

облучению и может быть также использован для изготовления датчиков.

Показано, что как ультрафиолетовое излучение, так и лазерное излучение влияют на параметры спектров ЭПР-спеченных порошков ДНА, изменяя их сопротивление в СВЧ-диапазоне, что позволит использовать эти материалы для изготовления датчиков УФ-излучения в диапазоне длин волн 200–290 нм и датчиков лазерного ИК-излучения.

УДК 621

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА КОМПОЗИЦИОННОГО СТЕКЛОКЕРАМИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА Колонтаева Т.В., Шабуря М.А.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Представлены результаты синтеза и исследования стеклообразных материалов и стеклокристаллических композитов на их основе. Изучено влияние модифицирующих добавок на свойства материалов. Исследована кристаллизационная способность стекол и механические свойства. Разработана технология получения стеклокристаллического композиционного материала. Выбраны керамические наполнители для стеклокерамики и установлено влияние керамических наполнителей. С помощью комплексного метода определены свойства и структура стекловидных материалов и стеклокерамических композиций на их основе.

Ключевые слова: Стеклообразные материалы, стеклокерамика, спекание, варка стекла, кристаллизационная способность.

OPTIMISATION OF COMPOSITION OF COMPOSITE GLASS CERAMIC MATERIAL Kolontaeva T., Shabura M.

*Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. The results of synthesis and research of glass-like materials and glass-crystalline composites based on them are presented. The influence of modifying additives on the properties of materials has been studied. Crystallization capacity of glasses and mechanical properties were investigated. A technology for producing a glass crystal composite material has been developed. Ceramic fillers for glass ceramics are selected and influence of ceramic fillers is established. Properties and structure of vitreous materials and glass-ceramic compositions based on them are determined using a complex method.

Key words: glass-like materials, glass ceramics, sintering, glass cooking, crystallization ability.

*Адрес для переписки: Шабуря М.А., пр. Независимости, 65, Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: marina75800@mail.ru*

Требования микро- и наноэлектроники к современным материалам достаточно высоки. Уровень развития приборостроения в настоящее время предопределяет необходимость постоянной разработки универсальных материалов, которые проявляют надежность в работе и обеспечивают бесперебойную эксплуатацию, как отдельных компонентов, так и приборов в целом. Выбор материалов электронной техники основывается, прежде всего, на конкретной области их использования и вытекающими из этого функциональными параметрами, которыми должны обладать разрабатываемые материалы. Это относится в равной мере, как к полупроводниковым материалам, так и к применяемым в электронике проводникам и диэлектрическим материалам. Неотъемлемым требованием является снижение стоимости и дефицитности этих материалов, а также

Литература

1. Nanodiamond collective electron states and their localization / I. A Denisov [et al.] // Journal of Siberian Federal University. Mathematics & Physics. – 2014. – Vol. 7, № 1. – P. 35–45.
2. Defects localization and nature in bulk and thin film utrananocrystalline diamond / A.I. Shames [et al.] // Diam. Relat. Mater. – 2007. – Vol. 16, № 10. – P. 1806–1812.
3. Paramagnetic Properties of Nanodiamond / P.I. Belobrov [et al.] / Doklady Physics. – 2001. – Vol. 46, № 7. – P. 459–462.

обеспечение возможности переработки без ущерба для окружающей среды.

Современное материаловедение базируется на инжиниринге, который представляет собой комплекс разносторонних мероприятий, обеспечивающих максимально возможное использование новых видов материалов с целью удовлетворения потребностей техники и технологий. Инжиниринг направлен как на изучение свойств и структуры и их зависимость от различных факторов уже разработанных материалов, так и на прогнозирование новых материалов с уникальными свойствами с минимальными технологическими затратами. Инструментарием для инжиниринга являются достижения как фундаментальных знаний в области физики, химии, математики, так и практических технологических дисциплин.

Данная научная работа посвящена синтезу и изучению отдельных видов диэлектрических материалов, используемых в качестве межслойной изоляции, в виде плат или подложек микросхем. Для этих целей необходимы низкотемпературные материалы, к которым относится стеклокерамика с высокими диэлектрическими свойствами, сочетающимися с высокой механической прочностью и химической стойкостью.

Особое внимание в работе уделено изучению влияния ряда добавок на технологические и кристаллизационные свойства стекловидных материалов и стеклокерамики на их основе. Одним из путей повышения прочности стеклокерамики является введение в состав композита порошкообразных добавок минерализаторов кристаллизации, таких как оксид титана, оксид циркония и др., а также готовой тугоплавкой кристаллической фазы, что приводит к образованию прочной многофазной структуры композиционного материала. Альтернативным вариантом получения механически прочной стеклокерамики является введение минерализаторов кристаллизации непосредственно в стекловидный материал на стадии его синтеза (варки). Минерализаторы во время последующего спекания будут оказывать стимулирующее действие на кристаллизацию стекловидной прослойки, и таким образом, способствовать упрочнению композиции. Известно, что составы стеклообразных материалов являются многокомпонентными и представляют собой, чаще всего, алюмоборосиликатные стекла с добавлением оксида кальция, который стабилизирует кристаллическую фазу керамической композиции.

Проведенный критический обзор литературных источников показывает, что получить стеклокерамическую композицию, одновременно удовлетворяющую требованиям по легкоплавкости, высоким диэлектрическим показателям, химической устойчивости и механической прочности является весьма сложной задачей, т.к. стабилизация одних параметров влечет за собой некоторое ухудшение других. При разработке состава стекловидного материала ставилась цель увеличить его кристаллизационную способность на стадии спекания стеклокерамической композиции. В качестве добавок стимуляторов кристаллизации использовали оксиды олова, цинка, титана и циркония, которые вводились в шихту исходного стекла в количестве 5–7,5 %.

Результаты изучения свойств стеклокерамической композиции, изготовленной на основе этих стекол, и спеченной при температуре 900 °С показали, что оксид циркония, введенный на стадии варки стекла, оказывает неблагоприятное действие на механическую прочность материала. Образцы при этом увеличивались в объеме на 5 % и легко разрушались. Это объясняется тем, что оксид циркония в процессе варки стекла при 1250 °С переходит в тетрагональную форму, а затем при охлаждении ниже 1000 °С и спекания керамики

совершает обратный переход в моноклинную модификацию, так как область его полиморфных превращений приходится на температуру около 1000 °С. Введением добавки оксида циркония, несмотря на ее отрицательное действие в исходных стеклах планировалось повысить кристаллизационную способность стекловидной прослойки композиции в процессе ее обжига.

Изучение технологических и кристаллизационных свойств стекол показало, что эквимолекулярная замена оксида бария на оксид кальция привела к интенсификации процесса кристаллизации, протекающего в стеклах во время их повторной термообработки. Только стекла, содержащие минимальное количество оксида кальция, характеризовались высокой устойчивостью к кристаллизации; они оставались прозрачными в течение термообработки длительностью 1 час в интервале температур 300–1000 °С.

Для синтеза исходных стекол использовали сырьевые материалы марок «Ч», «ХЧ», «ЧДА». Оксид кремния вводился кварцевым песком после промывки для удаления растворимых примесей и прокаливания при температуре 800–900 °С. Остальные сырьевые материалы хранились герметично упакованными, поэтому использовались без предварительной подготовки. В связи с тем, что при варке стекла некоторые компоненты улетучиваются, была введена поправка. Материалы взвешивались после расчета шихты, перемешивались для усреднения и достижения гомогенности состава, засыпались в корундизовые тигли. Варка производилась в электрической печи при температуре 1250 °С с выдержкой 30 минут. Стекломасса вырабатывалась путем отливки на металлическую плиту для получения образцов для исследования, часть стекла для получения стеклогранулята, который далее использовался для синтеза стеклокерамического композита, выливалась в холодную воду с последующей сушкой до полного удаления влаги. Тонкий помол проводили в планетарной мельнице в присутствии диспергационной среды (этиловый спирт). Роль жидкости связана с ее раскливающим действием, понижением прочности твердых тел (эффект Ребиндера) и подавлением процессов агрегации частиц.

В качестве керамического наполнителя использовались материалы, обладающие высокой прочностью и температурой плавления (глинозем, нитрид алюминия). Уплотнение композиционных составов шихты осуществлялось путем прессования. Обжиг проводился по двухстадийной технологии. Первая стадия термообработки проводилась при температуре растекания стеклосвязки (700 °С). Спекшаяся композиция размалывалась, проводилось повторное прессование и термообработка при 900 °С. В результате получен композиционный стеклокерамический материал с улучшенными характеристиками.