



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 SiO_2 , также как и γ -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 SiO_2 и B_2O_3 , а с другой - введение B_2O_3 в SiO_2 позволяет улучшить дефектную структуру поверхности и, вместе с тем, электрофизические характеристики аморфного SiO_2 .

Поверхностная структура боросиликатов исследовалась методом нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) в инфракрасной области, в диапазоне $4600\text{-}650\text{см}^{-1}$. Исследования проводились с порошкообразным боросиликатом, синтезированным методом осаждения. При этом количество B_2O_3 в 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].

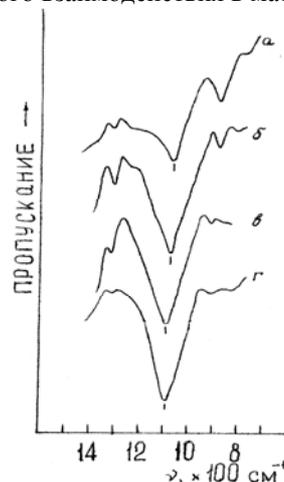


Рис.1 ИК спектры НПВО исходных боросиликатов с различным процентным содержанием B_2O_3 : а - 0,9; б - 1,5; в - 10 и г - облученного γ -радиацией с содержанием B_2O_3 - 0,9%.

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 B_2O_3 . Как видно из рисунка в спектрах

проявляется интенсивная полоса при 1060см^{-1} , соответствующая антисимметричным валентным колебаниям связи Si-O. Частота этой полосы заметно отличается от частоты колебаний Si-O связи, наблюдаемой в объемных спектрах поглощения (1095см^{-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 B_2O_3 в SiO_2 интенсивность полосы 1060см^{-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 B_2O_3 в 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 1300см^{-1} . Интенсивность этой полосы с увеличением концентрации B_2O_3 в SiO_2 растет и насыщается при концентрации $\sim 1,5\%$. В низкочастотной области в спектрах образцов наблюдается небольшая полоса при 880см^{-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 880см^{-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 (960см^{-1}) возможно связано с меньшей величиной силовой постоянной в немостиковой связи [4]. Из рис.1 видно, что по мере увеличения содержания B_2O_3 в SiO_2 интенсивность поглощения немостиковых связей при 880см^{-1} уменьшается, что указывает на модификацию структуры поверхности.

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

уменьшение концентрации разорванных связей при введении оксида бора в аморфный SiO_2 .

Воздействие γ -облучения приводит к увеличению интенсивности полосы Si-O. связи при 1060см^{-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 1300см^{-1} , связанного с трехкоординированными атомами бора. Также уменьшается поглощение немостиковых связей при 880см^{-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 B_2O_3 при комнатной температуре.

Содержание B_2O_3 , % (мас.)	ρ , Ом·м исходные	ρ , Ом·м γ -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 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 B_2O_3 в γ -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 SiO_2 при определенных концентрациях, а также γ -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.