



**Beynəlxalq Konfrans "Fizika-2005"**  
**International Conference "Fizika-2005"**  
**Международная Конференция "Fizika-2005"**

7 - 9  
iyun  
June 2005  
Июнь

səhifə  
page 263-264  
стр.

Bakı, Azərbaycan

Baku, Azerbaijan

Баку, Азербайджан

**ПОВЕРХНОСТНАЯ СТРУКТУРА И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ БОРОСИЛИКАТНЫХ ДИЭЛЕКТРИКОВ**

**САМЕДОВ Э.А.**

*Азербайджанское Национальное Аэрокосмическое Агентство  
AZ1106 Баку, пр.Азадлыг 159.  
E-mail:ea\_samedov@rambler.ru*

В работе методом НПВО исследована поверхностная структура боросиликатов и её взаимосвязь с электрофизическими характеристиками. Из сопоставления поверхностных инфракрасных спектров НПВО с объемными сделано заключение о дефектности кремнекислородного каркаса на поверхности. Показано, что введение оксида бора в  $\text{SiO}_2$ , также как и  $\gamma$ -облучение образцов при определенных концентрациях, приводит к модификации поверхностной структуры боросиликатов и улучшению их электрофизических характеристик.

Дефекты структуры, имеющиеся на поверхности, твердых диэлектриков обычно ведут себя как центры локализации носителей зарядов и во многом определяют физические свойства этих материалов. В этой связи представляет интерес исследование взаимосвязи дефектной структуры поверхности твердых диэлектриков с их электрофизическими свойствами и изменение этих свойств в процессе облучения.

В данной работе исследовалась поверхностная структура боросиликатных диэлектриков, изменение ее в процессе облучения и влияние этих изменений на их электрофизические свойства.

Выбор материала обусловлен с одной стороны, достаточно хорошей радиационной устойчивостью простых оксидов  $\text{SiO}_2$  и  $\text{B}_2\text{O}_3$ , а с другой - введение  $\text{B}_2\text{O}_3$  в  $\text{SiO}_2$  позволяет улучшить дефектную структуру поверхности и, вместе с тем, электрофизические характеристики аморфного  $\text{SiO}_2$ .

Поверхностная структура боросиликатов исследовалась методом нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) в инфракрасной области, в диапазоне  $4600-650\text{см}^{-1}$ . Исследования проводились с порошкообразным боросиликатом, синтезированным методом осаждения. При этом количество  $\text{B}_2\text{O}_3$  в  $\text{SiO}_2$  составляло 0,9; 1,5; 10% (мас.).

Обычно для исследования порошкообразных веществ с помощью инфракрасной спектроскопии используют методику прессования образцов совместно с веществами, прозрачными в ИК диапазоне - галогениды щелочных металлов, полимерные матрицы. В этом случае спектры несут информацию об объемной структуре вещества. Иногда, при определенных соотношениях

композитов, можно получить информацию об особенностях строения поверхности за счёт проявления межфазного взаимодействия в матрицах [1].

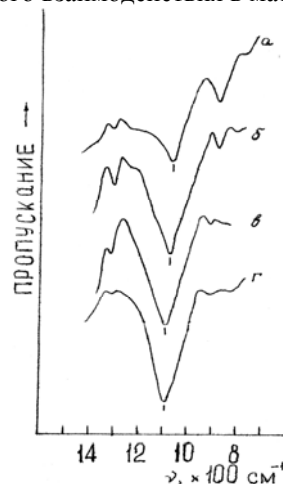


Рис.1 ИК спектры НПВО исходных боросиликатов с различным процентным содержанием  $\text{B}_2\text{O}_3$ : а - 0,9; б - 1,5; в - 10 и г - облученного  $\gamma$ -радиацией с содержанием  $\text{B}_2\text{O}_3$  - 0,9%.

Применение метода НПВО для исследования боросиликатных диэлектриков позволит получить непосредственную информацию о реальной структуре поверхности этих веществ и может оказаться весьма полезным для более глубокого понимания механизмов электронных процессов, протекающих в приповерхностных слоях.

На рис.1 представлены ИК спектры НПВО боросиликатов с различным процентным содержанием  $\text{B}_2\text{O}_3$ . Как видно из рисунка в спектрах

проявляется интенсивная полоса при  $1060\text{см}^{-1}$ , соответствующая антисимметричным валентным колебаниям связи Si-O. Частота этой полосы заметно отличается от частоты колебаний Si-O связи, наблюдаемой в объемных спектрах поглощения ( $1095\text{см}^{-1}$ ) [2]. Согласно теоретическому расчету [3], уменьшение приведенной массы колеблющихся атомов (что возможно при разрыве связей) ведет к уменьшению частоты антисимметричных валентных колебаний Si-O связей. В соответствии с этим низкочастотное смещение колебаний связи Si-O в поверхностных спектрах поглощения можно связать с поверхностными дефектами структуры и отнести к колебаниям фрагментов кремнекислородного каркаса на поверхности. С увеличением процентного содержания  $\text{B}_2\text{O}_3$  в  $\text{SiO}_2$  интенсивность полосы  $1060\text{см}^{-1}$  растет, одновременно наблюдается смещение ее в сторону высоких частот. Такое поведение этой полосы можно объяснить внедрением оксида бора в кремнекислородный каркас и уменьшением дефектности структуры на поверхности. При соотношении  $\text{B}_2\text{O}_3$  в  $\text{SiO}_2$  равном 1,5% интенсивность полосы достигает максимума и при дальнейшем увеличении концентрации остается неизменной, что можно связать с компенсацией дефектности кремнекислородного каркаса на поверхности боросиликатов при этой концентрации.

Ранее было показано [1], что в приповерхностных слоях оксида бора имеют место трехкоординированные атомы бора, т.е. атомы с ненасыщенной валентностью. В составе боросиликатов трехкоординированные атомы бора имеют поглощение при  $1300\text{см}^{-1}$ . Интенсивность этой полосы с увеличением концентрации  $\text{B}_2\text{O}_3$  в  $\text{SiO}_2$  растет и насыщается при концентрации  $\sim 1,5\%$ . В низкочастотной области в спектрах образцов наблюдается небольшая полоса при  $880\text{см}^{-1}$ . Теоретический расчет ИК спектра аморфного кремния [3] не предсказывает наличия каких-либо полос поглощения в этой области. Однако, если учесть, что расчет проведен в предположении бездефектной силикатной сетки, то экспериментально наблюдаемую полосу при  $880\text{см}^{-1}$  следует отнести к дефекту строения. Многие авторы относят полосы поглощения в этой области к немостиковым связям типа Si-O-. Низкое значение этого колебания по сравнению с частотой, наблюдаемой в многокомпонентных силикатных стеклах ( $960\text{см}^{-1}$ ) возможно связано с меньшей величиной силовой постоянной в немостиковой связи [4]. Из рис.1 видно, что по мере увеличения содержания  $\text{B}_2\text{O}_3$  в  $\text{SiO}_2$  интенсивность поглощения немостиковых связей при  $880\text{см}^{-1}$  уменьшается, что указывает на модификацию структуры поверхности.

Пользуясь рассчитанными коэффициентами поглощения немостиковых связей при  $880\text{см}^{-1}$  по спектрам НПВО можно определить относительное

уменьшение концентрации разорванных связей при введении оксида бора в аморфный  $\text{SiO}_2$ .

Воздействие  $\gamma$ -облучения приводит к увеличению интенсивности полосы Si-O. связи при  $1060\text{см}^{-1}$  и смещению её в высокочастотную область ( $\nu \sim 1100\text{см}^{-1}$ ) для образцов с концентрацией меньше 1,5% (рис.1.г). Вместе с этим в спектрах НПВО боросиликатов наблюдается уменьшение поглощения при  $1300\text{см}^{-1}$ , связанного с трехкоординированными атомами бора. Также уменьшается поглощение немостиковых связей при  $880\text{см}^{-1}$ . Наблюдаемые изменения в поверхностных спектрах боросиликатов указывают на радиационно-стимулированную модификацию поверхностной структуры, а именно, уменьшение концевых, немостиковых связей и образование более сшитой структуры кремнекислородного каркаса.

Сопротивление боросиликатов измерялось на тераомметре ЕКС-11 при комнатной температуре. Для исследования были изготовлены пластины толщиной  $d \sim 200\text{мкм}$  ( $P=400\text{кГ/см}^2$ ,  $t=8\text{часов}$ ).

Ниже приведены значения удельного сопротивления пластин боросиликатов с различным процентным содержанием  $\text{B}_2\text{O}_3$  при комнатной температуре.

Содержание $\text{B}_2\text{O}_3$ , % (мас.)	$\rho$ , Ом·м исходные	$\rho$ , Ом·м $\gamma$ -облученные
0,9	$1,5 \cdot 10^9$	$2,2 \cdot 10^9$
1,5	$3,0 \cdot 10^9$	$3,4 \cdot 10^9$
10	$2,1 \cdot 10^9$	$2,0 \cdot 10^9$

Как видно из таблицы, введение оксида бора в  $\text{SiO}_2$  приводит к увеличению удельного сопротивления боросиликатов, которое, возможно, связано с изменением дефектных состояний на поверхности исследованных образцов. Следует отметить также небольшое увеличение удельного сопротивления при низких концентрациях  $\text{B}_2\text{O}_3$  в  $\gamma$ -облученных образцах, которое, вероятно, связано с наблюдаемой в поверхностных спектрах модификацией поверхностной структуры боросиликатов.

Таким образом, применение спектроскопии НПВО в ИК области позволяет достаточно четко идентифицировать степень дефектности поверхности при её модификации. Применение метода НПВО, также позволило выявить радиационно-стимулированную модификацию структуры поверхности, определить концентрации образцов, при которых наблюдается компенсация дефектности кремнекислородного каркаса на поверхности боросиликатов.

Показано, что введение оксида бора в аморфный  $\text{SiO}_2$  при определенных концентрациях, а также  $\gamma$ -облучение образцов позволяет улучшить электрофизические характеристики боросиликатных диэлектриков, зависящие от дефектности поверхности.

- [1]. Самедов Э.А. Поверхностные взаимодействия на границе раздела фаз в системе оксид бора-полипропилен. Журнал прикладной спектроскопии, 2004, т.71, №1, с.119-121.
- [2]. Gasanov A.M., Samedov E.A., Melikova S.Z. Structural peculiarities of borosilicates and its cor-

- relation. with radiation-catalytic activity. 2004, Kluwer Academic Publishers, p.23-27.
- [3]. Bell R.J., Bird N.F., Dean P. J.Phys.C. (Proc.Phys.Soc.), 1968, v.1, ser.2, p.299-306.
- [4]. Saksena B.D. Trans. Farad. Soc., 1963, v.59, N2, p.276-282.