

Предусмотрен выбор резистивных, диэлектрических и проводящих материалов для ИМС и ввод их характеристик, а также выбор метода изготовления элементов: фотолитография или метод съемной маски. При расчете гребенчатых конденсаторов и тонкопленочных индуктивностей осуществляется оптимизация конструктивных параметров. Все расчеты осуществляются вероятностным методом. Программа предназначена для использования в учебном процессе при изучении курса «Конструирование интегральных микросхем».

Для написания программы использовалась среда разработки Visual Studio.NET, которая может одинаково работать с кодом C++, C#, VB.NET и ASP.NET. Программа написана на простом, созданном специально для платформы .NET объектно-ориентированном языке C#. Программа запускается в ОС Windows NT 4.0 Workstation, Windows NT 4.0 Server, Windows 2000 Professional, Windows 2000 Server, Windows XP Professional, Windows Vista.

## АНАЛИЗ ТЕХПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ ПРОВОДНИКОВЫХ СЛОЕВ ТОЛСТОПЛЕНОЧНЫХ МИКРОПЛАТ

Столбиков А.В., Севрюков А.С.

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Наиболее сложной задачей при изготовлении толстопленочных микроплат является задача получения резисторов с сопротивлением, соответствующим полю допуска, указанному разработчиком. Для рутениевых паст серии Пру-Вэ стабильность резисторов, указанная в технических условиях, равна  $\pm 4\%$ , что позволяет изготавливать резисторы с допуском не менее  $\pm 5\%$ , для паст серии Пру-П стабильность равняется  $\pm 2\%$ . Такой допуск назначается при использовании в качестве подложки керамики ВК-94 или ВК-96. В случае применения подложек из того же материала, произведенных на других заводах или отклонения в технологическом режиме, возможны существенные отличия в итоговом результате. Они состоят в 90-95% случаев в занижении сопротивления квадрата до 50-60% от номинала пасты.

В связи с тем, что толстопленочные материалы являются сложносоставными композициями, свойства которых могут изменяться в зависимости от партии, большую роль перед принятием пасты в производство играет входной контроль. Для инженера-технолога, принимающего пасту, наиболее важными ее характеристиками являются сопротивление квадрата на подложках типа ВК-94, ВК-96, ВК-100, а также вид изменения сопротивления квадрата при повторной термообработке.

Как показали тесты, повторная термообработка толстопленочных резисторов с температурой менее  $600^{\circ}\text{C}$  на параметры уже готовых

резисторов влияния не оказывает. При температурах 600-650 °С возможно отклонение 5% резисторов на  $\pm 5\%$  от номинала. В зависимости от партии, сопротивление квадрата может как уменьшаться, так и увеличиваться. Повторная термообработка пасты при рабочей температуре в 840-865 °С может изменять сопротивление резистора до 15-20% от номинала.

При изготовлении микроплат, работающих в СВЧ диапазоне, применение метода лазерной подгонки в ряде случаев является желательным из-за дополнительных неоднородностей, вносимых в СВЧ тракт. В этом случае наиболее эффективным методом увеличения выхода годных и доводки сопротивления резисторов до требуемых значений является повторная термообработка.

В случае, если конструкция платы требует минимизации воздействия лазерной подгонки, необходимо тщательно подойти к выбору параметров технологического процесса высокотемпературной термообработки. Поскольку применяемый в СВЧ технике материал подложки ВК-100 имеет особенность занижения сопротивления квадрата на 10-20% в сравнении с керамикой ВК-94, рекомендуется применять пасту ПРУ-П, которая, несмотря на более высокую стоимость, имеет более узкое поле допуска.

В случае, если параметры полученных резисторов выходят за пределы поля допуска, рекомендуется применять повторную термообработку. Перед этим проводится анализ всех резисторов на микроплате и составляется на основании полученных экспериментальных данных и результатов входного контроля прогноз их поведения после вторичной термообработки.

Для резисторов с завышенным сопротивлением рекомендуется применение шунтирования с ручным нанесением дополнительного слоя пасты поверх резистора. В этом случае в 50-60% случаев возможно уменьшение сопротивления резистора с попаданием в требуемое поле допуска, что при любом другом методе подгонки было бы невозможным. Для резисторов с заниженным сопротивлением, чуть ниже требуемого значения, рекомендуется применение лазерной подгонки, так как при ее использовании на небольшую величину, влияние неоднородностей на параметры микроплаты будет минимальным.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АДДИТИВНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПОГРЕШНОСТИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ**

Ю.С. Тележный, А.В. Зеленский

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

В процессе работы механических устройств часто имеем дело с созданием усилий затягивания гаек и сочленений с определенной, заранее