградов М.И., Маишев Ю.П. Вакуумные процессы и оборудование ионно - и электронно-лучевой технологии. - М.: Машиностроение, 1989. - 56 с.
7. Путилин Э.С., Оптические покрытия. Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010 – 227с.
8. Борн М. Вольф Э. Основы оптики - М., Наука, 1970г. - 856с.
9. Бернинг П.Х. Теория и методы расчёта оптических свойств тонких плёнок. Физика тонких плёнок под редакцией Э. Туна и Г. Хасса - М. Мир 1967. Т. 1.
10. Амочкина Т. В. Вычислительные методы и программирование. Учебное пособие. 2005. Т. 6 - 195 с.
11. Н. А. Macleod, Thin-Film Optical Filters, Institute of Physics, 3rd Edition, 2001.
12. Лойко Н.Н.. Введение в молекулярно-лучевую эпитаксию. – М.: МИФИ, 2000. – 48 с.
13. Тонкие пленки взаимная диффузия и реакции/ Под ред. Дж. Поута, К. Ту, Дж. Мейера – М.: Мир, 1982. – 576 с.
14. Физическая энциклопедия. В 5-ти томах. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1988 – 1998 гг.
15. Технология тонких пленок: Справочник в 2-х томах/ Под ред. Л. Майссела, Р. Глэнга – М.: Сов. радио, 1977. – 664 с. и 770 с.

16. Технология тонких пленок. Справочник в 2-х томах. М.: Советское радио: Т. 1. – 662 с., Т. 2 – 768 с.
17. Минайчев, В.Е. Нанесение пленок в вакууме. Кн. 6 / В.Е. Минайчев – М.: Высшая школа, 1989. – 110 с.
18. Вакуумная техника. Справочник, под ред. Е.О. Фролова, В.Е. Минайчева – М.:, Машиностроение, 1985. – 360 с
19. Майссел Л. Физика тонких пленок. – М.: Мир, 1968. –396 с.
20. Комник Ю.Ф. Физика металлических пленок. Размерные и структурные эффекты. – М.: Атомиздат, 1979. – 264 с.