

прочности. Для формирования качественных слоев из SiOF оптимальная энергия пучка должна составлять 1450...1600 эВ. Влияние степени компенсации на характеристики слоев из SiOF незначительно.

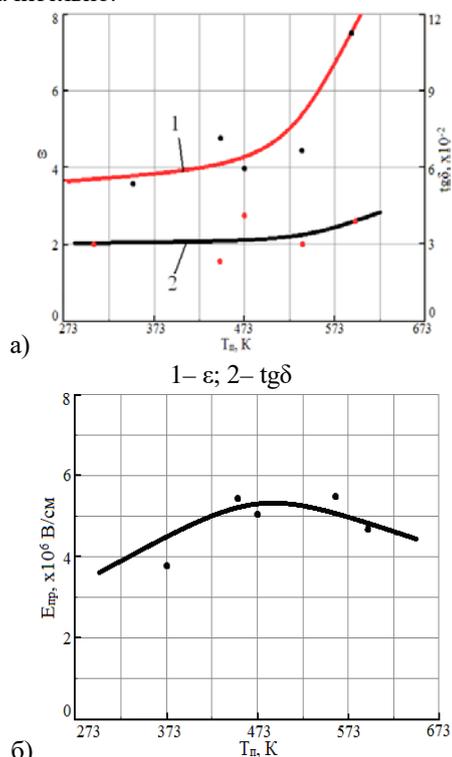


Рисунок 3 – Зависимость ϵ и $\text{tg}\delta$ (а) и $E_{\text{пр}}$ (б) пленок SiOF от температуры подложки

Проведено исследование влияния температуры подложки при нанесении на электрофизические характеристики покрытий из диоксида кремния, полученных осаждением из вторичного ионного пучка. Температура подложек составляла 345, 453, 473, 538 и 593 К. Парциальное содержание фреона-218 составляло $2,66 \cdot 10^{-2}$ Па, аргона – $6,66 \cdot 10^{-2}$ Па, ускоряющее напряжение – 3,0 кВ, ток компенсатора 13 А. Исследовано влияние температуры нанесения на ϵ , $\text{tg}\delta$ и $E_{\text{пр}}$. Скорость нанесения изменялась в диапазоне 0,41...0,49 нм/с. Результаты измерения электрофизических параметров приведены на рисунке 3.

Установлено, что повышение температуры подложки свыше 523 К приводит к резкому росту значения диэлектрической проницаемости, что может быть связано с десорбцией фтора. В тоже время влияние температуры подложки на $\text{tg}\delta$ и $E_{\text{пр}}$ незначительно.

Литература

1. Murarka, S.P. Low dielectric constant materials for interlayer dielectric application/ S.P.Murarka // Solid State Technology. – 1996. – No 3. – P.83–89.
2. Максиль, О.В. Получение пленок SiOF прямым ионным осаждением /О.В. Максиль, Е.В. Телеш// Материалы 4-й Международной молодежной научно-технической конференции «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2008», 12–14 апреля 2008 г. – Севастополь. – С. 306.

УДК 666.655

ВЫСОКОГЛИНОЗЕМИСТЫЕ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Дятлова Е.М.¹, Сергиевич О.А.¹, Шамкалович В.И.²

¹Белорусский государственный технологический университет, Минск, Республика Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Как известно [1], электроизоляционные материалы работают в условиях одновременного воздействия высоких значений электрического напряжения и температуры. Такие изоляторы должны обладать высоким удельным объемным сопротивлением при нагревании, нулевым водопоглощением, высокой химической устойчивостью и т.д. Сочетание высокой механической прочности, низких диэлектрических потерь, высокого электрического сопротивления, стабильности размеров и стойкости к воздействию агрессивных сред делает керамические высокоглиноземистые материалы наиболее приемлемыми для вышеуказанных целей.

В качестве исходных сырьевых материалов, как правило, используют тугоплавкие и огнеупорные глины, каолины, пегматиты, полевые шпаты, технический глинозем, тальк, циркон, борную кислоту и др. Такие изделия изготавливают в

основном методом двухступенчатого прессования из порошкообразных масс, подготовленных совместным и тонким помолом сырьевых компонентов. При шликерной подготовке пресс-порошка необходим процесс обезвоживания суспензии. Изделия обжигаются в диапазоне температур 1320–1400 °С; щелочесодержащие компоненты позволяют снизить температуру синтеза, но при этом уменьшаются показатели электрического сопротивления и температуры эксплуатации изделий. Использование волластонита и кварцсерицитового фарфорового камня способствуют увеличению механической прочности до 80 МПа; флогопит (маложелезистая слюда изоморфного ряда биотита) уменьшает тангенс угла диэлектрических потерь и увеличивает электрическую прочность; тальк, карбонат лития и диоксид титана позволяют снизить значение ТКЛР [2].

На основе данных литературы для исследований выбрана система $Al_2O_3-SiO_2$ в поле кристаллизации корунда с дополнением различными модифицирующими добавками (CaO , MgO , SrO , BaO , CaF_2). В качестве исходных сырьевых материалов для изготовления опытных образцов использовались огнеупорная глина марки «Гранитик-Веско», технический глинозём ГК-2, карбонат бария (ГОСТ 2149), карбонат стронция (ТУ 95-2326), карбонат магния (ГОСТ 6419), борная кислота (ГОСТ 18704) и фтористый кальций марки х.ч. Сырьевые компоненты подвергались совместному сухому помолу в микрошаровой мельнице до остатка на сите 0063 – 1–2 % с последующим доувлажнением массы до 7–8%.

Образцы изготавливались двухступенчатым методом при давлении прессования 20–30 МПа (образцы-цилиндры диаметром 15 мм и высотой 15–20 мм, диски диаметром 10 мм и палочки размером 5×5×55 мм). Образцы подвергались сушке в сушильном шкафу при 100 ± 50 °С в течении 30 мин. и обжигались в муфельной печи температурном интервале 1325–1375 °С с выдержкой при максимальной температуре 1 ч.

Синтезированные экспериментальные образцы белого цвета без видимых включений и дефектов обладали плотноспекшейся структурой. Результаты измерения водопоглощения при различных температурах обжига представлены на рисунке 1.

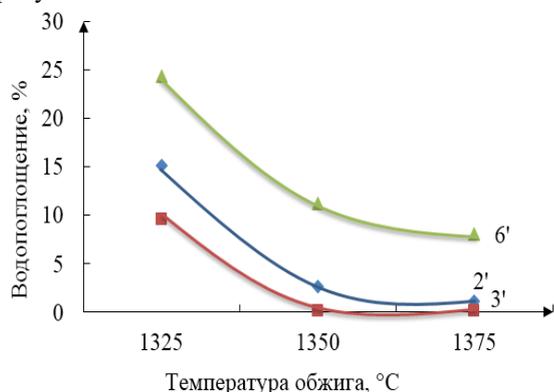


Рисунок 1 – Зависимость водопоглощения опытных образцов №2', 3', 6' от температуры обжига

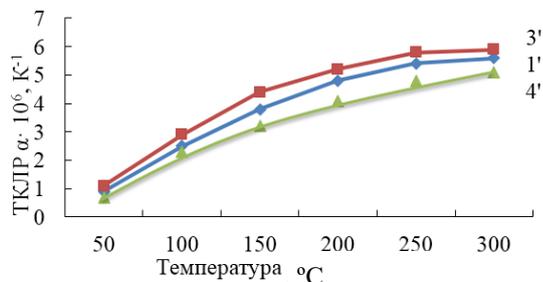


Рисунок 2 – Зависимость ТКЛР опытных образцов составов №1', 3', 4', обожженных при температуре 1325 °С, от температуры нагрева

Установлено, что с увеличением температуры обжига пористость и водопоглощение образцов закономерно снижаются в связи с повышением степени спекания.

Важнейшей характеристикой керамических материалов является температурный коэффициент линейного расширения, так как показывает, как образец изменяет свои размеры с ростом температуры. Зависимость изменения ТКЛР лабораторных образцов, синтезированных при 1325 °С, от состава и температуры нагрева представлена на рисунке 2.

Анализируя приведенную зависимость можно сделать вывод о том, что для всех опытных образцов сохраняется зависимость увеличения значений ТКЛР от температуры. С ростом температуры синтеза значения ТКЛР уменьшаются, что обусловлено увеличением количества стеклофазы, обогащенной тугоплавкими оксидами SiO_2 и Al_2O_3 .

Для высокотемпературных электроизоляторов важное значение имеет не только значение электросопротивления, но и его зависимость от температуры. С повышением температуры значительно повышается подвижность носителей заряда и электропроводимость материала. Синтезированные высокоглиноземистые материалы состоят в основном из Al_2O_3 и SiO_2 , связи Al–O и Si–O отличаются высокой степенью ковалентности, а значит и высокой прочностью. В связи с этим подвижность катионов Al^{3+} и Si^{4+} с повышением температуры увеличивается в гораздо меньшей степени, чем щелочных ионов, что обеспечивает равномерное снижение электросопротивления.

Зависимость логарифма удельного объемного сопротивления (ρ_v) опытных образцов составов №1', №2', №3', обожженных при температуре 1350 °С, от температуры нагрева приведена на рисунке 3.

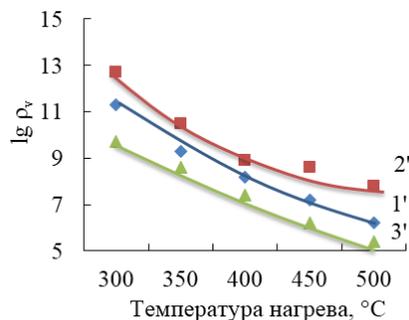


Рисунок 3 – Зависимость логарифма удельного объемного сопротивления опытных образцов от температуры нагрева

Анализируя приведенные данные, можно сделать вывод о том, что сохраняется зависимость снижения удельного объемного сопротивления с ростом температуры. В целом у всех образцов значения ρ_v примерно одинаковые и достаточно

высокие. Однако образцы составов с оксидом стронция обладают более высокими значениями электрического сопротивления, что обусловлено низкой подвижностью катионов Sr^{2+} .

Структура синтезированных образцов оценивалась с помощью оптического микроскопа при увеличении в 100 раз: сделан вывод о том, что в целом она однородна, при этом отчетливо видны кристаллы кварца и редкие включения железосодержащих фаз.

Фазовый состав образцов, синтезированных при 1375 °С, представлен корундом (Al_2O_3) и небольшим количеством муллита ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$). Судя по интенсивности дифракционных максимумов кристаллической фазы муллита содержится намного меньше, чем корундовой составляющей. Это оказывает благотворное влияние на свойства материалов, так как известно, что муллит имеет более низкую температуру плавления, чем корунд, а также несколько снижает показатели электрического сопротивления. Кристаллы корунда обеспечивают высокие показатели химической стойкости, механической прочности и удельного электрического сопротивления.

Установлено, что совместное введение модифицирующих добавок карбоната бария, борной кислоты и фторида кальция позволяет снизить температуру обжига изделий на 50 °С без ухудшения их электрофизических характеристик.

В результате исследований разработан электроизоляционный керамический материал, который характеризуется следующими показателями свойств: температура обжига – 1350 °С, водопоглощение – 0,15 %; открытая пористость – 0,37 %; кажущаяся плотность – 2429,0 кг/м³; ТКЛР при 300 °С – $5,9 \cdot 10^{-6} K^{-1}$; химическая стойкость к щелочам – 99,5 %, к кислотам – 98,8 %; удельное объемное электрическое сопротивление при 100 °С – $0,6 \cdot 10^{12} Ом \cdot м$; при 500 °С – $0,9 \cdot 10^8 Ом \cdot м$, что позволяет рекомендовать его для получения высокотемпературных электроизоляторов.

Литература

1. Химическая технология керамики: учеб. пособие / под ред. И. Я. Гузмана. – М.: Стройматериалы, 2013. – 493 с.
2. Тареев, Б. М. Физика диэлектрических материалов / Б. М. Тареев. – М.: Энергоиздат, 1982. – 320 с.

УДК 004.056

ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДНК-МЕТОК

Ковыньев Н.В.

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Все формы жизни, включая человека, содержат молекулу, которая несет генетический код это жизни – ДНК. Форма молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты – двойная спираль, каждая нить которой состоит из оснований: аденина, гуанина, цитозина и тимина [1]. Они образуются в тройки (триплеты) различной последовательности, идущие друг за другом и образующие очень длинный и сложный код – нить ДНК. При связывании двух нитей, аденин может быть связан только с тиминном, а цитозин только с гуанином. Каждая полимерная нить удерживается вместе с водородными связями.

Ученым удалось выявить различия в ДНК человека, которые обнаруживаются у людей с различными заболеваниями, различиями, связанными с личностью и умственной деятельностью. Знание этого сложного и уникального кода в настоящее время приводит к прорыву медицинской науки, поскольку препараты разрабатываются для лечения в обход ДНК-кода. Неудивительно, что данный код нашел свое применение не только в области медицины и биологии, а, например, в криптографии, идентификации и маркировке.

Технология ДНК основана на процедуре геномной стеганографии [2]. Стеганография – наука о скрытой передаче информации путем сохранения в тайне самого факта передачи. Ее использование с системой ДНК-меток для защищенной печати позволяет создать практически неподдельный маркер. Его невозможно взломать компьютером из-за биологической природы ДНК. Не проводя биохимические эксперименты, ни один суперкомпьютер не сможет понять, какая цепь из множества полимерных цепей является секретной.

Метод геномной стеганографии, или ДНК-метки, заключается в сокрытии секретного сообщения в ДНК. Иными словами: генерируется молекула ДНК, содержащая некоторое секретное сообщение, и с двух сторон окруженная праймерами ПЦР (5' – праймер в начале и 3' – праймер в конце) – ключами. Далее закодированное в ДНК сообщение маскируется в геном ДНК-коде организма огромной сложности (например, человека), либо в случайной ДНК-смеси. В итоге секретная молекула скрывается среди миллионов других похожих молекул. В этом заключается метод двойного сокрытия секретного сообщения, характерный для геномной стеганографии [3].