

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛЁНОЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ РЕЛЕ

И.С. Солдатенков

При разработке технологии изготовления плёночных электростатических реле [1] исходными были требования, предъявляемые к технологии изготовления элементов вычислительных систем высокой производительности [2]. В этой связи были приняты следующие основные технологические методы микроэлектроники.

1. Применение наиболее разработанного массового способа получения тонких плёнок - вакуумное напыление [3, 4].

2. Применение наиболее разработанного способа одновременно получения высокоточных геометрических размеров плёнок - фотолитография [5].

3. Получение зазоров малой заданной величины между нанесенными плёнками одновременно для большого числа элементов - селективное растворение материалов.

Рассмотрим кратко некоторые особенности изготовления и требования к материалам отдельных элементов плёночных электростатических реле (ПЭР). На рис.1 изображена простейшая конструкция ПЭР, где на диэлектрической подложке 1 напылением в вакууме нанесены последовательно: управляющий электрод 2,

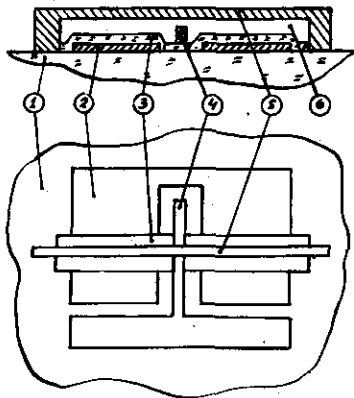


Рис. 1. Конструкция ПЭР

защищенный диэлектриком 3, неподвижный контакт 4 и мембрана 5. Мембрана наносится на удаляемый впоследствии промежуточный слой, толщина которого определяет величину зазора 6 между мембраной и поверхностью диэлектрика.

Так как в данном варианте ПЭР натяжение мембраны осуществляется за счет использования разности коэффициентов термического расширения (КТР) материалов мембраны и подложки, то материал подложки должен быть согласован по КТР с материалом мембраны. Кроме того, материал подложки должен относиться к высокому гидролитическому классу, ибо в процессе изготовления ПЭР подложка неоднократно подвергается воздействию водных растворов кислот, щелочей и органических растворителей. Подложка должна обладать также высоким поверхностным сопротивлением.

В процессе работы ПЭР управляющий электрод подвергается многократному воздействию электростатических сил притяжения со стороны мембраны. В этой связи материалы управляющих электродов должны обладать хорошей адгезией к поверхности подложки. Сюда можно отнести такие металлы, как алюминий, титан, цирконий, тантал, хром и другие материалы, имеющие способность к формированию на поверхности прочных окисных образований [4].

Защита управляющего электрода от замыкания с мембраной может осуществляться как нанесением на его поверхность плёнки диэлектрика, например, SiO_2 , TiO_2 , MgF_2 , Al_2O_3 и др., так и выращиванием на самой поверхности электрода диэлектрического слоя. Эти способы можно применять также в сочетании друг с другом, что значительно повышает электрическую прочность покрытия.

Материал неподвижного контакта должен иметь хорошую адгезию к поверхности подложки или диэлектрического покрытия, обладать свойствами, необходимыми для коммутации маломощных цепей при малых давлениях, подчиняться общему правилу селективной обработки элементов ПЭР в химических реактивах. В качестве материала, удовлетворяющего этим требованиям, можно использовать многослойную композицию из титана, покрытого бронзой бериллиевой, обогащенной золотом.

В рассматриваемой модели ПЭР мембрана, выполняя роль подвижного электрода, является также и одним из контактов реле. Это обстоятельство обусловило выполнение подвижного электрода из материала, который должен отвечать следующим требованиям:

1. Обладать механическими свойствами, необходимыми для плоских пружин, подвергающихся многократной циклической переменной нагрузке.

2. Удовлетворять условию селективной обработки материалов ПЭР.

3. Иметь хорошие электрофизические свойства, необходимые для контактов слаботокных цепей.

4. Иметь хорошую адгезию к поверхности материалов, являющихся основанием мембраны в местах её закрепления.

5. КТР материала мембраны должен соответствовать расчетному по отношению к КТР выбранной подложки.

В качестве материала, в какой-то мере удовлетворяющего перечисленным требованиям, можно предложить, например, бронзу бериллиевую, облагороженную золотом, где бронза обеспечивает необходимые механические свойства мембраны, бериллий - адгезию к подложке, золото - электрофизические контактные свойства. Хорошая растворимость материала в царской водке позволяет с помощью фотолитографии получить необходимые геометрические размеры и резкий край вдоль по обеим сторонам мембраны. Последнее необходимо для того, чтобы устранить нежелательные последствия утоньшенного края мембраны, вызывающего нестабильность напряжения срабатывания реле и залипание контактов.

В связи с необходимостью полного удаления из-под мембраны материала промежуточного слоя, он должен обладать достаточно выраженной способностью растворения в одном из реагентов, не взаимодействующим с остальными элементами ПЭР. Поскольку это условие не всегда выполнимо, то в случае, когда реагент, в той

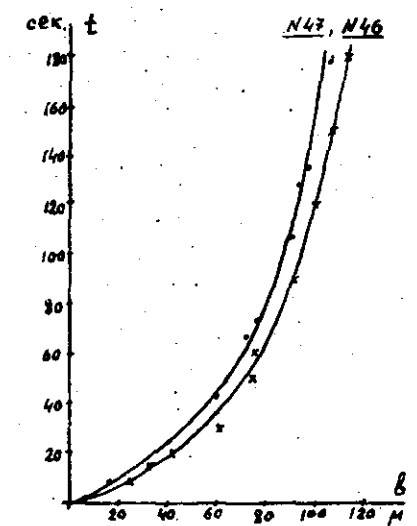


Рис. 2. Зависимость времени растворения промежуточного слоя t от ширины мембраны b .

или иной мере, воздействует на другие элементы реле, существенную роль будет играть время, в течение которого происходит растворение промежуточного слоя.

В процессе исследования характера растворения материала промежуточного слоя в жидких реагентах было установлено, что скорость его растворения с течением времени значительно замедляется. Зависимость такого рода для меди, удаляемой из промежуточного слоя монооксид кремния-алюминий (№ 46) и монооксид кремния-бронза бериллиевая, облагороженная золотом (№ 47), представлена на рис. 2. Растворение производилось в 56% HNO_3 при комнатной температуре. Нелинейность зависимости времени растворения промежуточного слоя t от ширины мембраны b накладывает на её величину существенные ограничения.

Л и т е р а т у р а

1. ДЯТЛОВ В.Л., СОЛДАТЕНКОВ И.С., ЧЕРНЫШОВ Е.И. Электростатическое реле. Авт.свид. СССР № 204440.
2. ЕВРЕЙНОВ Э.В., КОСАРЕВ Ю.Г. Однородные универсальные вычислительные системы высокой производительности. Новосибирск, "Наука" СО АН СССР, 1967.
3. ЮРОВ В.А. Тонкие плёнки. Их применение в радиоизмерительной аппаратуре. М., 1964.
4. ОЛАНД Л. Нанесение тонких плёнок в вакууме. М.-Л., Госэнергоиздат, 1963.
5. ПРЕСС Ф.П. Фотолитография в производстве полупроводниковых приборов. М., "Энергия", 1968.