

Выводы

В результате проведенного анализа установлено, что согласно двух критериев (воспроизводимости сопротивления и занимаемой площади) оптимальными формами ТПР для МСБ являются: резистор прямоугольной формы ($K_{\phi} \geq 0,067$); Z – образный резистор ($K_{\phi} \geq 20$); резистор типа меандр ($K_{\phi} \geq 40$); гребенчатый резистор ($0,01 < K_{\phi} < 0,067$). Применение таких форм ТПР в тонкопленочных МСБ повысит плотность их упаковки и выход годных.

Список использованных источников

1. Берри Р. Тонкопленочная технология / Р. Берри, П. Холл, М. Гаррис. - М.: Энергия, 1972.- 336 с.
2. ОСТ107.460084.200 - 88. Микросборки. Общие требования и нормы конструирования.
3. Спиринов В.Г. Проектирование и технология тонкопленочных микросборок с топологическими размерами 10-50 мкм: Монография / В.Г. Спиринов.- Арзамас: АГПИ, 2005.- 146 с.
4. Спиринов В.Г. Метод оценки качества тонкопленочной платы / В.Г. Спиринов // Труды международного симпозиума «Надежность и качество – 2008», Т. 2.- Пенза, ПГУ, 2008.- С. 5-8.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ РЕЗИСТОРОВ

В.Г.Спиринов

Арзамасский политехнический институт, г. Арзамас

Наибольшее применение в настоящее время получила двойная фотолиитография, две разновидности которой для формирования конфигурации резистивного фрагмента приведены на рис. 1,а, б [1]. Суть этих способов заключается в том, что в первом способе при первой фотолиитографии формируют длину резисторов, а при второй фотолиитографии их ширину, а во втором способе сначала формируют ширину тонкопленочного резистора (ТПР), а затем - его длину. В первом способе используют проводящую структуру Cr-Au, а во втором - проводящие структуры, не содержащие драгоценных металлов, например, V-Cu-Ni или V-Al. Недостатком первого способа является высокая себестоимость, а второго - низкая точность формирования ширины ТПР.

Автором в Арзамасском НПП «Темп-Авиа» в 1989 г. был разработан третий способ изготовления ТПР, который успешно эксплуатируется до настоящего времени. Его отличие от первого способа состоит в том, что при 2-ой фотолиитографии все резистивные элементы, проводники и контактные площадки защищаются фоторезистом (рис.1,в). Незащищенными фоторезистом остаются только контактные площадки перекрытия (КПП)

резистора с проводником, которые обеспечивают исключение погрешности за счет смещения фотошаблона (ФШ). При этом происходит частичное травление пленки никеля на КПП проводящей структуры V-Cu-Ni травителем резистивной пленки.

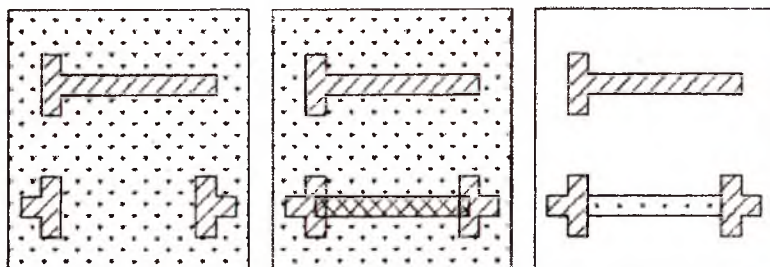
Однако это не сказывается на качестве и надежности плат. Кроме того, если никель напылять до рекомендуемой толщины (0,05-0,1) мкм, то травление никеля на незащищенных КПП становится практически незаметным. Пленка незащищенной поверхности алюминиевых КПП проводящей структуры V-Al травлится резистивным травителем несколько сильнее. Тем не менее, глубина травления алюминия не превышает 0,1-0,3 мкм. Столь малое уменьшение толщины проводящей пленки (при ее минимальной толщине в 1 мкм) практически не увеличивает величины плотности тока в проводниках.

Воспроизводимость ширины ТПР, как показали эксперименты, при применении третьего способа фотолитографии такая же как у первого. Себестоимость платы, изготовленной третьим способом, меньше чем при первых двух способах изготовления; так, в отличие от первого, он не требует применения золота в качестве проводящего слоя. Экономический эффект при применении третьего способа по сравнению со вторым достигается за счет снижения себестоимости изготовления МСБ. Во-первых, уменьшается число травлений пленок (4 вместо 7 в соответствии с табл. 1). Во-вторых, уменьшается расход материалов, используемых для травления проводящих слоев. В-третьих, увеличивается процент выхода годных плат, вследствие более высокой воспроизводимости резисторов и проводников из-за уменьшения подтравов их ширины.

1-ая фотолитография
и травление

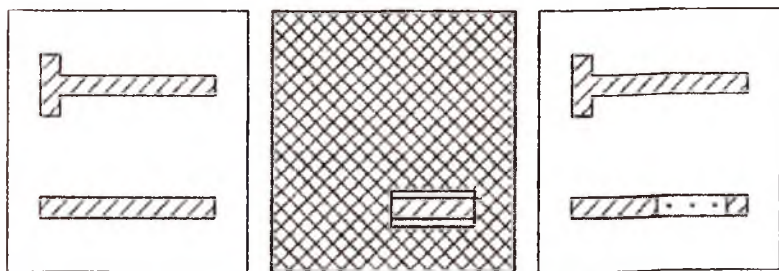
2-ая фотолитография

2-ое травление

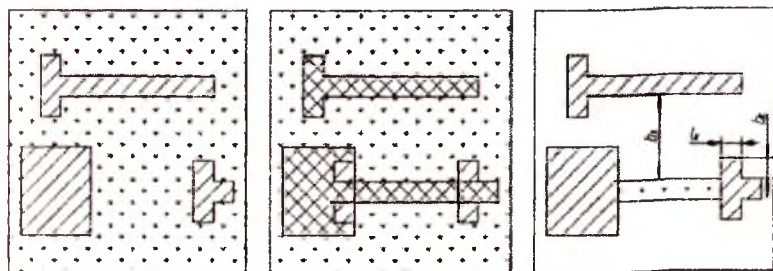


a) Первый способ изготовления ТПР

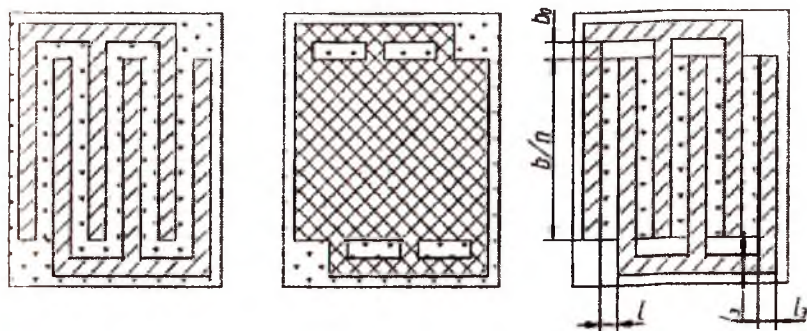
Рис. 1. Способы изготовления ТПР



б) Второй способ изготовления ТПР



в) Третий способ изготовления ТПР



г) Способ изготовления гребенчатого резистора

Условные обозначения:

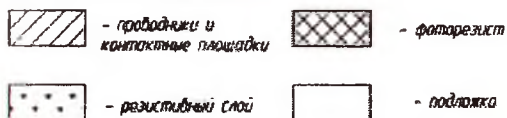


Рис. 1. Окончание

Дополнительным преимуществом третьего способа относительно второго является увеличение срока службы второго ФШ из-за значительного уменьшения площади темнопольных элементов. Кроме того, дефекты ФШ, применяемых для формирования ТПР третьим способом, легко заметить и отретушировать.

Таблица 1. Последовательность выполнения операций травления

Способ изготовления ТПР	Структура напыляемых пленок	после 1-й фотолитографии	после 2-й фотолитографии
Первый	PC-Cr-Au	Травление Au-Cr	Травление PC
Второй	PC-V-Cu-Ni	Сквозное травление всех пленок	Травление Ni-Cu-V (вскрытие окон)
Третий	PC-V-Cu-Ni	Травление Ni-Cu-V	Травление PC

Гребенчатый резистор (рис. 1,г) имеет некоторые положительные конструктивно-технологические особенности. Например, он не содержит КПП, что способствует его миниатюризации. В конструкции гребенчатого резистора обычно выбирают коэффициент формы $K_{\phi 1} \leq 0,2$ и, таким образом, минимизируют погрешность несомещения ФШ при второй фотолитографии. Кроме того, эта погрешность в гребенчатом резисторе будет в 2 раза меньше, чем при изготовлении прямоугольного ТПР, так как при любых смещениях ФШ резистивный элемент в гребенчатом резисторе не будет перекрываться полностью только одним электродом.

При изготовлении гребенчатого резистора после первого травления формируют встречно – гребенчатые электроды. При второй фотолитографии фоторезист наносят на весь резистор за исключением прямоугольных окон между электродами, после чего в окна производят травление резистивного слоя. Для уменьшения размеров гребенчатого резистора и величины его сопротивления электродов ширина окна должна быть минимальной и равна ширине зазора между электродами (проводниками), достижимого технологически.

Список использованных источников

1. Бондаренко, О.Е. Конструктивно-технологические основы проектирования микросборок / О.Е. Бондаренко, Л.М. Федотов. - М.: Радио и связь, 1988. - 136 с.