

06.2;11;12

©1994

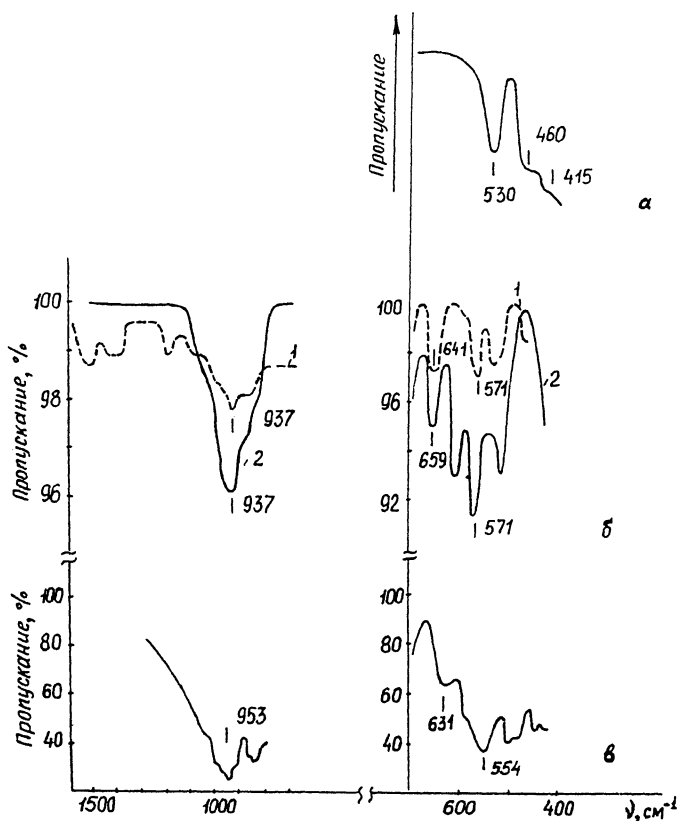
## ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ПЛЕНОК ОКСИДА ДИСПРОЗИЯ МЕТОДОМ ИК СПЕКТРОСКОПИИ

*Н.В.Бабушкина*

Пленки оксидов редкоземельных элементов (РЗЭ) являются перспективными материалами для использования в качестве подзатворного диэлектрика в МПД структурах, так как имеют более высокие значения  $\epsilon = 7 - 18$ , чем у  $\text{SiO}_2$  ( $\epsilon = 3.8$ ) [<sup>1-3</sup>]. К одним из наиболее простых методов получения пленок оксидов РЗЭ относится окисление пленок РЗЭ. Однако состав пленок оксидов РЗЭ, полученных этим методом, исследован явно недостаточно. По данным электронной микроскопии при термическом окислении в потоке сухого кислорода пленок РЗЭ на кремниевых подложках образуются поликристаллические пленки оксидов иттриевой группы кубической *C*-формы толщиной 200–500 нм [<sup>4</sup>]. В работе [<sup>2</sup>] методом электронной микроскопии показано, что пленка, полученная окислением пленки иттрия на кремниевой подложке, является аморфной с кристаллическими включениями  $\text{Y}_2\text{O}_3$ . По данным обратного резерфордского рассеяния отношение  $\text{O}/\text{Y}=2.04$  в пленке больше, чем в  $\text{Y}_2\text{O}_3$ . Кремний в пленке не был идентифицирован из-за большого пика кремния из подложки. Авторы предполагают, что пленка представляет собой аморфный слой силиката  $\text{Y}_{2.45}\text{Si}_{10.55}\text{O}_5$  с кристаллическими включениями  $\text{Y}_2\text{O}_3$ . Толщина пленки 26 нм. Вопрос об образовании силикатов РЗЭ в процессе окисления пленок РЗЭ на кремниевых подложках представляет значительный интерес, так как использование в качестве прилегающего к поверхности кремния слоя силиката типа  $x\text{Y}_2\text{O}_3 \cdot y\text{SiO}_2$ , образующегося при твердофазном взаимодействии  $\text{Y}_2\text{O}_3$  и  $\text{SiO}_2$ , позволяет получать границу раздела полупроводник–диэлектрик с низкой плотностью эффективного поверхностного заряда  $(2 - 5) \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$  [<sup>5</sup>].

Целью данной работы является исследование методом ИК спектроскопии состава пленок, образующихся при окислении пленок диспрозия на кремниевых подложках.

Пленки оксида диспрозия  $\text{Dy}_x\text{O}_y$  толщиной 80 и 220 нм получали окислением пленок диспрозия, осажденных на кремниевые неподогреваемые подложки методом термического испарения. Окисление проводилось в потоке сухого кислорода при температурах 773 и 873 К соответственно в



Инфракрасные спектры. а — оксида диспрозия С-формы  $Dy_2O_3$ . Таблетка с CsI [6]; б — пленок  $Dy_xO_y$ : 1 —  $d_{ок} = 80$  нм,  $T_{ок} = 773$  К,  $t_{ок} = 20$  мин; 2 —  $d_{ок} = 220$  нм,  $T_{ок} = 873$  К,  $t_{ок} = 20$  мин; в — пироксидата диспрозия  $Dy_2Si_2O_7$ , прессовка в KBr [7].

течение 20 мин. В качестве подложек использовались пластины кремния марки КЭФ-20 {100} и КЛБ-10 {111}. Инфракрасные (ИК) спектры поглощения пленок  $Dy_xO_y$  на кремниевых подложках снимались на спектрофотометрах ИКС-14А и UR-20 с применением призм KBr, NaCl, LiF.

На рисунке представлены ИК спектры поглощения пленок  $Dy_xO_y$  (б), образующихся при термическом окислении в потоке сухого кислорода пленок диспрозия, осажденных на кремниевые подложки, а также спектры порошкообразных оксида диспрозия С-формы  $Dy_2O_3$  (а) [6] и пироксидата диспрозия  $Dy_2O_3 \cdot 2SiO_2$  ( $Dy_2Si_2O_7$ ) (в) [7].

В ИК спектре  $Du_2O_3$  *C*-формы частота основной полосы поглощения равна  $530\text{ см}^{-1}$  и определяется поглощением на возбужденных валентных колебаниях связи  $Du-O$ . В области частот  $350-408\text{ см}^{-1}$  наблюдается еще одна широкая сложная по форме полоса поглощения. В остальной части ИК спектра ( $> 600\text{ см}^{-1}$ )  $Du_2O_3$  поглощения не обнаруживает.

Для ИК спектров пленок  $Du_xO_y$  характерны две широкие полосы поглощения, состоящие из отдельных узких полос и перегибов, в области частот  $430-606$  и  $830-1080$ , а также одиночная полоса поглощения  $641-659\text{ см}^{-1}$ . Наиболее интенсивная полоса поглощения, связанная с поглощением ИК излучения на возбужденных валентных колебаниях связи  $Du-O$ , наблюдается для пленок  $Du_xO_y$  на частоте  $\sim 571\text{ см}^{-1}$ . Появление в ИК спектрах пленок  $Du_xO_y$  дополнительных полос поглощения (кроме основных для оксида) в области частот  $400-600\text{ см}^{-1}$  можно объяснить наложением полос поглощения деформационных колебаний связи  $Si-O$  [7]. Широкая сложная по форме полоса поглощения в области частот  $830-1080\text{ см}^{-1}$  сходна с группой интенсивных полос поглощения (шесть) в области частот  $850-1050\text{ см}^{-1}$  ИК спектра пиросиликата диспрозия. Эти полосы сопоставляются "сдвоенным" группам  $Si_2O_7$ , образованным объединением тетраэдров  $SiO_4$  [7]. И наконец, одиночная полоса поглощения вблизи частоты  $630\text{ см}^{-1}$  может быть использована для суждения о наличии анионов  $[Si_2O_7]$  [7]. В отличие от пиросиликата диспрозия для ИК спектров оксиортосиликата диспрозия  $Du_2O_3 \cdot SiO_2$  и ортосиликата диспрозия  $2Du_2O_3 \cdot 3SiO_2$ , которые содержат анионы  $[SiO_4]^{4-}$ , характерно отсутствие поглощения в области частот  $600-750\text{ см}^{-1}$  [7].

Таким образом, по данным ИК спектроскопии в состав пленок  $Du_xO_y$ , полученных окислением пленок диспрозия на кремниевых подложках при температурах  $773-873\text{ К}$ , входит пиросиликат диспрозия  $Du_2Si_2O_7$ . Следует отметить, что пиросиликаты РЗЭ являются устойчивыми соединениями в отличие от, например, ортосиликатов, которые разлагаются при хранении.

Принимая во внимание, что по данным электронной микроскопии окисленные при  $773-873\text{ К}$  пленки диспрозия на кремниевых подложках (при толщине  $200-500\text{ нм}$ ) [4] представляют собой оксид диспрозия *C*-формы, наиболее вероятно, что пиросиликат диспрозия входит в состав переходного слоя пленки оксида диспрозия, прилегающего к кремниевой подложке. Этот вывод согласуется с результатами, полученными в [2].

## Список литературы

- [1] Патент США № 4495219, МКИ<sup>3</sup> В 05 D 5/12. 22.1.85.
- [2] *Gurvich M., Manchanda L., Gibson J.M.* // Appl. Phys. Lett. 1987. V. 51. N 12. P. 919-921.
- [3] *Gasgnier M.* // Phys. Stat. Sol. (a). 1989. V. 114. N 1. P. 11-71.
- [4] *Вдовин О.С.* Исследование структуры и электрофизических свойств пленок РЗМ и их окислов. Автореф. канд. дис. физ.-мат. наук. 01.04.10. Саратов, 1974. 175 с.
- [5] *Серебрянников В.В., Якунина Г.М., Сергеев А.Н.* // Электронная техника. Сер. Материалы. 1981. В. 12 (16). С. 3-14.
- [6] *Юрченко Э.Н., Кустова Г.Н., Бацанов С.С.* Колебательные спектры неорганических соединений. Новосибирск: Наука, 1981. 145 с.
- [7] *Лазарев А.Н., Тенищева Т.Ф.* // Изв. АН СССР. Сер. хим. 1961. В. 6. С. 964-973.

Институт электроники  
Минск

Поступило в Редакцию  
15 октября 1993 г.

---