

ОПТИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 535.345.6

МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫЕ ПРОСВЕТЛЯЮЩИЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ВИДИМОЙ, БЛИЖНЕЙ ИК И ИК ОБЛАСТЕЙ СПЕКТРА

© 2005 г. Р. С. Соколова, канд. техн. наук; А. В. Михайлов, канд. техн. наук;
Г. А. Муранова, канд. техн. наук; Ж. Н. Горелкина

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

В работе получены многоспектральные просветляющие покрытия, снижающие отражение подложки одновременно в заданных участках видимого, ближнего ИК и ИК диапазонов спектра (0,5–12,0 мкм). Найдены конструкции покрытий высокой оптической эффективности на основе устойчивых тонкопленочных материалов. Получены экспериментальные образцы покрытий.

Коды OCIS: 310.1620.

Поступила в редакцию 14.03.2005.

Настоящее сообщение является развитием наших работ по созданию многоспектральных просветляющих покрытий, снижающих коэффициент отражения подложки одновременно в нескольких заданных спектральных областях в диапазоне длин волн 0,5–12 мкм, отвечающих рабочим спектральным областям прибора. Возможность одновременного просветления оптических элементов во всех рабочих спектральных областях прибора позволяет находить более совершенные оптические схемы и приводит к существенному снижению его габаритов и массы. В нашей предыдущей работе [1] были рассмотрены просветляющие покрытия, снижающие коэффициент отражения подложки одновременно в двух и трех окнах прозрачности атмосферы. Настоящая работа посвящена просветляющим покрытиям, снижающим коэффициент отражения подложки одновременно в видимом, БИК и ИК диапазонах спектра.

В [1] отмечалось, что подобного рода задачи могут быть решены за счет сверхширокополосных покрытий с градиентным показателем преломления [2] или многослойных покрытий ступенчатого типа с убывающим от подложки к воздуху показателем преломления [3, 4]. Однако такие покрытия не получили широкого распространения из-за сложности их практической реализации.

Нами найдены достаточно простые решения просветляющих покрытий с небольшим числом слоев, снижающих коэффициент отражения подложки в заданных диапазонах видимой, БИК и ИК обла-

стей спектра. При синтезе покрытий были рассмотрены несколько принципиально различающихся схем построения многоспектрального покрытия. Во всех случаях использовались константы наиболее эксплуатационно-стойких материалов, применяемых в вакуумной технологии изготовления тонкопленочных элементов.

На рис. 1 приведены кривые спектрального коэффициента отражения трех- и пятислойных просветляющих покрытий, снижающих отражение селенида цинка в видимой, БИК и ИК областях спектра. Основу покрытий составляют слои, снижающие коэффициент отражения подложки в ИК области спектра, а просветляющий эффект в видимом и БИК диапазонах достигается за счет систем дополнительных слоев. Средние значения остаточного коэффициента отражения в областях 0,5–0,7, 0,5–0,9, 8–12 мкм и для $\lambda = 1,06$ мкм соответственно составляют 0,65, 0,53, 1,18 и 1,23% для трехслойного покрытия, 0,67, 0,89, 1,08 и 1,07% для пятислойного покрытия. Преимуществом покрытий такого типа (I) является технологичность их реализации, что обеспечивает высокую воспроизводимость их оптических и эксплуатационных параметров при тиражировании на стандартных вакуумных установках.

На рис. 2 приведены спектральные кривые коэффициента отражения четырех- и десятислойных просветляющих покрытий на сульфиде цинка, где снижение коэффициента отражения в видимом и БИК диапазонах спектра достигается за счет “ступенчатых” покрытий с убывающим от подложки к возду-

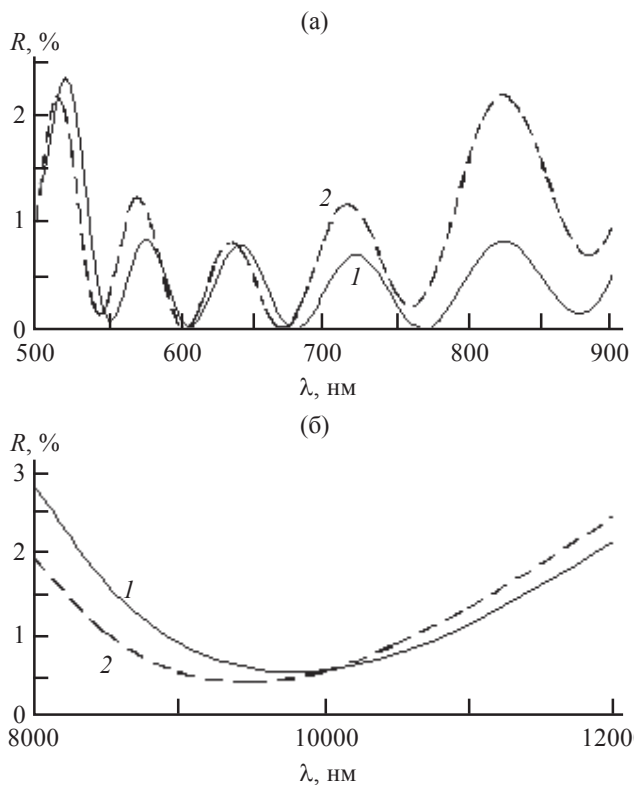


Рис. 1. Спектральные кривые отражения многоспектральных просветляющих покрытий на селениде цинка в видимом и БИК (а) и ИК (б) диапазонах: 1 – трехслойное покрытие ($R_{1,06} = 1,23\%$), 2 – пятислойное покрытие ($R_{1,06} = 1,07\%$).

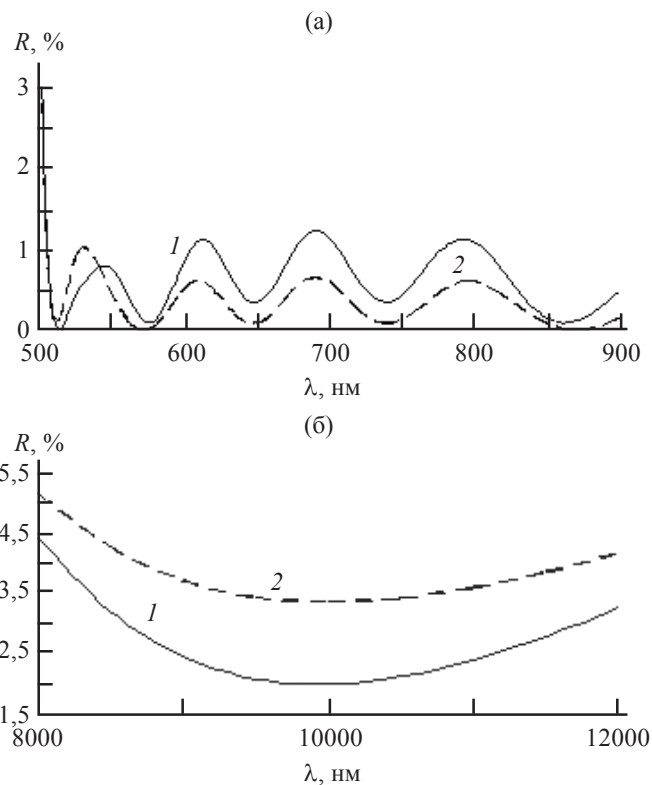


Рис. 3. Спектральные кривые отражения многоспектральных просветляющих покрытий на основе слоев чередующегося показателя преломления в видимом и БИК (а) и ИК (б) диапазонах: 1 – на селениде цинка ($R_{1,06} = 0,02\%$), 2 – на сульфиде цинка ($R_{1,06} = 0,07\%$).

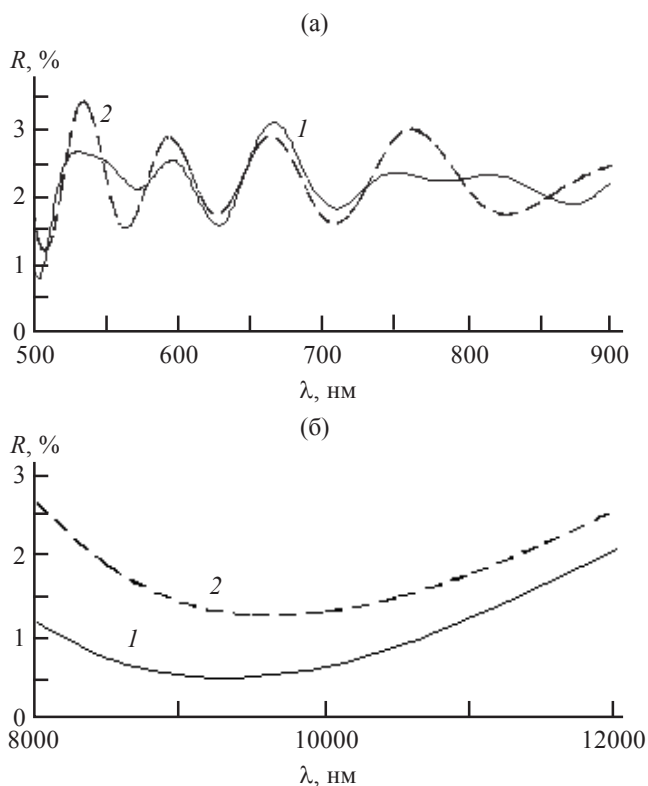


Рис. 2. Спектральные кривые отражения многоспектральных просветляющих покрытий на сульфиде цинка в видимом и БИК (а) и ИК (б) диапазонах: 1 – четырехслойное покрытие ($R_{1,06} = 1,1\%$), 2 – десятислойное покрытие ($R_{1,06} = 1,3\%$).

ху показателем преломления, а в ИК области – за счет дополнительных слоев. Средние значения остаточного коэффициента отражения в областях спектра 0,5–0,7, 0,5–0,9, 8–12 мкм и для $\lambda = 1,06$ мкм соответственно составляют 2,25, 2,2, 1,1 и 1,18% для четырехслойного покрытия, 2,24, 2,18, 0,95 и 1,08% для десятислойного покрытия. Недостатком покрытий такого типа (II) является многокомпонентность. Однако эти покрытия легко могут быть преобразованы в двухкомпонентные за счет использования слоев с эквивалентным показателем преломления [5]. К преимуществам таких конструкций можно отнести использование слоев небольшой оптической толщины, что является гарантией низких потерь излучения на рассеяние в видимом диапазоне спектра.

На рис. 3 приведены спектральные характеристики коэффициента отражения поверхностей селенида цинка и сульфида цинка с многослойными просветляющими покрытиями из слоев с чередующимся показателем преломления. Средние значения остаточного коэффициента отражения в областях спектра 0,5–0,7, 0,5–0,9, 8–12 мкм и для $\lambda = 1,06$ мкм соответственно составляют 0,74, 0,66, 2,5 и 0,02% для селенида цинка, 0,52, 0,40, 3,74 и 0,07% для сульфида цинка. Такие конструкции покрытий (III) существенно расширяют выбор пленочных материалов, включая материалы

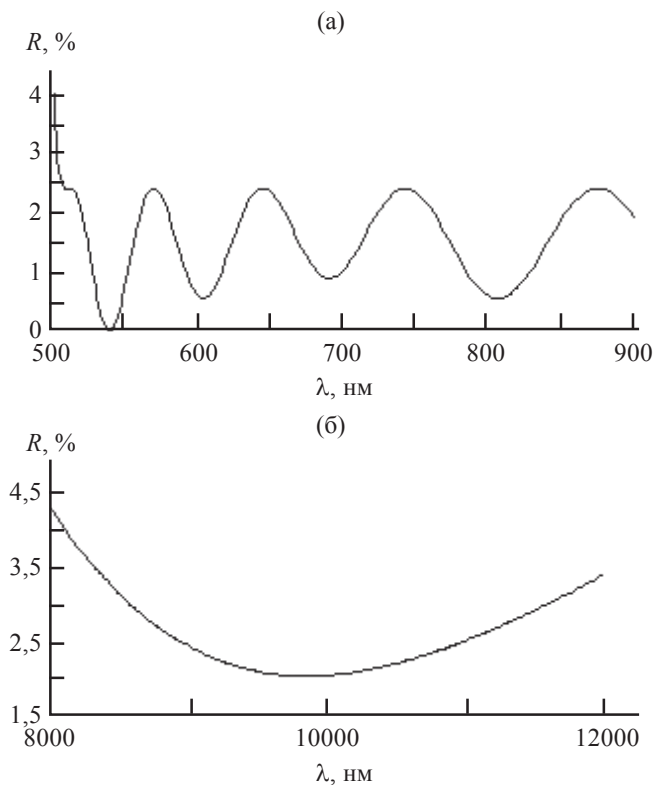


Рис. 4. Спектральные кривые отражения многоспектрального просветляющего покрытия повышенной эксплуатационной стойкости на селениде цинка в видимом и БИК (а) и ИК (б) диапазонах. ($R_{1,06} = 2,41\%$).

повышенной эксплуатационной прочности, обеспечивающие устойчивость покрытий к жестким воздействиям окружающей среды (см. рис. 4).

В ряде случаев были получены опытные образцы рассмотренных выше покрытий с оптическими параметрами, близкими к расчетным. На рис. 5 приведены спектральные характеристики коэффициента отражения экспериментальных образцов покрытий различных конструкций. Кривая 1 (образец 1) относится к трехслойному покрытию I типа на селениде цинка. Кривые 2 и 3 (образцы 2 и 3) относятся к многослойным покрытиям из слоев с чередующимися показателями преломления (III тип) на сульфиде цинка. Средние значения остаточного коэффициента отражения в областях спектра 0,5–0,7, 0,5–0,9 мкм составляют 1,5–2,0% для образцов 1 и 2 и порядка 3% для образца 3. Коэффициенты отражения на длине волны 1,06 мкм равны 1,0% для образцов 1 и 2 и 3,0% для образца 3. В области 8–12 мкм

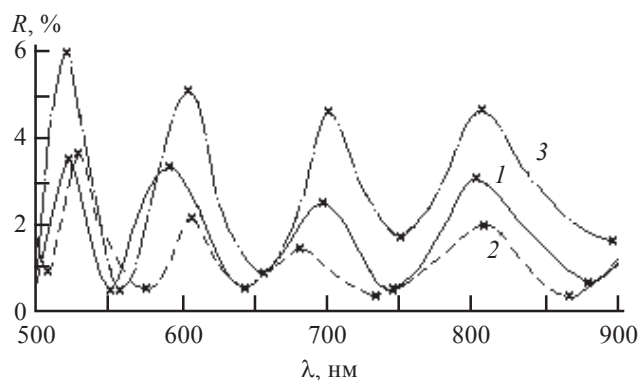


Рис. 5. Спектральные кривые отражения экспериментальных образцов многоспектральных просветляющих покрытий. Пояснения см. в тексте.

спектральные кривые коэффициента отражения отвечают однослойному покрытию со средним коэффициентом отражения 2–3%. Покрытия получены методом термического испарения веществ в высоком вакууме на отечественных установках типа ВУ-1А на основе слоев устойчивых фторидов, сульфидов, селенидов и оксидов металлов. Покрытия образцов 1 и 2 относятся к 1-й группе механической прочности и влагонепроницаемости по отечественным стандартам, устойчивы к перепадам температур, что отвечает условиям эксплуатации оптических элементов внутри приборов. Покрытие образца 3 характеризуется нулевой группой механической прочности и устойчиво к жестким воздействиям окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколова Р.С., Пащикова Н.А. Многоспектральные просветляющие покрытия для ИК области спектра // Оптический журнал. 2002. Т. 69. № 2. С. 25–27.
2. Якобсон Р. Неоднородные и совместно напыленные пленки для оптических применений // Физика тонких пленок. Т. 8. М.: Мир, 1978. С. 61–105.
3. Кокс Дж.Т., Хасс Г. Просветляющие покрытия для видимой и ИК областей спектра // Физика тонких пленок. Т. 2. М.: Мир, 1967. С. 186–242.
4. Sankur H., Southwell W. Broadband gradient-index antireflection coating for ZnSe // Appl. Optics. 1984. V. 23. № 16. P. 2770–2773.
5. Berning P.H. Use of equivalent films in the design of infrared multilayer antireflection coatings // JOSA. 1962. V. 52. P. 431–436.