

УДК 666.3

В.А. ДОНЧЕНКО*, Ал. А. ЗЕМЛЯНОВ**, Н.С. ПАНАМАРЕВ*

ДИСПЕРСИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ КОМПЗИТНЫХ ПЛЕНОК С НАНОЧАСТИЦАМИ ИЗ Ag, Ni, Al, Cu НА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОДЛОЖКЕ¹

Приведены результаты компьютерного моделирования отражательной способности плоской структуры из композитного материала на основе наночастиц из Ag, Ni, Al, Cu и подложки из тех же металлов в видимом диапазоне длин волн.

Ключевые слова: металлодиэлектрический композит, металлические наночастицы, плазмонный резонанс, просветляющие покрытия.

В работе [1] было показано, что оптическая среда из бисфер при определенных условиях может быть как идеальным зеркалом, так и абсолютно прозрачным телом. Важным свойством этого эффекта является то, что подавление отражательной способности такой метаструктурной системы происходит в широком диапазоне длин волн, практически во всем видимом диапазоне. В работе [2] установлено, что при нанесении монослоя сферических наночастиц на поверхности поглощающей или не поглощающей среды также обнаруживается эффект оптического просветления. В работе [3] эффект оптического просветления рассмотрен в нанокompозитной пленке на поверхности подложки из стекла и кремния. В качестве объектов исследования в этих работах использовались композитные пленки (PMMA) с нанокластерами серебра с целью их применения в качестве высокоэффективных просветляющих наноструктурных оптических покрытий для кремниевых солнечных элементов в диапазоне длин волн от 400 до 1100 нм. Показано, что композитные пленки способны значительно повышать оптическое просветление различных структур в широком диапазоне оптических длин волн. Возможность широкополосного просветления поверхности непоглощающих диэлектриков с помощью наночастиц серебра очень хорошо исследована в работе [4].

В данной работе исследовано оптическое отражение композитных пленок на основе наночастиц Ag, Ni, Al, Cu, расположенных на подложке из тех же материалов. Для расчёта геометрических (форма, концентрация включений) и материальных (диэлектрические функции матрицы и металлических наночастиц) параметров композита используется приближение эффективной среды Максвелла – Гарнета. На рис. 1 представлены рассчитанные с помощью компьютерного модели-

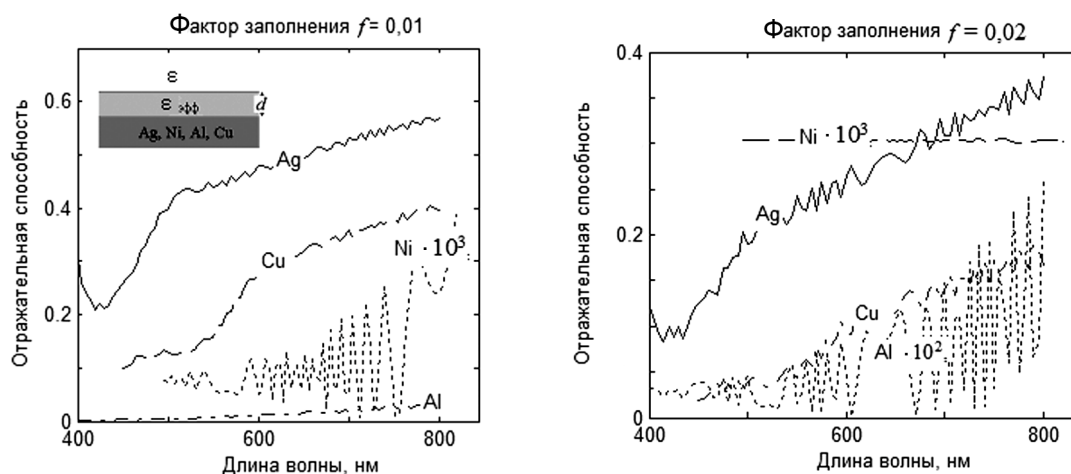


Рис. 1. Спектры отражения света (при нормальном падении) от структуры композит (диэлектрик + Ag, Ni, Al, Cu) и металлическая поверхность Ag, Ni, Al, Cu для двух значений фактора заполнения ($f = 0,01$ и $0,02$), толщина композитного слоя $d = 50$ мкм

рования отражательные способности композитного слоя толщиной 50 мкм на металлической под-

¹ Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства образования и науки РФ, рег. № 2.4219.2011.

ложке для двух значений фактора заполнения. На вставке изображена геометрия исследуемой структуры.

Для сравнения на рис. 2 приведены рассчитанные в соответствии с [5] спектры отражения света (при нормальном падении) от полированных металлических поверхностей исследуемых металлов и от поверхности эффективной среды, представляющей собой композит «диэлектрик ($\epsilon \approx 2,5$) + Ag, Ni, Al, Cu». Оптические характеристики объемных металлов взяты из [6].

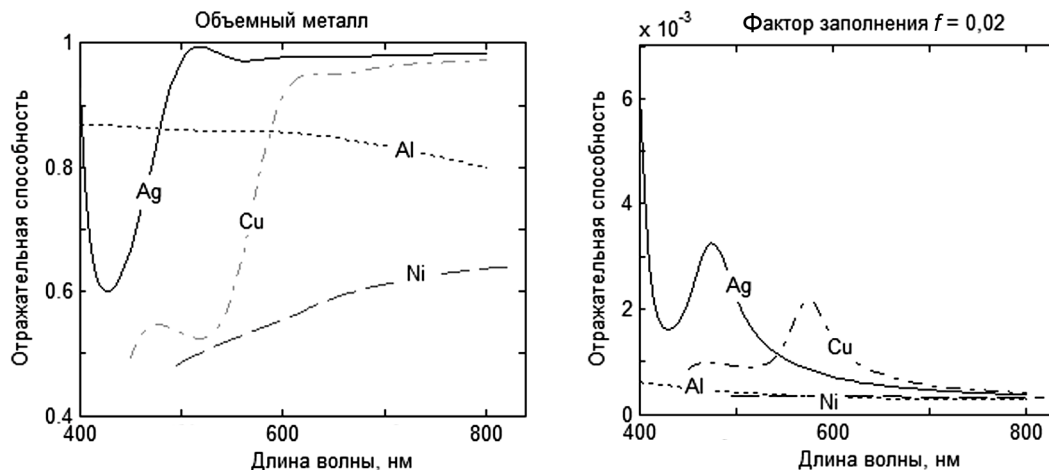


Рис. 2. Спектры отражения света (при нормальном падении) от полированных металлических поверхностей исследуемых металлов и от поверхностей композита на основе наночастиц из Ag, Ni, Al, Cu и диэлектрической матрицы

Из сравнения рис. 1 и 2 видно, что покрытие никеля слоем композита толщиной 50 мкм более чем на три порядка снижает отражательную способность такой структуры.

Таким образом, в данной работе продемонстрирована возможность широкополосного оптического просветления металлической поверхности с помощью наночастиц из тех же металлов путем формирования в приповерхностном слое просветляемого металла композитного слоя. В видимом диапазоне длин волн рассчитаны дисперсионные зависимости отражательной способности композитного металлodieлектрического слоя на металлической подложке для разных значений фактора заполнения и толщины композитного слоя как для металлов, обладающих в видимом диапазоне плазмонными резонансами (Ag, Cu), так и для металлов, плазмонные резонансы которых не попадают в видимый диапазон длин волн (Al, Ni).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гадамский О.Н., Кадочкин А.С. // Опт. и спектр. – 2005. – Т. 98. – № 2. – С. 300–308.
2. Гадамский О.Н., Шалин А.С. // ЖЭТФ. – 2007. – Т. 132. – № 4 (10). – С. 870–884.
3. Гадамский О.Н., Алтунин К.К., Ушаков Н.М. и др. // ЖТФ. – 2010. – Т. 80. – № 7. – С. 83–89.
4. Моисеев С.Г., Виноградов С.В. // Компьютерная оптика. – 2010. – Т. 34. – № 4. – С. 538–543.
5. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. – М.: Наука, 1964. – 855 с.
6. Ordal M.A., Long L.L., Bell R.J., et al. // Appl. Opt. – 1983. – V. 22. – P. 1099–1119.

*Сибирский физико-технический институт им. акад. В.Д. Кузнецова
 Национального исследовательского Томского государственного университета,
 г. Томск, Россия
 **Национальный исследовательский Томский государственный университет,
 г. Томск, Россия
 E-mail: n.panamarev@mail.ru

Поступила в редакцию 15.06.12.

Донченко Валерий Алексеевич, д.ф.-м.н., профессор, зам. директора;
 Землянов Алексей Анатольевич, к.ф.-м.н., доцент, зав. лабораторией;
 Панамарев Николай Семёнович, ведущ. программист.