

УДК 544.032

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОПЛЕНОК ВИСМУТА

¹Н.Н. Устюжанина, студент гр. Х-121, V курс,

²В.Э. Суровая, к.х.н. ст. преподаватель

Научный руководитель: ¹Л.Н. Бугерко к.х.н., доцент

¹Кемеровский государственный университет

²Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

При термической обработке ($T = 673$ К) пленок висмута ($d = 9 - 77$ нм) в течение ($\tau = 0,05 - 90$ мин) образуется оксид висмута (III). В зависимости от толщины образцов кинетические кривые степени превращения описываются в рамках обратного логарифмического, кубического и логарифмического законов.

Среди разнообразных неорганических материалов особое место занимает висмут. Расширение областей применения висмута выдвигает новые научно-технические задачи, в частности, изучение изменения свойств изделий на основе наноразмерных пленок висмута в условиях агрессивного воздействия окружающей среды [1].

В работе представлены результаты исследований закономерностей процессов, протекающих в условиях атмосферы в наноразмерных слоях висмута различной толщины ($d = 9 - 77$ нм) в зависимости от времени термической обработки ($\tau = 0,05 - 90$ мин) при $T = 673$ К.

Образцы для исследований готовили методом термического испарения в вакууме ($2 \cdot 10^{-3}$ Па) путем нанесения тонких слоев висмута на подложки из стекла (ГОСТ 9284 – 59), используя вакуумный универсальный пост «ВУП-5М» [2, 4, 5]. Образцы помещали на разогретую до соответствующей температуры ($T = 673$ К) фарфоровую пластину и подвергали термической обработке в муфельной печи «Тулячка-3П». Регистрацию эффектов до и после термической обработки образцов осуществляли гравиметрическим (кварцевый резонатор) и спектрофотометрическим (спектрофотометр «Shimadzu UV-1700») методами.

В результате термической обработки пленок висмута разной толщины при $T = 673$ К в атмосферных условиях спектры поглощения, отражения и масса образцов претерпевают существенные изменения. Отметим, что наблюдаемые изменения не аддитивны в рассматриваемом спектральном диапазоне длин волн. Наряду с уменьшением в интервале $\lambda = 330 \dots 1100$ нм и увеличением в диапазоне $\lambda = 300 \dots 330$ нм значений оптической плотности образца формируется спектр поглощения нового вещества. Оцененная по длинноволновому порогу поглощения, который находится при $\lambda \approx 387$ нм, оптическая ширина запрещенной зоны образующегося вещества составляет $E \approx 3,2$ эВ. Полученное значение ширины запрещенной зоны вещества удовлетворитель

но совпадает с шириной запрещенной зоны оксида висмута (III) [3]. Поэтому, было сделано предположение, что при термической обработке пленок висмута основным продуктом взаимодействия их с кислородом окружающей среды является Bi_2O_3 .

На рис. 1 представлены спектры поглощения пленок висмута толщиной $d = 39$ нм при 673 К.

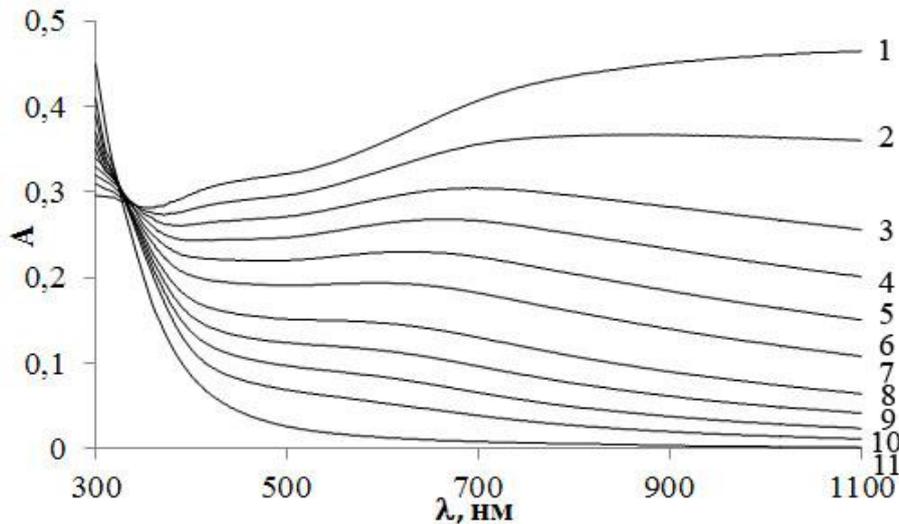


Рис. 1 Спектры поглощения пленок висмута толщиной ($d = 39$ нм) до (1) и после предварительной термообработки при $T = 673$ К: 2 – 1 с, 3 – 3 с, 4 – 5 с, 5 – 10 с, 6 – 15 с, 7 – 30 с, 8 – 1 мин, 9 – 2 мин, 10 – 3 мин, 11 – 25 мин.

Для выяснения закономерностей протекания процесса взаимодействия пленок висмута с кислородом окружающей среды были рассчитаны и построены кинетические зависимости степени превращения ($\alpha = f(\tau)$) [4, 5].

Установлено, что степень термического превращения пленок висмута с увеличением времени термической обработки и уменьшением толщины образцов возрастает.

Кинетические кривые степени термического превращения пленок висмута разной толщины условно можно разбить на несколько участков (табл. 1): обратный логарифмический ($K/\alpha = B - \lg \tau$), кубический ($\alpha^3 = K\tau + B$) и логарифмический ($\alpha = K \lg(B\tau + 1)$), где K – константа скорости формирования оксида висмута (III), A и B – постоянные интегрирования, τ – время взаимодействия.

Таблица 1. Зависимость продолжительности обратного логарифмического, кубического, логарифмического участков от толщины пленок висмута в процессе термической обработки ($T = 673$ К).

$d, \text{нм}$	9	27	39	55	77
$K/\alpha = B - \lg \tau$	—	0 – 4с	0 – 4с	0 – 5с	0 – 5с
	—	—	4 – 30с	5 – 30с	5 – 1мин
$\alpha^3 = K\tau + B$	0 – 5с	4 – 10с	30с – 2мин	30с – 3мин	1 – 3,5мин
	5с – 1мин	10с – 3мин	2 – 4мин	3 – 5мин	3,5 – 5мин
$\alpha = K \lg(B\tau + 1)$	1 – 5мин	3 – 20мин	4 – 40мин	5 – 60мин	5 – 90мин

На рис. 2 представлены кинетические кривые степени превращения пленок висмута различной толщины при температуре $T = 673$ К.

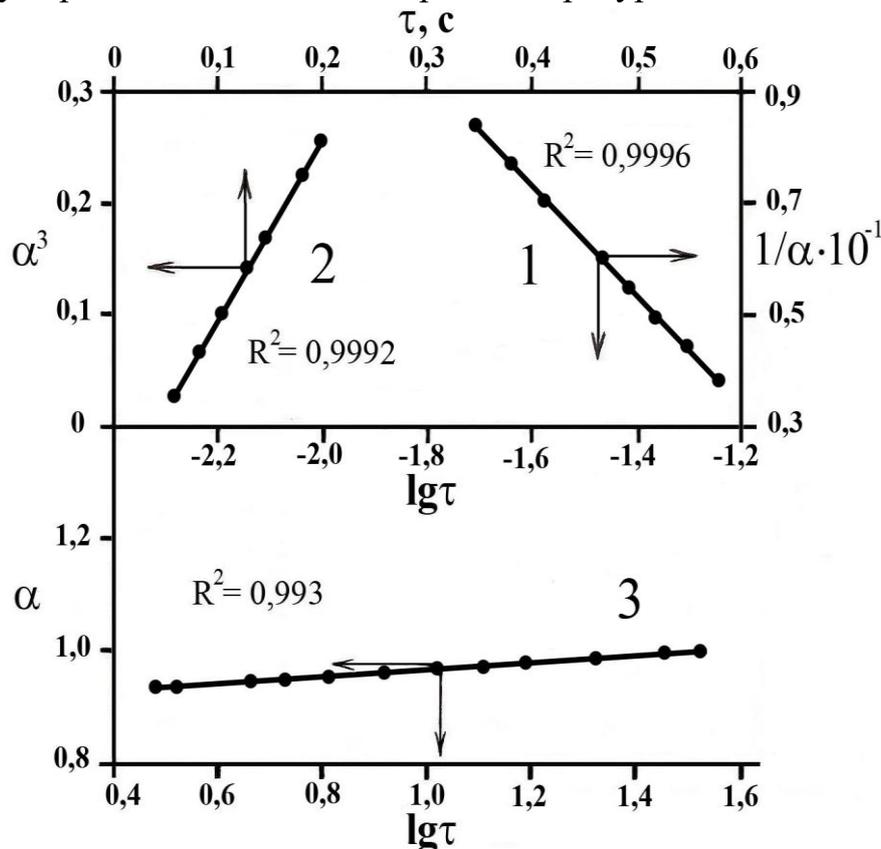


Рис. 2 Кинетические кривые термического превращения пленок висмута толщиной $d = 27$ нм при $T = 673$ К: 1 – обратный логарифмический закон; 2 – кубический закон; 3 – логарифмический закон.

Наличие соответствующих участков, а также их продолжительность о пределяется толщиной пленок висмута. По мере увеличения толщины пленки висмута наблюдается увеличение продолжительности участков кинетических кривых степени превращения.

Список литературы:

1. Рыжонков Д.И., Левина В.В., Дзидзигури Э.Л. Наноматериалы. – М.: БИН ОМ, 2008. – 365 с.
2. Суrowой Э.П., Бин С.В., Борисова Н.В. Фотостимулированные изменения в спектрах наноразмерных пленок WO_3 // Журн. физ. химии. 2010. Т. 84. № 8. С. 1539 – 1543.
3. Бьюб Р. Фотопроводимость твердых тел. – М.: ИЛ, 1962. – 558 с.
4. Суrowой Э.П., Бугерко Л.Н., Суrowая В.Э. и др. Кинетические закономерности термических превращений в наноразмерных пленках висмута // Журн. физ. химии. 2012. Т. 86. № 4. С. 702 – 709.
5. Суrowой Э.П., Бугерко Л.Н. Суrowая В.Э. Кинетика фотостимулированных превращений в наноразмерных пленках висмута // Журн. физ. химии. 2013. Т. 87. № 9. С. 1565 – 1571.