

О НЕОБРАТИМОМ УМЕНЬШЕНИИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИКА
ПЛЕНОЧНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ ПРИ НАГРЕВАНИИ

В. В. Коняшкин, А. А. Хороменко

Известно, что работа изоляционных пленок в слабых электрических полях при повышенных температурах приводит к необратимому уменьшению сопротивления утечки [1]. Нагрев оксидных слоев до высоких температур может сопровождаться появлением металлической проводимости в диэлектрике за счет диффузии материала электродов в оксид [2]. В настоящем сообщении приведены результаты экспериментального наблюдения процессов необратимого уменьшения сопротивления диэлектрика пленочных конденсаторов при нагревании.

Тонкопленочные конденсаторы на основе монооксида кремния толщиной $4500 \text{ \AA}$ ($\pm 300 \text{ \AA}$) с алюминиевыми электродами ($3000 \text{ \AA}$) изготавливались методом вакуумной конденсации [3,4]. Конденсаторы на сапфировых подложках помещались в термостатированную печь, которая в вакууме 10^{-5} тор обеспечивала стабильность температуры не хуже $\pm 1^\circ$. Сопротивление утечки конденсаторов записывалось многоканальным самопишущим потенциометром, при этом напряжение на образцах составляло 100 милливольт. Время (t) необратимого уменьшения сопротивления диэлектрика отсчитывалось от момента наступления установившейся температуры до резкого (на три-четыре порядка) уменьшения сопротивления утечки.

Анализ экспериментальных данных показал, что существует две группы значений времени t , средние величины ($\pm 25\%$) которых приведены в таблице.

Различные величины термических коэффициентов линейного расширения материалов диэлектрика и электродов, а также внутренние механические напряжения в конденсированных пленках [3] при нагревании обуславливают возникновение трещин в структуре

Т а б л и ц а

T, °K	773	823	873	918	933	973	1013
t_1 , сек	-	$4,15 \cdot 10^4$	$9,36 \cdot 10^3$	$2,28 \cdot 10^3$	$1,92 \cdot 10^3$	$6,9 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^2$
t_2 , сек	$3 \cdot 10^2$	$1,8 \cdot 10^2$	$1,2 \cdot 10^2$	90	75	60	45

металл-диэлектрик-металл. Действительно, при наблюдениях под микроскопом (МИМ-8) были обнаружены сквозные (до подложки) трещины шириной $(0,5 \div 50)$ микрон в пленочной структуре, которые возникали при температуре 673°K . Этому случаю соответствовали значения времени t_1 . В конденсаторах, значения времени необратимого уменьшения сопротивления которых соответствовали t_1 , такие трещины не обнаружены.

Предполагая, что причиной необратимого уменьшения сопротивления может быть диффузия алюминия в пленку монооксида кремния, были оценены параметры диффузии. Зависимости логарифма вычисленных коэффициентов диффузии (D) от обратных температур линейны. Для времени t_1 величина множителя D_0 составляет $4 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{сек}$, а значение энергии активации φ_1 равно $1,9 \text{ эВ}$. Соответственно, для t_2 $D_0 = 5 \cdot 10^{-13} \text{ м}^2/\text{сек}$ и $\varphi_2 = 0,53 \text{ эВ}$. Различие в значениях D и φ возможно при проявлении двух механизмов диффузии: объемной и поверхностной диффузии по трещинам диэлектрической пленки.

Таким образом, наблюдаемое необратимое уменьшение сопротивления диэлектрика при нагревании конденсаторов можно объяснить протеканием процессов диффузии.

Л и т е р а т у р а

1. КРИЦОВ В.А., ХАРИТОНОВ И.П., ВЕСЕЛОВ П.А., АППЕН А.А. В сб.: Температуроустойчивые защитные покрытия. Изд-во "Наука", Л., 1968, с.278.

2. ВЕРЕНКОВА Э.М., ТРОФИМОВ И.Г., ФРОЛОВ А.С., ШАХТАХИНСКИЙ Т.И. В сб.: Температуроустойчивые защитные покрытия, изд-во "Наука", Л., 1968, с.216.

3. HILL A.E., HOFFMANN C.R. Brit. J. Appl. Phys., 1967, vol. 18, n 1, p. 13.

4. ПЧЕЛКИН В.Ю., СОЛДАТЕНКОВ И.С., ХОРОМЕНКО А.А. В сб.: Вычислительные системы. Материалы ко II Всесоюзной конференции, секция IV. Новосибирск, Изд-во "Наука" СО АН СССР, 1969, с.86-97.