

ПОЛУЧЕНИЕ И НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА МЕМБРАН  
ПЛЁНОЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ РЕЛЕ

А.А. Сохин

В конструкциях плёночных электростатических реле материал мембраны должен одновременно обладать хорошими механическими и контактными свойствами. Так как контактное давление в ПЭР незначительно (единицы-десятки миллиграммов), то для обеспечения малого и стабильного контактного сопротивления наиболее подходящими материалами являются благородные металлы или их сплавы. Удовлетворительные механические свойства мембран могут быть обеспечены применением фосфористой или бериллиевой бронзы.

С целью отработки технологических режимов получения свободных от подложки мембран с заданными свойствами было проведено исследование влияния температуры подложки и скорости напыления на электрофизические свойства плёнок, полученных при испарении сплава фосфористой бронзы и золота.

**ПОЛУЧЕНИЕ ПЛЁНОК.** Получение свободных от подложки плёнок осуществляется разными способами [1-2], заключающимися в напылении металла на "временную" подложку, которая затем удаляется. Для получения свободной многокомпонентной плёнки можно воспользоваться явлением слабой адгезии одной из компонент к стеклянной подложке. В состав испаряемой навески  $\text{BrOF} + \text{Au}$  входит компонента, ( $\text{Sn}$ ), ответственная за слабые адгезионные свойства получаемых плёнок. При давлении паров  $10^{-2}$  мм.рт.ст. температуры испарения отдельных компонентов сплава отличаются незначительно ( $\text{Sn} - 1250^\circ\text{C}$ ,  $\text{Cu} - 1280^\circ\text{C}$ ,  $\text{Au} - 1380^\circ\text{C}$ ), что позволяет испарять сплав из одного испарителя.

Напыление плёнок производилось на вакуумной установке при давлении остаточных газов  $1 \cdot 10^{-5}$  мм.рт.ст. В качестве подложек использовалось стекло марки "для фотопластинок" размером

$1,5 \times 16 \times 20$  мм. Перед напылением подложки подвергались химической очистке. Испарение сплава проводилось из молибденовой лодочки, расположенной на расстоянии 100 мм от подложки. Продолжительность испарения 1-4 мин. Толщина напыленного слоя  $1,0-1,1$  микрона.

Спектральный анализ плёнок, полученных во время развертки пяти подложек над испарителем, приведен в таблице (подложка №1 - начало испарения, подложка №5 - конец испарения сплава 17% Au, 83% BrOF). Получаемая плёнка имеет сложно изменяющийся состав по толщине. Первый слой оказывается сильно обогащенным наиболее летучей компонентой сплава Sn, последующие слои - менее

летучей компонентой Au. Полученные по такой технологии плёнки легко отделялись от подложки и имели незначительные внутренние напряжения. В дальнейшем на таких плёнках изучались зависимости электрического сопротивления от температуры подложки и скорости напыления, а также зависимость предела прочности при растяжении плёнок от температуры подложки и скорости напыления.

**ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПЛЁНОК.** Удельное электросопротивление полученных плёнок в значительной степени определяется температурой подложки (рис.1). При температуре подложки  $> 300^\circ\text{C}$

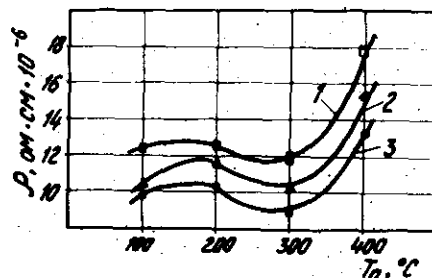


Рис.1. Зависимость удельного сопротивления плёнок от температуры подложки  $T_n$  и скорости напыления  $V_n$ .

1.  $V_n = 50$  А/сек,
2.  $V_n = 85$  А/сек,
3.  $V_n = 125$  А/сек.

Т а б л и ц а

Металл	Номер подложки				
	1	2	3	4	5
	Время напыления (сек.)				
	30	60	60	60	60
Mo	<0,03%	<0,03%	<0,03%	<0,03%	<0,03%
Au	<0,3%	<0,3%	>0,3%	-1%	-1%
Cu	0	с	н	0	а
Sn	>1%	>0,3%	>0,3%	<0,3%	<0,1%
Ni	не обн.	0,001%	0,001%	0,001%	0,001%
P	не обнаружено	чубит	0,1-0,3%		

удельное электросопротивление минимально при всех скоростях напыления. При понижении температуры подложки не наблюдается незначительное увеличение сопротивления, а при температуре подложки выше 300°C происходит непрерывное его увеличение. Видимо, температура подложки имеет принципиально различное влияние на структуру плёнки в зависимости от того, ниже она или выше критической, при которой меняется механизм образования плёнки [3].

С уменьшением скорости напыления удельное электросопротивление увеличивается, что, вероятнее всего, связано с частичным окислением металла остаточным кислородом в процессе роста плёнки.

**МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЁНОК.** Механическая прочность плёнок определялась на установке для микроиспытаний на растяжение. Испытавались плёнки, напыленные на подложки, обработанные обычными методами (механическое полирование, кипчение в хромпике и дистиллированной воде) т.е., без учета предостережений высказанных в работе [4]. Наибольшей прочностью обладают плёнки, полученные при температуре подложки 300°C. Их прочность составляет 50–70 кг/мм<sup>2</sup> (рис.2). При понижении температуры подложки

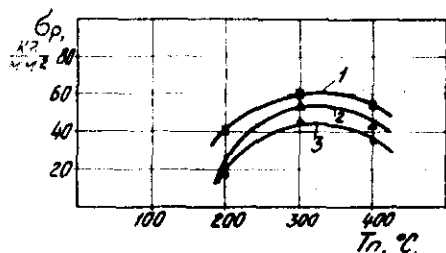


Рис.2. Зависимость предела прочности от температуры подложки  $T_p$  и скорости напыления  $V_n$ .

1.  $V_n = 50 \text{ Å/сек}$ ,
2.  $V_n = 85 \text{ Å/сек}$ ,
3.  $V_n = 125 \text{ Å/сек}$ .

наблюдается резкое снижение прочности плёнок и уже при температуре подложки 100°C испытать плёнки на разрыв не удается из-за повышенной их хрупкости. С повышением температуры подложки происходит медленное снижение прочности плёнок. Изменение прочностных характеристик исследуемых плёнок с изменением скорости напыления связано, по-видимому, с вариацией процентного содержания отдельных компонент в плёнке.

В заключение необходимо отметить, что полученные свободные плёнки хорошо воспроизводимы по своим свойствам. Оптимальным режимом получения мембран можно считать температуру подложки

300–350°C и скорость напыления 50 Å/сек. Мембраны, полученные на основе сплава (17% Au и 83% BrOf), в настоящее время применяются в конструкциях ПЭР.

Автор благодарит Д.П.Шипилову за проведение спектрального анализа полученных плёнок и К.К.Зилинга за предоставленное оборудование для проведения механических испытаний.

#### Л и т е р а т у р а

1. СЛУЦКАЯ В.В. "Тонкие плёнки в технике СВЧ", М., 1967.
2. КАСУЛЛА Х.Л. Сб. "Физика тонких плёнок", т. I, изд-во "Мир", 1967.
3. ПАЛАТНИК Л.С., ГЛАДКИХ И.Г. ДАН СССР, т.240, № 3, стр.567.
4. ГРАНКИН А.И., ЗИЛИНГ К.К., ПЧЕЛКИН В.Ю. Зависимость механических свойств конденсатов меди от дефектов поверхности. Материалы ко II Всесоюзной конференции вычислительные системы, секция IV. Новосибирск, 1969.