

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

установленной силой, величина которой влияет на надежность работы изделий. Для определения механических усилий используются функциональные преобразователи малых перемещений.

В докладе рассматриваются вопросы погрешности измерения силы и прежде всего ее аддитивная составляющая.

Аддитивная составляющая погрешности оказывает существенное влияние на работу функциональных преобразователей малых перемещений, а для работы электромеханических нульорганов она имеет решающее значение. В дифференциальных функциональных преобразователях аддитивная погрешность определяется в основном остаточным сигналом и характеризует один из важнейших параметров преобразователя - его разрешающую способность. Важными являются исследования причин появления остаточного сигнала и разработка методов его устранения. Данный вопрос решается на примерах дифференциальных преобразователей трансформаторного типа.

Нулевым, или остаточным, сигналом называется напряжение на выходе датчика при нейтральном положении его подвижной части. В реальных датчиках в нулевом сигнале нередко присутствует и основная гармоника, обусловленная недостаточной симметрией (геометрической, электрической, магнитной) датчика. Символически остаточное напряжение на выходе преобразователя при нейтральном положении его подвижного элемента можно записать в следующем виде:

$$\dot{U} = \dot{U}_{сф} + \dot{U}_к ,$$

где  $\dot{U}_{сф}$  и  $\dot{U}_к$  — синфазная и квадратурная составляющие остаточного напряжения.

Наличие только синфазной составляющей и несимметрии функционального преобразователя приводит к тому, что напряжения  $U_1$  и  $U_2$  в измерительной обмотке сдвинуты по фазе на  $180^\circ$  и различны по амплитуде. Путем сдвига измерительной обмотки относительно «нейтрали» на величину  $x_0$  удастся получить выходное напряжение, равное нулю. При квадратурной составляющей компенсация напряжений происходит только до величины квадратурной составляющей  $U_k$ , так как напряжения  $U_1$  и  $U_2$  сдвинуты по фазе на угол  $\varphi \neq 180^\circ$ .

В докладе также приводятся некоторые результаты экспериментальных исследований.