



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

7 - 9
İyun
June 2005
Июнь

səhifə
page 652-653
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 стороны, 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].

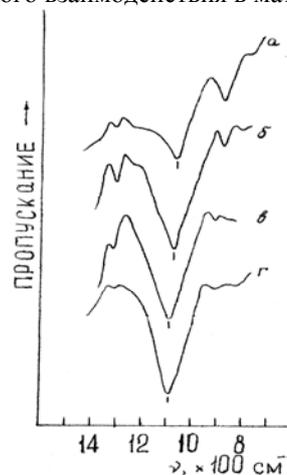


Рис.1 ИК спектры НПВО исходных боросиликатов с различным процентным содержанием B_2O_3 : а – 0,9; б – 1,5; в – 10 и г – облученного γ -радиацией с содержанием B_2O_3 – 0,9%.

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 ~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 радиационностимулированную 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 радиационностимулированную 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.