

А. И. ВАСИЛЕВСКИЙ, Б. Н. ГУЛЬКО, Т. И. МОЛДАВЕР
(Новосибирск)

ПЛЕНОЧНЫЕ ГЕРМАНИЕВЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ НА ОРГАНИЧЕСКОМ ОСНОВАНИИ

Пленочные германиевые тензорезисторы в последнее время начинают широко применяться для измерения механических деформаций [1]. Достоинствами таких тензорезисторов являются: относительно высокий коэффициент тензочувствительности (порядка 40), удовлетворительные температурные характеристики, сравнительно большой диапазон измеряемых относительных деформаций ($\pm 10^{-3}$), линейность деформационной характеристики.

Изготовление пленочных германиевых тензорезисторов при современном уровне развития микроэлектроники не представляет больших затруднений.

Основным недостатком пленочных полупроводниковых тензорезисторов является то, что диэлектрические подложки из неорганических веществ, на которые напыляется германий, обладают недостаточно удовлетворительными для этих целей механическими свойствами. В качестве подложек обычно используются слюдяные пластинки, покровные стекла, различная керамика. Эти материалы в большинстве случаев являются хрупкими, плохо поддаются механической обработке, имеют малую гибкость.

Нанесение пленочных тензорезисторов на поверхность металлических чувствительных элементов требует наличия промежуточной диэлектрической пленки, создание которой сопряжено с определенными трудностями. Такие диэлектрические пленки обычно изготавливаются из окислов SiO , SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , наносимых методами термического вакуумного, катодного, ионно-плазменного и плазменного распыления. Основным недостатком таких тонких пленок является их пористость, что приводит к замыканию тензорезистора на поверхность металлического чувствительного элемента.

В последнее время в зарубежной литературе появилось сообщение [2] о возможности изготовления пленочных германиевых тензорезисторов на диэлектрической подложке из органических полимеров. Существует определенный класс термостойких полимеров [3, 4], способных выдерживать нагрев до $400\text{--}500^\circ\text{C}$. Из этих полимеров можно изготовить гибкие эластичные пленки или нанести их на поверхность металлических чувствительных элементов. После проведения процесса полимеризации получают изолирующие покрытия с высокой степенью адгезии.

Нами были выбраны в качестве основы для напыления пленочных тензорезисторов два вида полимеров — полиимидная и полибензимидазольная смолы (ПБИ-1).

По специальной технологии на поверхность металлических подложек (чувствительных элементов) наносился тонкий слой смолы ($20\text{--}40$ мкм), который затем полимеризовался в вакууме при температуре 300°C . Пленочные тензорезисторы изготавливались методом испарения в вакууме (порядка 10^{-5} тор) исходного германия *n*-типа с удельным сопротивлением $\rho=2$ Ом·см. Испарение производилось из графитового тигля при нагревании последнего электронной бомбардировкой. Ускоряющая разность потенциалов составляла 4 кВ и ток в пучке мА.

Температура подложки при испарении на полиимидную основу соответствовала 300°C , а при напылении на основу из ПБИ-1— 350°C .

Медные контактные площадки наносились термическим испарением в вакууме.

Основные характеристики полученных пленочных германиевых тензорезисторов представлены на рис. 1—3.

Коэффициент тензочувствительности для тензорезисторов, нанесенных на подложку из ПБИ-1, составил $K=46$, для тензорезисторов на полиимидной подложке — $K=38$. Одним из факторов, определяющих величину коэффициента тензочувствительности, является температура подложки в процессе напыления тензорезистора. Для подложки на основе ПБИ-1 она несколько выше, что, по-видимому, определяет и более высокое значение K . Температурные характеристики тензорезисторов на подложке из ПБИ-1 более высокие, чем для тензорезисторов на полиимидной подложке.

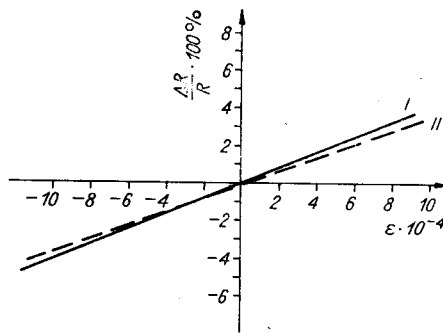


Рис. 1.

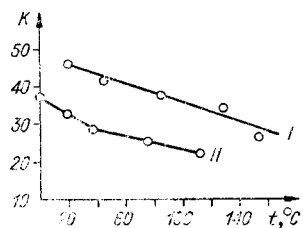


Рис. 2.

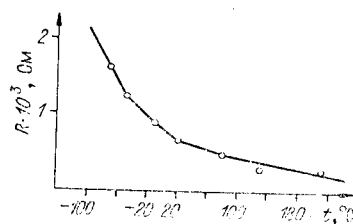


Рис. 3.

Явление ползучести для тензорезисторов на полиимидной подложке начинает сказываться при температурах выше 120°С, а для тензорезисторов на подложке из ПБИ-1 — при температурах выше 200°С.

Температурные коэффициенты сопротивления и тензочувствительности имели один порядок в пределах $(2 \div 4) \cdot 10^{-1}$ град.

Выводы

Использование термостойких полимеров в качестве диэлектрической подложки при изготовлении германиевых пленочных тензорезисторов дало положительные результаты.

Тензорезисторы, нанесенные на подложку из ПБИ-1, имеют более высокие показатели, характеризующие их тензочувствительность и термостойкость.

Тензорезисторы на подложках из ПБИ-1 могут работать в интервале температур 100—200°С.

ЛИТЕРАТУРА

1. О. Ватанабэ, К. Хатакояма. Полупроводниковый пленочный тензодатчик с автоматической температурной компенсацией.—Денки гаккай дзаси, 1967, 87, № 2 (J. Inst. Electr. Eng. Japan).
2. W. D. Edwards, R. P. Beaulieu. Germanium Piezoresistive Element on a Flexible Substrate.—Journ. Scient. Instrum., 1969, E2, № 7.
3. В. В. Коршак. Термостойкие полимеры. М., «Наука», 1969.
4. Н. А. Адлова и др. Полиимиды — новый класс термостойких полимеров. М., «Наука», 1968.

Поступило в редакцию
20 мая 1971 г.