

Применение отечественного глинозема глубокой прокалики для производства металлокерамических корпусов

В. Егошин¹, Ш. Шугаепов², Р. Ахметгалиев³, Е. Ермолаев, к.т.н.⁴,
А. Мазуренко⁵, Ю. Чернышева⁶

УДК 621.3 | ВАК 2.2.2

Акционерное общество «Завод полупроводниковых приборов» (АО «ЗПП») производит металлокерамические корпуса (МКК) различных типов для интегральных схем (ИС). В настоящей статье рассмотрены проблемы локализации производства металлокерамических корпусов в АО «ЗПП» на примере применения отечественного глинозема глубокой прокалики. Приведены методы исследований такого глинозема, а также опыт его использования для производства МКК.

Конструктивно МКК состоит из керамической платы с нанесенной внутри проводниковой схемой и металлических комплектующих в виде выводной рамки (для подачи питания и снятия сигналов), ободка и крышки (для обеспечения герметичного закрытия интегральной схемы внутри корпуса).

Для изготовления керамической ленты используется глинозем глубокой прокалики с низким содержанием щелочи. Он является базовым материалом и задает необходимые характеристики керамической массы, такие как электроизоляционные свойства, механические характеристики, диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь, позволяющие эксплуатировать электронные изделия в широком диапазоне условий применения.

До недавнего времени для этой цели использовались отечественные марки глубокопрокаленного низкощелочного глинозема под названиями ГН (глинозем низкощелочной) и ГКИС (глинозем керамический для интегральных схем) с характеристиками, регламентированными требованиями ГОСТ 30559-98 «Глинозем неметаллургический».

В начале 2000-х годов производство глубокопрокаленного (кальцинированного) глинозема было прекращено и в технологии МКК для изготовления керамического материала использовались запасы отечественного глинозема марки ГКИС. Одновременно проводилось опробование для этой цели импортного глинозема фирм Almatiss и Nabaltess. При этом для достижения необходимого гранулометрического состава некоторые марки глинозема смешивались между собой. Характеристики импортного глинозема представлены на рис. 1.

Для производства технической корундовой керамики глинозем может использоваться в двух кристаллических формах: γ -модификация (смесь α - и β - и γ -модификаций Al_2O_3 под названием «технический глинозем») и α -модификация (α - Al_2O_3 под названием «неметаллургический глинозем»).

Наиболее прогрессивным методом при изготовлении керамики для электронной техники является использование глинозема в α -форме в виде глубокопрокаленного (кальцинированного) глинозема. Такой глинозем с определенным гранулометрическим составом позволяет получать после обжига изделия с контролируемым значением усадки.

Для получения глинозема в α -форме используется глинозем в γ -форме.

При этом глинозем в γ -форме предварительно очищается от щелочи и производится его прокалика при высокой температуре (около 1300°C) с различными

¹ АО «ЗПП», заместитель главного конструктора по материалам; ФГАОУ ВО НИ ТГУ, аспирант; ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», научный сотрудник, vaegoshin@zpp12.ru.

² АО «ЗПП», директор по развитию; ФГАОУ ВО НИ ТГУ, аспирант; ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», научный сотрудник, shnshugaepov@zpp12.ru.

³ АО «ЗПП», главный технолог; ФГАОУ ВО НИ ТГУ, аспирант; ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», научный сотрудник, rshahmetgaliev@zpp12.ru.

⁴ АО «ЗПП», заместитель главного конструктора по новым разработкам; ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», научный сотрудник, ermolaev_ev@zpp12.ru.

⁵ АО «ЗПП», начальник отдела материалов, ktcl23@zpp12.ru.

⁶ АО «ЗПП», инженер-технолог; ФГАОУ ВО НИ ТГУ, аспирант; ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», научный сотрудник, ktcl23@zpp12.ru.

минерализаторами, регулирующими микроструктуру глинозема. От характеристик прокаленного глинозема в α -форме, использованного при производстве керамики, зависят почти все конечные характеристики получаемых изделий.

Поэтому в рамках работ по импортозамещению особое внимание было уделено разработке отечественного аналога низкощелочного глубокопрокаленного глинозема. Работы по локализации производства глинозема и достижению требуемых эксплуатационных свойств проводились в условиях необходимости обеспечения дальнейшей миниатюризации и повышения функциональности МКК.

АО «ЗПП» были выставлены современные требования к глинозему глубокой прокали для производства МКК для ИС, ориентированные на использование глинозема с определенными гранулометрическим составом, удельной поверхностью и коэффициентом усадки.

На базе отечественного предприятия был разработан технологический процесс и организовано промышленное производство глубокопрокаленного низкощелочного глинозема с мелкозернистой структурой и необходимыми значениями коэффициента усадки при высокотемпературном обжиге.

В связи с ужесточением требований к характеристикам МКК были повышены требования и к показателям глинозема по химическому составу: по содержанию оксида железа (не более 0,03%), оксида кремния (не более 0,03%) и оксида натрия + оксида калия (не более 0,08%).

Дополнительно к требованиям ГОСТ при оценке характеристик глинозема определяли показатель его измельчаемости за определенное время измельчения в шаровой мельнице. При этом в лабораторных условиях имитировался производственный процесс помола глинозема, путем использования вместо шаровых мельниц фарфорового барабана.

Другим важным дополнительным показателем глинозема является линейная усадка (коэффициент усадки), определяемый на измельченном глиноземе с добавлением 9% флюса аналогичного производственному составу и состоящего из оксидов кремния, магния и кальция. Усадка образцов для возможности использования имеющихся штампов составляет 17–18%. Этот показатель также связан с требуемыми пределами показателя согласованности усадки керамического материала и металлizationной пасты. Определению коэффициентов усадки

глинозема, керамического материала, керамической ленты и металлокерамических плат, то есть материалов и изделий, последовательно используемых на всех этапах технологического процесса, уделяли особое внимание.

Методом, обеспечивающим получение глинозема с характеристиками, близкими к необходимым по измельчаемости и коэффициенту усадки, а также определяющим принадлежность глинозема к типу глубокопрокаленных, является метод кристаллооптического анализа на микроструктуру и крупность монокристаллов.

Анализ проводится на оптическом микроскопе типа Полам Л-213М с использованием иммерсионной жидкости с коэффициентом преломления 1,74 по ГОСТ 25733-83 «Глинозем. Метод кристаллооптического определения альфа-модификации оксида алюминия».

Глубина прокали определяется по цвету фона – чем насыщеннее синий цвет агрегатов, тем выше была температура кальцинации и выше глубина прокали (альфа) в целом.

Определение крупности размеров монокристаллов проводится аналогичным способом. При этом используется иммерсионная жидкость с коэффициентом преломления 1,6.

Анализ выполняется по ГОСТ 25734-96 «Глинозем. Метод кристаллооптического определения размеров монокристаллов в неметаллургическом глиноземе». Проведение анализов на гранулометрическое распределение частиц существенно ускоряется, если вместо кристаллооптического подсчета частиц использовать результаты анализов, проведенных на лазерном гранулометре Микросайзер 201-А, в диапазоне размеров частиц 0–6 мкм.

Разработка критериев оценки пригодности глубокопрокаленного глинозема для производства МКК на этапе



Рис. 1. Характеристики импортного глинозема

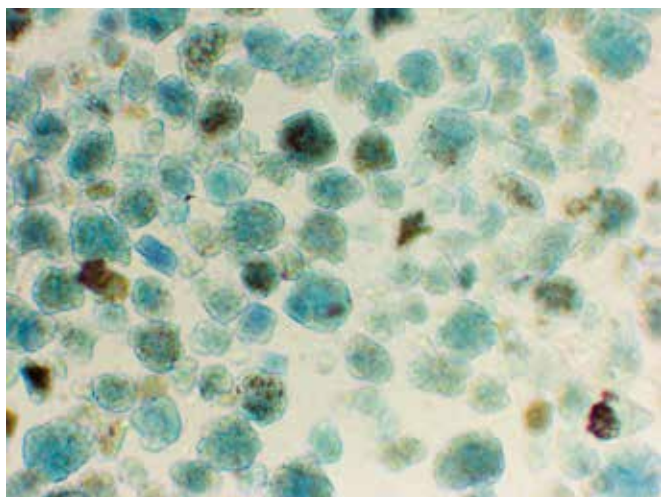


Рис. 2. Микроструктура зарубежного глазузема

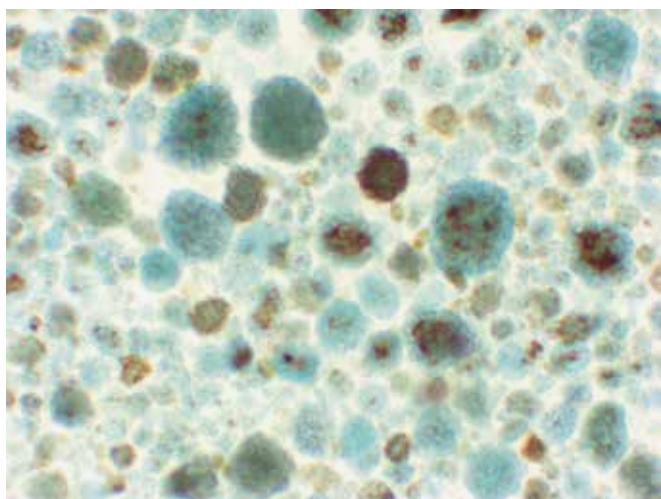


Рис. 3. Микроструктура отечественного глазузема

выпуска этого глазузема на предприятии-изготовителе является важной практической задачей.

Оценка микроструктуры при выпуске глазузема проводилась путем анализа агрегатов получаемого глазузема на глубину прокали в процентах (не менее 95%) и на характер перекристаллизации на поляризационном микроскопе Альтами Полар 3.

Полученный отечественный глазузем имел микроструктуру, аналогичную микроструктуре зарубежных марок глазузема (рис. 2–3).

При достигнутой химической чистоте, прежде всего по щелочи (не более 0,1%), и характерной для импортных марок глазузема глубине прокали необходимое значение коэффициента усадки глазузема для возможности его использования в технологии корпусного производства достигалось регулированием размеров монокристаллов

(рис. 4–5). Оценку размеров кристаллов проводили на поляризационном и электронном микроскопах.

Результаты проводимых при выпуске глазузема анализов подтверждались гранулометрическим распределением (рис. 6–7) измельченного в фарфоровых барабанах глазузема, показателем удельной поверхности шликера, рассчитанным из полученного гранулометрического распределения, а также испытаниями на усадку образца глазузема с 9% флюса при высокотемпературном обжиге.

Определение гранулометрического распределения частиц глазузема проводилось на лазерном гранулометре Микросайзер 201-А.

Типичные размеры монокристаллов укладывались в диапазоне от 0 до 6 мкм (90%), наибольшие размеры кристаллов составляли 12–16 мкм.

К оценке характеристик зарубежных марок и отечественного глазузема (удельной поверхности, фазового состава, гранулометрического состава, примесного состава) были привлечены специалисты высших учебных заведений – партнеров АО «ЗПП». По их заключению, отечественный порошок глубоководнопрокаленного глазузема может быть использован для изготовления МКК для ИС.

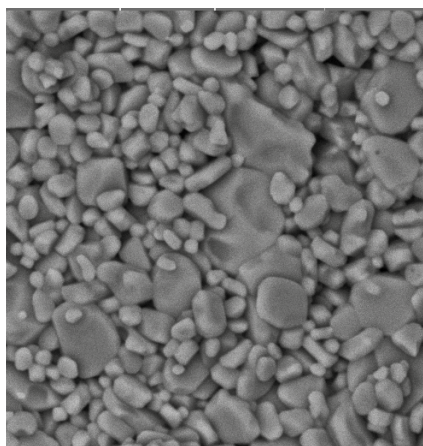


Рис. 4. Размеры кристаллов зарубежного глазузема

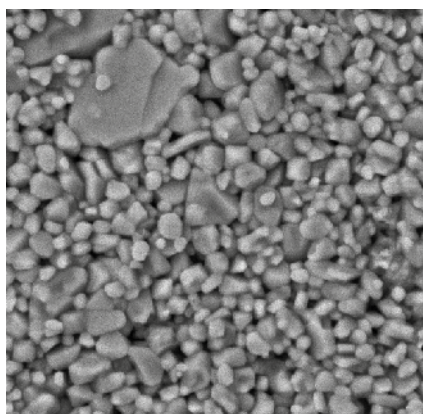


Рис. 5. Размеры кристаллов отечественного глазузема

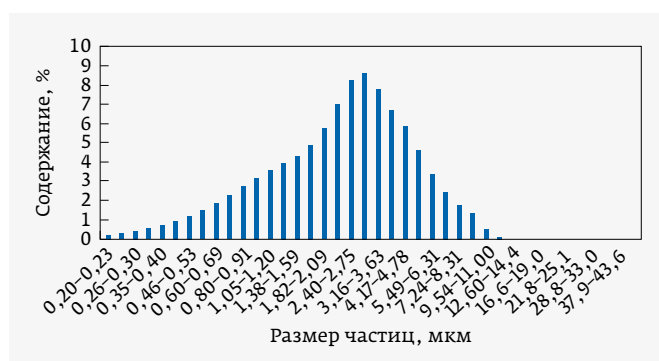


Рис. 6. Гранулометрическое распределение частиц зарубежного глинозема

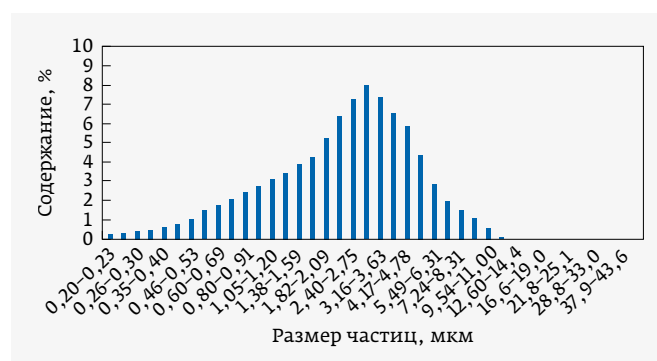


Рис. 7. Гранулометрическое распределение частиц отечественного глинозема

В АО «ЗПП» из разработанного вновь отечественного глинозема были изготовлены опытные партии керамического материала для изготовления корпусов, которые выдержали все предусмотренные испытания.

Таким образом, сделан еще один серьезный шаг в деле импортозамещения материалов и изделий в такой важнейшей области микроэлектроники, как производство корпусов для микросхем.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Шугаев Ш. , Ермолаев Е. , Егошин В. , Ахметгалиев Р. , Мазуренко А.** Технологическое оборудование и материалы, применяемые для изготовления металлокерамических корпусов // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2022. №5. С. 62–65.
2. **Шугаев Ш., Ермолаев Е., Егошин В.** Особенности производства многвыводных корпусов с использованием тонких керамических лент // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2022. № 6. С. 142–144.
3. **Белинская Г.В., Выдрик Г.А.** Технология электровакуумной и радиотехнической керамики – М.: Энергия, 1977. 336 с.
4. Отчет о научно-исследовательской работе «Стабилизировать и улучшить качество глинозема ГКИС» / Всесоюзный ордена Октябрьской Революции научно-исследовательский и проектный институт алюминиевой, магниевой и электродной промышленности (ВАМИ) // Ленинград, 1986. 132 с.

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 1960 руб.

КОРПУСИРОВАНИЕ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ. ТЕХНОЛОГИИ, КОНСТРУКЦИИ, ОБОРУДОВАНИЕ Белоус А.И., Паньков А.А.

М: ТЕХНОСФЕРА, 2023. – 558 с.
ISBN 978-5-94836-668-5

В книге представлены систематизированные результаты детального анализа современного состояния и тенденций развития технологий корпусирования (сборки) микросхем, полупроводниковых приборов, силовых модулей и систем в корпусе.

Книга ориентирована на достаточно широкую аудиторию – от студентов, аспирантов и преподавателей технических вузов, специализирующихся в области микроэлектроники, до инженеров-разработчиков микросхем и электронных систем на их основе, инженеров-технологов сборочных производств, сотрудников исследовательских лабораторий и академических институтов, руководителей предприятий радиоэлектронной отрасли.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📠 +7 495 956-3346; knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru