

СТРУКТУРА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЛЕНКИ МОНООКСИСИ КРЕМНИЯ В ПЛЕНОЧНОМ КОНДЕНСАТОРЕ

А.Н. Руднев
(Томск)

Для вопросов технологии и исследования электрофизических свойств пленочных конденсаторов на основе монооксида кремния важно знать структуру диэлектрической пленки. Наличие в пленке сквозных отверстий будет приводить к образованию закороченных конденсаторов; пробивное напряжение будет определяться неровностями поверхности пленок электродов и диэлектрика.

В данной работе исследуется реальная структура пленок монооксида кремния в пленочном конденсаторе.

Пленки SiO₂ получались термическим напылением на вакуумной установке УВР-2, модернизированной в лаборатории. Вакуум при напылении $5 \cdot 10^{-5}$ торр. Напыление производилось на подложки из каменной соли и стекла, очищенных химически и газовым разрядом. Расстояние источник - подложка 150 мм. Пленки исследовались на оптическом и электронном микроскопах.

Для испарения монооксида кремния был изготовлен оварной испаритель с сепаратором из танталовой жести толщиной 0,1 мм, более простой конструкции, чем описана в литературе [1]. С помощью мозаичной фотографии поверхности пленки, сделанной на микроскопе МИМ-8, установлено, что испаритель данной конструк-

ции не обладает 100% сепарацией, однако в 25 раз уменьшает количество дефектов на единицу площади. Неотсепарированные частицы образуют полый "конус дефектности", угол раствора которого увеличивается с увеличением диаметра выходного отверстия сепаратора. Испаритель можно применять для напыления пленок SiO на подложки не более 60×60 мм при расстоянии источник-подложка не менее 150 мм (увеличение этого расстояния позволяет увеличить габариты подложки). В электронном микроскопе удалось установить природу дефектов, видимых в микроскопе МИМ-8. Они представляют собой вкрапления в пленку макрочастиц порошка SiO , которые могут присутствовать в газовой фазе за счет неравновесных термодинамических процессов [1]. Некоторые частицы могут пробить пленку и, отразившись от подложки, отскочить. В этом случае образуется сквозное отверстие (см. рис. 1).

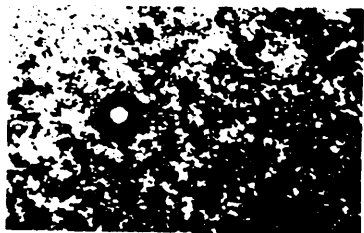


Рис. 1. Сквозное отверстие в пленке монооксида кремния. Увеличение $\times 16000$.

Для выявления реальной структуры монооксида кремния в конденсаторе пленка по специальной методике [2, 505] извлекалась из напыленного конденсатора и препарировалась, причем методика препарирования не приводит к артефактам в морфологии и структуре, что доказывалось микродифракцией и фотографией пленки на просвет.

На рис. 2 представлена пленка SiO , снятая с нижнего Al - электрода. Пленка имеет аморфную структуру и хорошо копирует большие неоднородности Al - электрода. Дополнительными исследованиями удалось установить степень "грунтовки" поверхности Al - электрода пленкой SiO [3, 4, 5]. Показано, что пленка SiO толщиной $\sim 1000 \text{ \AA}$ начинает сглаживать неоднородности Al - электрода высотой в $\sim 150 \text{ \AA}$ и ниже. Грунтующие свойства пленок SiO качественно подтверждают механизм формирования пленки SiO , как жидкости, обладающей некоторой вязкостью [6, 7, 8].



Рис. 2. Пленка монооксида кремния, снятая с нижнего Al электрода. Верхний электрод не напыляется. Увеличение $\times 16000$.

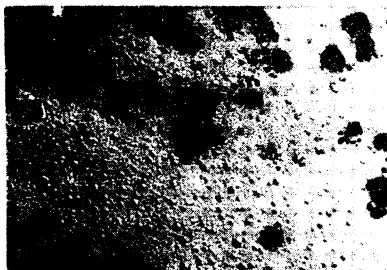


Рис. 3. Пленка монооксида кремния после удаления верхнего и нижнего Al электродов. Увеличение $\times 16000$.

На рис. 3 представлена эта же диэлектрическая пленка после удаления обоих электродов. Влияние верхнего электрода сказывается в появлении пятен размером $0,5\mu$ и больше, которые значительно темнее общего фона. Поверхностная плотность этих пятен и их природа неизвестна. В сканирующем пучке электронного микроскопа они смотрятся как вмятины и можно предположить, что пробивное напряжение пленочного конденсатора определяется именно этими дефектами [9]. Однако этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Автор выражает благодарность С.И. Морозову и Г.А. Ефименко за помощь, оказанную в получении некоторых экспериментальных данных, и профессору - доктору Г.А. Воробьеву за их обсуждение.

Л и т е р а т у р а

1. W.C.Vergara, H.M.Greenhouse, N.C.Nicholas. R.S.I., 1963, vol.34, 520.
2. А.А. Лебедев. Электронная микроскопия. ГИЗ Т-ТЛ, М., 1963.
3. G.Hass, W.N.Scott. J.Opt.Soc.Amer., 1949, vol.39, 179.
4. K.H.Behrndt, F.S.Maddocks. J.Appl.Phys., 1959, vol.50, 276.
5. K.H.Behrndt. Vacuum, 1963, vol.13, 337.
6. Bourg Marel. Ann.Phys., 1962, Bd.7, 623.
7. W.I.Ostrander, C.W.Sewis. Trans.8th Nat.Vacuum Symp.and 2nd Internat.Congr.Vacuum Sci.and Techn. Washington D.C., 1961, vol.2, Oxford-London, New-York, Paris. Pergamon Press, 1962, 881-888. Discuss. 888.
8. Hirose Hidenori, Wada Yasaku. Japan J.Appl.Phys., 1964, vol.3, 179.