

УДК 621.316.825.2

## Позисторы для ограничителей тока

В. А. Алмазов, А. И. Груздев, А. Н. Комаров,  
З. Л. Копосова, Л. А. Люцарева, Л. Н. Маркова  
ГУП «Всероссийский электротехнический институт имени В. И. Ленина», Москва, Россия

*Изучен технологический процесс изготовления позисторов на основе титана бария. Выбран оптимальный химический состав позисторов, определены условия изготовления заготовок позисторов, их спекания. Выбранные технологические параметры позволили создать позисторы с требуемыми вольт-амперными характеристиками.*

Широкое распространение за рубежом получили керамические позисторы на основе титаната бария, использующиеся в радиоэлектронной и радиоизмерительной технике в качестве различного рода датчиков и элементов, регулирующих ток [1—3].

Эти позисторы обладают аномально высоким положительным температурным коэффициентом сопротивления (ПТКС). Резкое повышение сопротивления происходит при фазовом переходе титаната бария из тетрагональной фазы в кубическую. Температура этого фазового перехода может регулироваться путем изменения технологических параметров изготовления позисторов.

В керамическом титанате бария позисторный эффект, связанный с появлением ПТКС, возникает при выделении в материал добавок, замещающих ионы  $Ba^{2+}$  или ионы  $Ti^{4+}$  в его кристаллической решетке. В качестве добавок, приводящих к замещению в кристаллической решетке ионов  $Ba^{2+}$ , широко используются соединения, содержащие иттрий или лантан. Соединения сурьмы, ниобия, тантала и других элементов вводятся в титанат бария для замещения в его кристаллической решетке ионов  $Ti^{4+}$ .

Относительно механизма возникновения позисторного эффекта большинство авторов считают, что решающая роль в его появлении принадлежит состоянию границ зерен поликристаллического материала, полученного спеканием. В качестве доказательства приводятся [2] значения поверхностного, объемного и полного электросопротивления, в котором основной составляющей является сопротивление межкристаллитной поверхности. Поэтому для правильного формирования позисторной керамики определяющими являются химический состав добавки, ее концентрация, газовая среда при термообработке, а также скорости нагрева и охлаждения.

Концентрация вводимых в титан добавок должна строго контролироваться, так как практически для всех них существует очень узкий интервал концентраций, при которых наблюдается позисторный эффект [2]. Наиболее узкий интервал концентраций обнаружен в случае добавки ниобия, а наиболее широкий, составляющий 0,2—0,5 ат. % — при введении добавки иттрия.

В связи с вышесказанным очевидно, что на позисторный эффект могут оказывать большое влияние неконтролируемые примеси, что определяет вы-

сокие требования к чистоте исходных материалов и общей культуре технологического процесса на всех стадиях изготовления позисторов.

Величину ПТКС керамических позисторов одинакового химического состава можно регулировать изменением парциального давления кислорода газовой среды при спекании, а также режимом термообработки материала [3—5]. Высокие значения ПТКС позисторов (20—27 %/°C) были получены при спекании в воздушной среде при температурах 1250—1450 °C при скорости нагрева 200 — 200 °C/ч и охлаждении со скоростью 100—200 °C/ч.

Как показали исследования позисторной керамики [6—8], существенное влияние на ПТКС оказывает ее микроструктура. Так, авторами работы [5] получены позисторы с высоким ПТКС на основе титаната бария без легирующих добавок, но обладающие мелкокристаллической структурой (размеры зерен 3—5 мкм). Для формирования такой структуры применялись высокие скорости нагрева и охлаждения (600 °C). Необходимо отметить, что позисторы с малым размером зерен при прочих равных условиях более стабильно работают в режиме высоких токовых нагрузок [2].

В [5] изучено влияние различных газовых сред ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$ ,  $CO$  и др.) на величину ПТКС позисторной керамики. Показано уменьшение ПТКС по мере увеличения восстановительной способности газа. При этом отмечено свойство позисторной керамики восстанавливать исходное значение ПТКС после отжига в кислородной среде.

В [2] рассмотрены различные виды деградации позисторной керамики. Отмечено увеличение электросопротивления позисторов в процессе старения, вызванного изменениями внутренних структурных напряжений. В то же время при длительной выдержке образцов при температурах, близких к точке полиморфных превращений, происходит уменьшение электросопротивления, что связывается авторами с изменениями в поверхностном слое зерен.

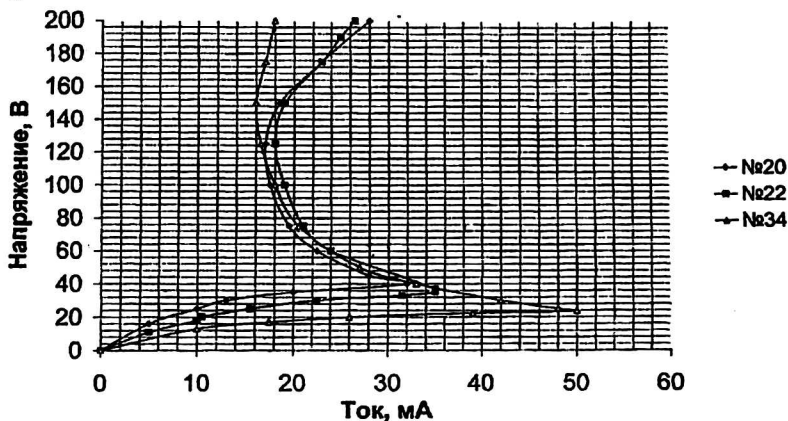
Технологический процесс изготовления позисторной керамики начинается с синтеза титаната бария, для чего широко используются в качестве исходных материалов оксиды или карбонаты соответствующих металлов [2]. Температура синтеза при этом составляет 1100 °C; для синтеза титаната бария применяется титанилоксалат бария [3, 5].

Нами для синтеза титаната бария использованы алкоголяты бария и титана с добавками 0,2 ат. % оксида иттрия. Это позволило снизить температуру синтеза твердых растворов до 800 °C. При этом получается тонкодисперсный порошок, не требующий последующего измельчения. Для получения позисторного эффекта в керамических материалах необходимо обеспечить определенное весовое соотношение концентраций бария и титана в исходных материалах. Нами были опробированы материалы на основе титаната бария, в которых соотношение  $Ba/Ti$  изменялось от 0,98 до 1,02. Однако керамические материалы с соотношением  $Ba/Ti$  от 0,99 до 1,02 не обладали позисторным эффектом, и только при соотношении  $Ba/Ti = 0,98$  удалось получить удовлетворительные результаты.

Для пластификации синтезированных порошков использовались три вида материалов с разными температурами разложения: синтетический каучук, растворенный в ацетоне; поливинилбутираль, растворенный в этаноле; поливиниловый спирт, растворенный в воде. Все три пластификатора позволяли

изготавливать заготовки позисторов при давлении до 1000 кгс/см<sup>2</sup>, обеспечивая одинаковую плотность по всему объему заготовки. При последующем спекании заготовок не обнаружено влияния химического состава пластифицирующей добавки на величину позисторного эффекта.

В результате материаловедческих и технологических работ изготовлены позисторные материалы, вольт-амперные характеристики которых представлены на рисунке.



Вольт-амперные характеристики позисторных материалов

Из рисунка видно, что полученные характеристики позволяют использовать разработанные материалы для изготовления позисторов для ограничителей тока.

### Л и т е р а т у р а

1. Еленский В. Г., Политова Е. Д. //Зарубежная радиоэлектроника. 1990. № 10. С. 46.
2. Basu R. N., Naiti H. S.: Prosp. 6-th IEEE Int. Symp. Appl. Ferroelectrics. 1986. P. 522.
3. Kuwabara M. //Amer. Ceram. Soc. Bull. 1985. V. 64. № 10. P. 1309.
4. Holms M. B. //Advances in Ceramics. 1983. V. 7. P. 767.
5. Kuwabara M. //Amer. Ceram. Soc. 1986. V. 27. № 11. P. 265.
6. Петров В. М. Полупроводники на основе титаната бария/Пер. с японского. — М.: Энергия, 1982.
7. Nemoto N., Oda J. //Advances in Ceramics. 1981. V. 1. P. 1174.
8. Kutty T. R. //Mater. Res. Bull. 1985. V. 20. № 5. P. 326.

## Posistors for the current limiters

V. A. Almazov, A. I. Gruzdev, A. N. Komarov, Z. L. Kopusova,  
L. A. Lucareva, L. N. Marcova

The Lenin's All-Russian Electrotechnical Institute, Moscow, Russia

*In this work was studied the technological process of making of posistors on the basis of the titanate of barium. The optimum chemical composition of posistors was chosen. The conditions of preparation of blanks of posistor, its sintering were determined. Chosen technological parameters permit creating of posistors with required current versus voltage characteristics.*