

- [1] Радченко В.И. // ЖТФ. 1992. Т. 62. Вып. 4. С. 132–134.
 [2] Ведьманов Г.Д., Қозлов В.П., Кудряцев В.Н. и др. // ПТЭ. 1989. № 2. С. 47–50.
 [3] Кошляков Н.С., Глинер Э.Б., Смирнов М.М. Дифференциальные уравнения математической физики. М.: Физматгиз, 1962. 768 с.
 [4] Лизоркин П.И. Курс дифференциальных и интегральных уравнений с дополнительными главами анализа. М.: Наука, 1981. 384 с.
 [5] Раутиан С.Г. // УФН. 1958. Т. 66. № 3. С. 475–517.

Уральский политехнический институт
 Екатеринбург

Поступило в Редакцию
 6 октября 1992 г.

07
 © 1994 г.

Журнал технической физики, т. 64, в. 5, 1994

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ НА МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ВКЛЮЧЕНИЯХ НА ОПТИКУ СРЕДЫ

А.И.Ванин

Структура и поверхностные характеристики мелкодисперсных включений оказывают существенное влияние на оптические характеристики сред [1]. Задача данной работы — прояснить роль поверхностных слоев сферических частиц в формировании оптики материала с такими частицами. Примером среды с мелкодисперсными включениями может быть пленка TeO_x (нестехиометрического состава), в матрице TeO_2 которой имеются примерно сферические частицы Te , находящиеся в зависимости от скорости охлаждения в кристаллической или аморфной фазе, что проявляется в спектре среды [2]. Легирующие добавки, которые используются для достижения требуемых оптических и механических характеристик материала, на наш взгляд, преимущественно садятся на частицы Te . Эти атомы и атомы Te и матрицы, которые не коллективизированы в объемную фазу, могут образовывать поверхностный адсорбционный слой на частицах. Мы не ставим задачей описание оптических характеристик пленок TeO_x , это только пример среды, на который мы ориентируемся.

Рассматривается среда с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon_m(\omega)$, в которой имеются частицы сферической формы, материал которых имеет диэлектрическую проницаемость $\varepsilon(\omega)$; частицы имеют поверхностный слой. Атомы поверхностного слоя описываются поляризуемостями $\alpha_k(\omega)$ (индекс k отмечает сорт атома). Поляризуемость малых частиц (значительно меньших длины волны) в среде вычисляется аналогично [3] и имеет следующий вид:

$$A(\omega) = R^3 \operatorname{tg} K(\omega) / 2 + A_0(\omega) / \left[\cos^2 K(\omega) \left(1 - \sqrt{2} A_0(\omega) \operatorname{tg} K(\omega) / R^3 \right) \right], \quad (1)$$

где $A_0(\omega)$ — поляризуемость частицы без поверхностного слоя (R — радиус частицы) в приближении однородного по толщине

поверхностного слоя распределения атомов или молекул, $K(\omega) = = \sqrt{2} P(\omega) / (\epsilon_m(\omega) R^3)$, где

$$P(\omega) \mathbf{E}(\mathbf{r}, \omega) = \left\{ \sum_i \alpha_i(\omega) \mathbf{E}(\mathbf{r}_i, \omega) \delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}_i) \right\} \quad (2)$$

Здесь $\mathbf{E}(\mathbf{r}, \omega)$ — напряженность длинноволнового электромагнитного поля, \mathbf{r}_i — положение атомов в поверхностном слое, $\{ \}$ — усреднение по атомам поверхностного слоя с учетом только их коротковолнового взаимодействия друг с другом и частицей. Коротковолновое взаимодействие определяет структуру слоя и его оптические характеристики. Разделение на длинноволновую и коротковолновую части осуществляется обрезанием Фурье образа напряженности поля на волновом числе порядка обратного радиуса корреляций. В приближении невзаимодействующих атомов поверхностного слоя или в приближении их эффективных поляризуемостей имеем

$$P(\omega) = \sum \alpha_i(\omega) N_i, \quad (3)$$

где N_i — число атомов сорта i в поверхностном слое.

Из формул (1)–(3) видно, что наличие поверхностного слоя может существенным образом влиять на характеристики частиц и, следовательно, среды. Проведем оценки влияния поверхностного слоя на частицах на коэффициент отражения света от полупространства, занимаемого средой с мелкодисперсными частицами. Рассмотрим нормальное падение. Диэлектрическую проницаемость среды с частицами вычисляем в приближении Максвелла-Гарнета [4]. Не претендуя на описание оптических характеристик пленок TeO_x , будем ориентироваться на характеристики Te и TeO_2 при описании материала частиц и среды. Материал частиц описываем диэлектрической проницаемостью в приближении двух характерных частот поглощения $\omega_c = 2$ и 8 эВ и с частотами затухания $\gamma_c = 1, 3$ эВ для кристаллической фазы и

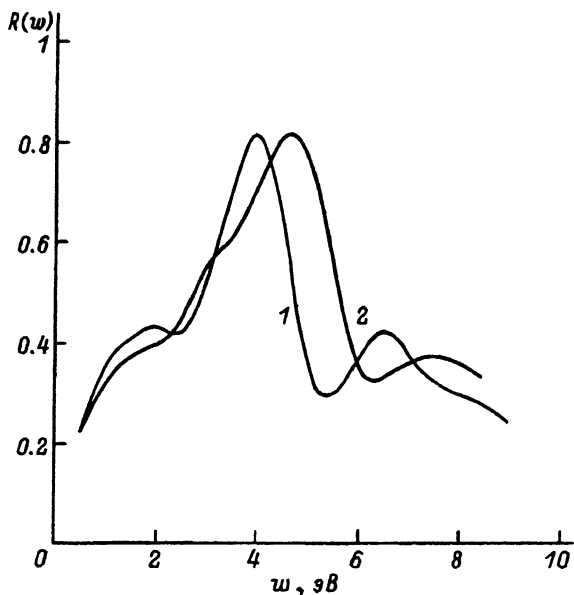


Рис. 1. Спектр отражения от среды с частицами в аморфной (1) и кристаллической фазах (2). Поверхностный слой у частиц отсутствует.

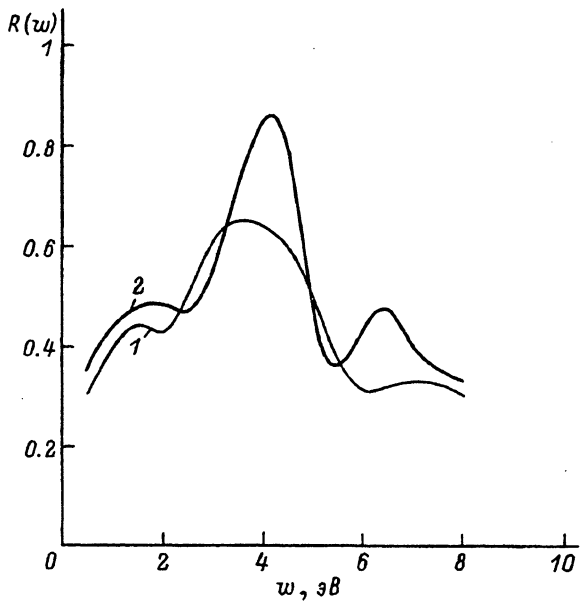


Рис. 2. Спектр отражения от среды с частицами в аморфной (1) и кристаллической фазах (2). Частицы имеют поверхностный слой.

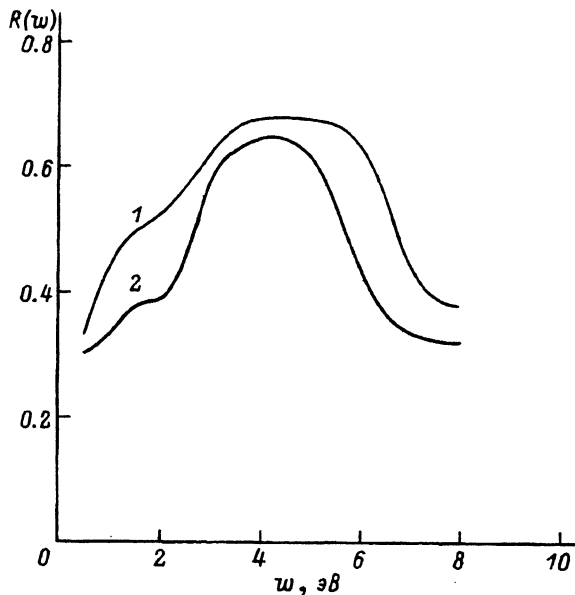


Рис. 3. Спектр отражения от среды с частицами в кристаллической фазе.

В поверхностном слое частиц изменяется характерная частота перехода: 1 — $\omega_l = 4$ эВ, $\gamma_l = 1$ эВ, 2 — $\omega_l = 4.5$ эВ, $\gamma_l = 1$ эВ.

соответственно $\omega_a = 3, 7$ эВ, $\gamma_a = \gamma_a = 3$ эВ для аморфной фазы (достаточно точно описывается Те в кристаллическом и аморфном состояниях [5]). Среду, окружающую частицы, в рассматриваемой области частот считаем достаточно прозрачной и описываем диэлектрической проницаемостью в приближении одной характерной частоты поглощения $\omega_s = 9$ эВ с частотой затухания $\gamma_s = 1$ эВ. Эффективная "поляризуемость" поверхностного слоя $P(\omega)$ — в приближении одной характерной частоты поглощения ω_l с частотой затухания γ_l .

Результаты расчетов коэффициента отражения от полупространства, занятого средой со сферическими частицами, приведены на рис. 1–3. На рис. 1 представлен спектр отражения от материала с частицами в кристаллическом и аморфном состояниях в отсутствие адсорбционного слоя на частицах. При изменении фазы частиц наблюдается уширение пика в спектре отражения, новых пиков поглощения не наблюдается. При наличии на частицах адсорбционного слоя (рис. 2) наблюдается более значительная деформация спектра. Изменение состояния в частицах приводит к появлению (или обострению) нового пика поглощения и заметному изменению интенсивности старого пика поглощения. Можно сделать вывод о том, что наличие адсорбционного слоя на каплях приводит к обострению зависимости оптики материала от фазового состояния материала частиц. На рис. 3 приведена зависимость спектра отражения от среды с частицами от изменения характеристик адсорбционного слоя. Рассмотрена гипотетическая возможность фазового перехода в адсорбционном слое (изменяется частота перехода). Наблюдается заметный сдвиг пика поглощения. Это дает возможность предсказать возможность реализации дополнительной оптической памяти на таких переходах. Вопрос о возможности такого фазового перехода остается открытым.

Таким образом показано, что наличие адсорбционного слоя на мелкодисперсных частицах может существенным образом влиять на оптические характеристики материала и его возможное использование.

Список литературы

- [1] *Петров Ю.И.* Физика малых частиц. М.: Наука, 1982. 359 с.
- [2] *Takenaga M., Yamada N., Nishiuchi K. et al.* // J. Appl. Phys. 1983. Vol. 54. P. 3576.
- [3] *Ванин А.И., Тулуб А.В.* // Вестник ЛГУ. 1985. № 25. С. 31. *Ванин А.И., Тулуб А.В.* // Физика многочастичных систем. 1990. Вып. 17. С. 87.
- [4] *Борен К., Хафмен Д.* Поглощение и рассеяние света малыми частицами. М.: Мир, 1986. 660 с.
- [5] *Мотт Н., Дэвис Э.* Электронные процессы в некристаллических веществах. М.: Мир, 1982. 663 с.

Сыктывкарский университет

Поступило в Редакцию
12 марта 1993 г.