

# БЕСЩЕЛОЧНОЙ СТЕКЛОЦЕМЕНТ В ПРОИЗВОДСТВЕ ФОЛЬГОВЫХ РЕЗИСТОРОВ

Г.Рачковская, Л.Шишканова,  
Г.Захаревич, Г.Согуренко

Современная технология изготовления монокристаллических фольговых резисторов предусматривает приготовление из тонкодисперсного порошка стеклоцемента шликера определенной консистенции, формование из него эластичной ленты, используемой для изоляции резистора, соединение фольговой заготовки с этой лентой и их замоноличивание. Исследования показали, что бесщелочные стеклоцементы, синтезированные на основе модифицированной оксидом кадмия системы  $BaO-Al_2O_3-B_2O_3-SiO_2$ , обладают комплексом повышенных физико-химических и диэлектрических свойств и перспективны для создания монокристаллических фольговых резисторов из никелевых сплавов.

В составе стеклоцемента, предназначенного для приготовления фольговых резисторов, должны отсутствовать оксиды щелочных металлов, ухудшающие межслойную изоляцию. Необходимо, чтобы из полученного на его базе шликера могла быть сформирована прочная лента, а температура обжига шликера была низкой, с тем чтобы можно было одновременно проводить обжиг ленты и вжигание в нее низкотемпературных паст на основе никелевых сплавов типа ПП-1, ППТ-3 и др. Применяемый сегодня для получения ленты керамический шликер требует высокой температуры обжига – 1500°C.

## Представляем авторов статьи

**РАЧКОВСКАЯ Галина Евтихиевна.** Канд.техн.наук, окончила Белорусский политехнический институт (БПИ). Ведущий научный сотрудник кафедры технологии стекла и керамики Государственного технологического университета (БГТУ). Круг научных интересов: исследования в области стекол и стеклокристаллических материалов для спаев, пассивации и герметизации приборов электронной техники и приборостроения.

**ШИШКАНОВА Людмила Георгиевна.** Канд.техн.наук, окончила БПИ. Заведующая патентно-информационным отделом БГТУ. Круг научных интересов: исследования в области синтеза стеклообразных материалов электронной техники. Контактный телефон: 227-31-50.

**СОГУРЕНКО Галина Васильевна.** Окончила Пензенский государственный университет. Ассистент кафедры физики ПГУ. Научные интересы: конструирование электронных приборов, микросборок и узлов.

**ЗАХАРЕВИЧ Галина Борисовна.** Окончила БГТУ. Мл. науч. сотр. кафедры технологии стекла БГТУ. Круг интересов: исследования стеклообразных материалов для микроэлектроники. Факс 227-62-17; E-mail: ludmila@bstu.unibel.by

Для производства фольговых резисторов предложен бесщелочной стеклоцемент на основе модифицированной оксидом кадмия системы  $BaO-Al_2O_3-B_2O_3-SiO_2$  со следующими физико-химическими и электрическими свойствами:

Температурный коэффициент линейного расширения в интервале температур 20–300°C	... 57,0 $\alpha \cdot 10^{-7} K^{-1}$
Температура начала размягчения	... 680°C
Температура кристаллизации	... 760°C
Химическая устойчивость к воде	... II гидролитический класс
Плотность	... 3400 кг/м <sup>3</sup>
Удельное объемное электрическое сопротивление при 20°C	... 10 <sup>12</sup> Ом.м
Диэлектрическая проницаемость при 20°C и частоте 10 <sup>6</sup> Гц	... 7,4
Тангенс угла диэлектрических потерь при 20°C и частоте 10 <sup>6</sup> Гц	... 0,0016

Синтез стекла на основе предложенной системы может проводиться при температуре 1450°C. Из термограммы стекла, используемого для производства шликера, видно, что наиболее интенсивный процесс кристаллизации, при котором формируется максимальное количество кристаллической фазы, протекает при температуре 850°C (рис.1). Вместе с тем, рентгенофазовое исследование стеклоцемента (рис.2), обработанного в порошке при температуре 760°C, показало малую интенсивность дифракционных максимумов, из чего можно заключить, что наряду с кристаллическими фазами присутствует достаточное количество стеклофазы, которое и обеспечивает прочный спай стеклоцемента с фольговой заготовкой.

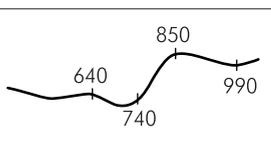


Рис.1. Термограмма стекла

Шликер готовился из порошка стекла (с дисперсностью 50–100 мкм) и органического связующего (поливинилбутираль, дибутилфталат и синта-

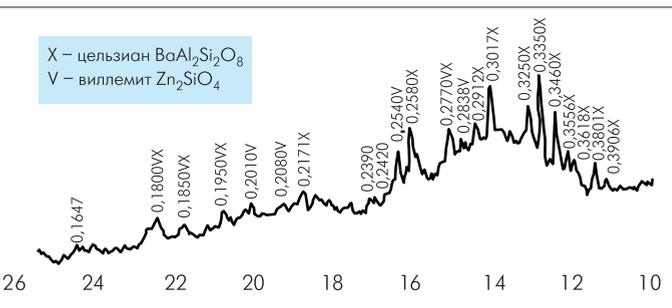


Рис.2. Дифрактограмма стекла, обработанного при 760°C

мид-5). Вязкость шликера (55–75 с) обеспечивала равномерное его продавливание через фильеры при изготовлении ленты равномерной толщины. Лента была эластичной, однородной, беспористой (пористость 0,05–0,09%), прочной на разрыв (0,38–0,34 МПа), пригодной для замоноличивания в нее фольговой заготовки резистора.

Применение разработанного стеклоцемента в электронной промышленности позволит создать новый тип ситаллофольгового резистора и обеспечивает получение его стабильных характеристик в широком диапазоне рабочих температур от -60 до +500°C. ○



## **i** 10-Гбит/с трансиверы привлекли толпу

На Международной конференции по твердотельным схемам большое внимание специалистов привлекли доклады, посвященные методам восстановления-синхронизации данных (Clock-Data Recovery – CDR), позволяющим обойти проблемы шума, дрожания и перекрестных помех при работе со скоростью передачи 10 Гбит/с. И это несмотря на то, что пока рынок систем с такой скоростью передачи еще не сформирован. Тем не менее, схемы трансиверов, способных принимать и пересылать данные со скоростью 10 Гбит/с, рассматривались в четырех докладах из семи.

Трансивер фирмы Fujitsu, выполненный по 0,11-мкм КМОП-технологии, способен передавать сигналы со скоростью 10 Гбит/с по нескольким каналам при работе от источника питания на 1,2 В. Столь низкое напряжение достигнуто благодаря замене потребляющей большую мощность ФАПЧ-схемы квази-цифровым устройством – так называемым фазовым интерполятором, разбивающим сигнал на фазы, синтезируемые с опорным тактовым импульсом. Максимальная мощность, потребляемая передающим каналом, при использовании такого трансивера составляет 188 мВт.

Задачу снижения потребляемой мощности ставили перед собой и разработчики фирмы NEC при создании 10-Гбит/с блока параллельно-последовательного преобразователя/преобразователя последовательного кода в параллельный. В блоке использована CDR-схема на основе генератора, "стартующего на половинной скорости": рабочая частота ГУН составляет всего 5 ГГц. В результате блок потребляет 50 мВт и занимает, по утверждению разработчиков, значительно меньшую площадь кристалла, чем микросхемы, в которых CDR-метод реализуется с помощью ФАПЧ или фазовых интерполяторов.

А представители фирмы Rambus доложили о схеме высокоскоростной передачи сигналов с использованием амплитудно-импульсной модуляции. В макроблоке скорость передачи 10 Гбит/с достигнута с помощью четырехуровневой передачи АИМ-сигналов. Применение эквалайзеров в передающей секции и схем подавления отраженного сигнала в секции приемника решило проблему снижения интенсивности сигнала. Блок обеспечивает передачу данных со скоростью 10 Гбит/с на расстояние более 50 см при потребляемой мощности 450 мВт.

Ученые Сеульского национального университета представили контрольную КМОП-микросхему, способную работать со скоростью от 2,5 до 10 Гбит/с. В микросхеме предусмотрена возможность динамической регулировки мертвой зоны фазового детектора и тока источника с тем, чтобы стабилизировать характеристики CDR-схемы и обеспечить заданный уровень дрожания. При максимальной скорости передачи и напряжении питания 1,8 В потребляемая мощность микросхемы составляет 540 мВт.

[www.eetimes.com/story/OEG20030214S0012](http://www.eetimes.com/story/OEG20030214S0012)

## **i** Новые материалы и структуры. Действительно фантастика

Секция "Встроенные технологии" на Международной выставке ISSCC отличалась от других не менее интересных секций тем, что всем рассматриваемым вопросам был присущ элемент изобретательности. Так, специалисты лаборатории новых технологий фирмы Infineon Technologies встраивают электронные схемы не куда-нибудь, а в обычную ткань одежды. По разработанному ими методу некоторые

нити ткани заменяются медными проволоками с нанесенным на них покрытием. В точках присоединения герметизированных интегральных схем в тканый материал покрытие проволоки выжигается лазером. Таким образом в одежду можно поместить различные электронные устройства – от средств связи до биотелеметрических приборов. Питание системы могут обеспечить термоэлектрические модули, состоящие из больших матриц термопар, регистрирующих разность температуры тела и окружающей среды.

Тема использования температуры окружающей среды в качестве источника питания прозвучала и в докладе представителя лаборатории интеграции микросистем фирмы NTT. С помощью полупроводникового соединения Bi-Te, соединяющего две термические массы, на фирме удалось получить напряжение порядка 1 В при разнице температур 5°C. Поскольку при этом направление температурного градиента и, следовательно, полярность напряжения непредсказуемы, для работы с термоэлектрическим прибором разработчики создали DC/DC-преобразователь двойной полярности.

Более смелый подход предложили ученые лаборатории технологии микросистем Массачусетского технологического университета, исследовавшие возможность применения высокотемпературных микроэлектромеханических систем (МЭМС) для генерации электрической энергии в результате окисления топлива. Созданный ими МЭМС-каталитический реактор обеспечивает окисление и в итоге воспламенение газообразного углеводородного топлива. Генерируемое в результате этой реакции тепло нагревает одну сторону блока термоэлектрических приборов, что и вызывает генерацию электрической энергии. Несмотря на то, что метод требует отвода большого количества избыточного тепла и горящего газа и к тому же малоэффективен, разработчики считают, что в дальнейшем он может стать привлекательной альтернативой батарейным источникам питания.

В стенах лаборатории изучается также возможность создания МЭМС-газовой турбины, сопоставимой по своим размерам с почтовой маркой. Смесь топлива-воздух сжимается лопатками турбины и направляется в камеру зажигания, соединенную с цилиндром высокого давления турбины. Температура горящего газа выше точки плавления кремния, но динамика турбины предотвращает разрушение ее МЭМС-структуры. Скорость вращения миниатюрной турбины на воздушных подшипниках составляет  $10^6$  об/мин, что вызывает некоторые конструктивные проблемы. Если даже при незначительном разбалансе лопасти контактируют с корпусом турбины, она разрушается. Пока проведены лишь "холодные" испытания турбины, без топлива и зажигания смеси. Предполагается, что она найдет применение в двигательных установках или в системах возбуждения электростатических генераторов.

Еще одно необычное применение МЭМС – самоформирующиеся витки – описал представитель Исследовательского центра в Пало-Альто. На поверхность обычной микросхемы методом распыления осаждается пленка молибдена-хрома, в которой создается начальное контролируемое напряжение и формируется рисунок требуемых контуров. При освобождении пальцев пленки они закручиваются вверх, образуя винтовую обмотку, закрепленную на поверхности микросхемы, при этом ось обмотки параллельна поверхности. Такие обмотки могут выполнять функции соленоида или элементов индуктивности с высокой добротностью. А их прочность достаточна для того, чтобы выдержать корпусирование методом опрессовки под давлением.

[www.eetimes.com/story/OEG20030212S0030](http://www.eetimes.com/story/OEG20030212S0030)