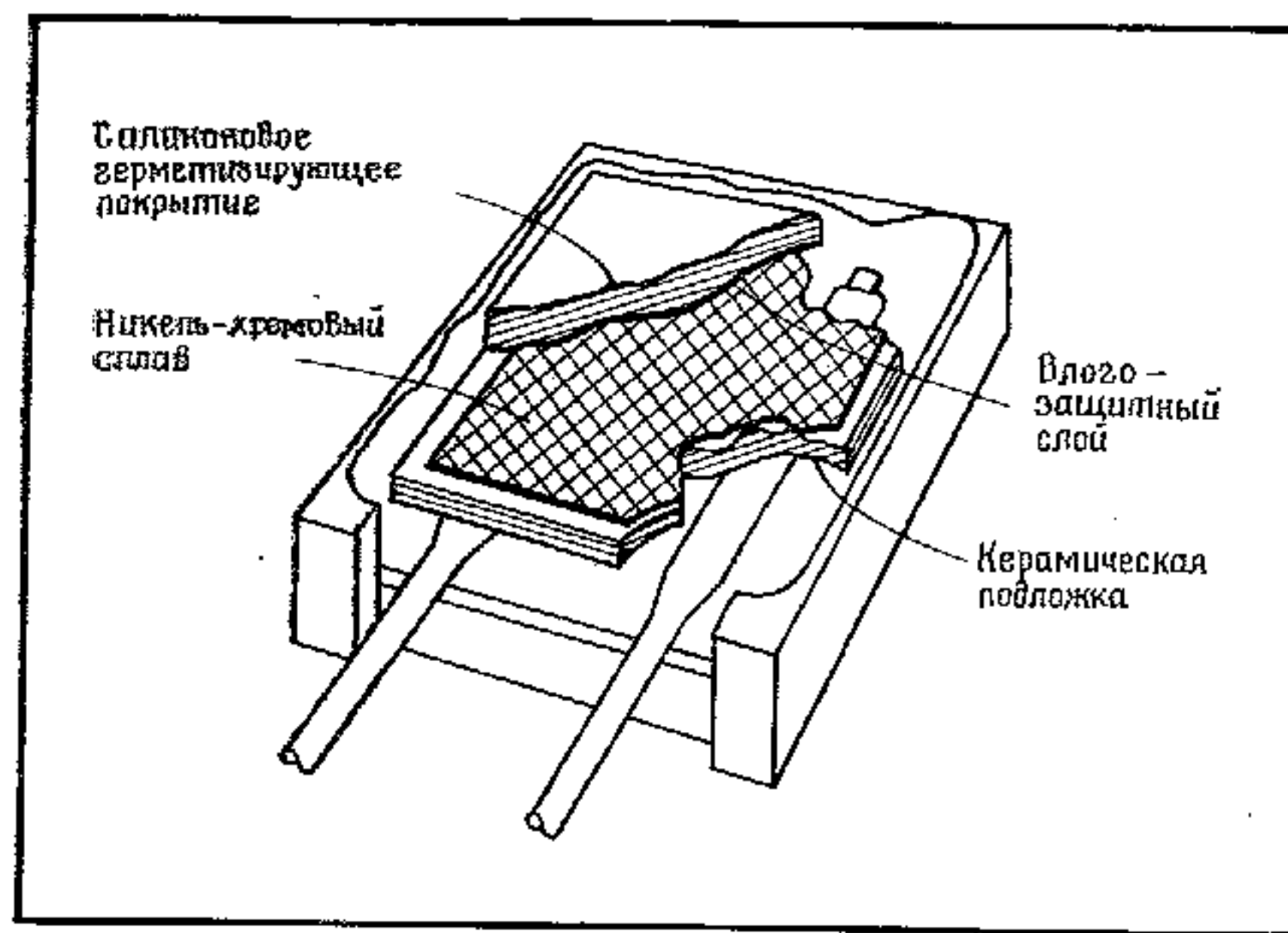


Резисторы с температурным коэффициентом сопротивления меньше $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

В относительно медленно меняющемся мире пассивных компонентов большие перевероты совершаются редко, и их число не велико. Но вот такой переверот намечается в области технологии производства резисторов — в середине сентября 1981 г. фирма Vishay Intertechnology Inc. на открывающейся конференции по выставке «Вескон» представит новую серию HP100 Thermotropic своих прецизионных резисторов, кото-



Новые прецизионные резисторы фирмы Vishay размером около 1 см^2 похожи на старые резисторы этой фирмы. Точно так же они изготовлены из никель-хромовой фольги, приклеенной к керамической подложке.

рые являются нихромовыми компонентами и имеют температурный коэффициент сопротивления значительно меньше $1 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$.

Результатом нескольких лет исследований, которые проводились группой Resistive Systems (Малверн, шт. Пенсильвания), явилось улучшение температурных характеристик резисторов приблизительно на порядок, причем в среднем достигнутый температурный коэффициент сопротивления составил около $0,25 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Для уменьшения общего изменения сопротивления всего до $30 \cdot 10^{-6}$ при изменении температуры в пределах от 0 до $+125^{\circ}\text{C}$ фирма Vishay изготавливает свои резисторы таким образом, чтобы изменение сопротивления резистора, вызванное механическими напряжениями, компенсировало температурное изменение сопротивления резистора из-за изменения удельного сопротивления металлического сплава. Механические напряжения возникают в резисторе из-за различных коэффициентов теплового расширения фольги и ее подложки.

Президент и научный руководитель фирмы Vishay Феликс Зандман заявляет: «Мы давно уже знали, что необходимо сделать. Задача заключалась в том, чтобы найти, как реализовать этот относительно простой физический принцип». Общий объем поставок фирмы Vishay, являющейся признанным изготовителем резисторов, в 1980 г. составил около 40 млн. долл., причем одна половина этой суммы приходится на резистивные системы, а другая на аппаратуру для анализа механических напряжений. Зандман называет серию HP100 «наиболее значительным шагом в развитии технологии производства резисторов за последние 10 или более лет».

До сих пор наилучшие температурные характеристики имели разработанные фирмой Vishay еще 15 лет назад стандартные резисторы серии S102C, температурный коэффициент которых составлял около $2 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Как и эти компоненты, резисторы серии HP100 изготавливаются путем приклеивания никель-хромовой фольги к керамической подложке и дальнейшего фотогравирования фольги по соответствующему рисунку. Раньше недостатком данного технологического процесса была линейная зависимость вызванных механическими напряжениями изменений сопротивления от температуры. Поскольку никель-хромовый сплав имеет нелинейную зависимость удельного сопротивления от температуры, эти два эффекта взаимно не компенсировались.

Зандман говорит: «Прежде всего мы начали с выбора материалов и технологии изготовления, которые обеспечивают нелинейную характеристику температурного коэффициента сопротивления резистора». Он не сообщает подробностей, но отмечает, что критическими факторами для получения резисторов с низким температур-

ным коэффициентом являются и состав, и структура подложки резистора.

Далее, новая технология очень удобна для оптимизации характеристик резистора в определенных рабочих диапазонах изменения температуры. Рабочий диапазон температур для военной и самолетной аппаратуры составляет от 0 до 125°C , но изготовитель аппаратуры может, например, выдержать требования к температурной стабильности только в пределах от 25 до 90°C при общем изменении сопротивления резисторов во всем диапазоне изменения температуры всего $5 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. (Ниже 0°C новая серия резисторов имеет температурный коэффициент не лучше $2 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ и не имеет преимуществ перед резисторами серии S102C.)

Поскольку сопротивление резистора в действительности при изменении температуры меняется относительно своего номинального значения по известному закону, могут быть созданы резисторы, которые в данной рабочей точке будут иметь практически нулевой температурный коэффициент. Цена новых резисторов, выпускаемых с допусками на номинальное значение сопротивления от $\pm 0,005$ до $\pm 1\%$ при температуре 25°C , примерно вдвое превышает цену поставляемых до сих пор фирмой Vishay прецизионных резисторов с металлической фольгой и в зависимости от объема поставки составляет от 10 до 20 долл. за один резистор. Диапазон номинальных значений сопротивления резисторов составляет 100—100 000 Ом.

Новые резисторы особенно удобны для применения в тех случаях, где требуется, чтобы два резистора имели очень хорошо согласованные сопротивления — например, для применения в делителях напряжения, мостовых и многозвенных схемах, — поскольку при новой технологии расхождение сопротивлений двух резисторов в худшем случае составляет от $10 \cdot 10^{-6}$ до 30×10^{-6} , что примерно в десять раз меньше, чем у ранее выпускавшихся компонентов [pp. 44, 46].

Родерик Берисфорд

0,01-10

100 000 Ом