

Для использования этой формулы проводник требуется разбить на отдельные участки в зависимости от ширины проводника, и впоследствии сложить емкости высчитанных участков, что повышает трудоемкость расчётов.

Ещё одним способом оценки емкости проводника являются расчеты, выполняемые в САПР, в которых проектируются печатные платы. Проблема заключается в том, что в программном продукте не раскрываются методы и формулы с помощью, которых выполняется расчёт. При этом существуют расхождения результатов расчётов по IPC –стандартам и значениями, полученными из САПР. Для определения, какие расчёты ближе к реальному значению был, проведён следующий эксперимент:

Для оценки точности этих способов определения емкости был выполнен расчёт двух отдельных микрополосковых проводников разной длины - 122 мм и 39 мм. Расчёт выполнялся вышеперечисленными способами.

После чего было выполнено измерение этих проводников на 3-х экспериментальных образцах измерителем иммитанса на частоте 1МГц при нормальных условиях. Результаты измерения сведены в таблицу 1.

Результаты измерения экспериментальных проводников

Таблица 1

Номер образца	Длина проводника	Измеренное значение емкости
1	122 мм	8,15
	39 мм	2,64
2	122 мм	8,41
	39 мм	2,75
3	122 мм	8,22
	39 мм	2,83

Результаты расчётов и средние значения измерений сведены в таблицу 2

Средние измеренные значения емкости проводников и расчётные значения

Таблица 2

Номер проводника	Суммарная длина проводника	Расчёт емкости по IPC стандарту (погрешность расчёта)	Значения емкости из САПР (погрешность)	Среднее измеренное значение емкости
1	122 мм	6,96 пФ(16%)	8,8 пФ(6%)	8,26 пФ
2	39 мм	2,1 пФ(23%)	2,4 пФ(12%)	2,74 пФ

Из всего выше приведённого можно сделать выводы:

- одним из основных методов оценки проводников на печатной плате является разделение их на электрически длинные и электрически короткие линии;
- в зависимости от типа линии выполняются соответствующие действия по изменению топологии для минимизации искажения сигнала, вносимого линией;
- при определении степени корректировки топологии особое значение имеет качественный расчёт емкости печатного проводника. Проведённое исследование показало, что наиболее приближенный к реальному значению емкости, дает результат расчёта в САПР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кечиев Л.Н. Проектирование печатных плат для цифровой быстродействующей аппаратуры. – М.: ООО «Группа ИДТ», 2007, 661с
2. Джонсон, Говард В., Грэхем, Мартин. Конструирование высокоскоростных цифровых устройств: начальный курс черной магии: Пер. с англ – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006, 624с.
3. А.Ю. Логинов, Д.Г. Придачкин, А.Л. Шустов, С.В. Андреев, Д.В. Андреев Система навигации и автоматического управления БПЛА с бортовым вычислителем на базе микропроцессора 1892ВМ8Я, 2017, 5 с. Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н. Е. Жуковского. – 2017. – №5. – С. 367-372
4. Салихов И. А., Алтунин А. А. Контроль качества монтажа микросхем с шариковыми выводами в бортовой аппаратуре ответственного применения, 2018, 2с. Труды международного симпозиума «Надежность и Качество» - 2018. - Том.2 – С.29-30.

УДК 67.02

Кошкин¹Г.А., Пак²Ч.Г., Розен³А.Е., Кикот⁴В.В., Андреев⁵В.Г.

^{1,3,4,5} Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

² Научно-исследовательский институт физических измерений, Пенза, Россия

¹gl.koshkin@yandex.ru

²v.g.pak@yandex.ru

³aerozen@bk.ru

⁴vkfax@yandex.ru

⁵ilem58@mail.ru

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА СИСТЕМЫ «ЦИРКОНАТ-ТИТАНАТ СВИНЦА—ФОСФАТНОЕ СВЯЗУЮЩЕЕ»

Аннотация. Рассмотрена возможность получения композиционного материала системы «цирконат-титанат свинца—фосфатное связующее». Показано, что затворение синтезированного пьезокерамического материала ЦТС-19 35 % водным раствором ортофосфорной кислоты позволяет получать монолитные заготовки, обладающие пьезоэлектрическими характеристиками. Установлено, что для повышения пьезомодуля d_{33} и диэлектрической проницаемости K_{33}^T материала необходимо увеличить средний размер зерна пьезоэлектрического наполнителя. Полученные результаты могут быть использованы при разработке пьезоэлектрического композита, пригодного для формирования чувствительных элементов, не требующих спекания и пригодных для нанесения пьезочувствительных покрытий.

Ключевые слова: пьезоэлектричество, композиционный материал, цирконат-титанат свинца, фосфатное связующее, ортофосфорная кислота.

Введение

Пьезоэлектрические материалы находят широкое применение в промышленности в составе датчиков-преобразующей аппаратуры [1–3].

Композиционные пьезоэлектрики на основе пьезокерамики и различных видов матриц являются предметом активных исследований и разработок [4–6]. Пьезокомпозиты различных видов связности уже выпускаются промышленно [7]. При этом актуальной является задача разработки новых видов матриц композиционных материалов, в том числе обеспечивающих высокую технологичность пьезоэлементов и пьезочувствительных покрытий.

Перспективным классом неорганических вяжущих систем, пригодных для получения композиционных материалов с диэлектрическими свойствами, являются фосфатные связующие. В общем виде фосфатные связующие являются водными суспензиями ортофосфорной кислоты, водород в которой может быть замещён на алюминий, бор, хром и др. [8]. Известно, что на основе фосфатных вяжущих возможно получение ряда электроизоляционных материалов [8], в том числе основанных на имеющих кристаллическую структуру перовскита цирконатах и титанатах различных металлов. При этом взаимодействие фосфатных вяжущих систем и пьезокерамики (в том числе на основе цирконата-титаната свинца (ЦТС)) не рассматривалось.

В настоящей работе подвергнута экспериментальной проверке гипотеза о возможности получения пьезоактивного композита на основе фосфатного связующего и пьезокерамики системы ЦТС.

Взаимодействие в системе «пьезокерамика—фосфатное связующее» рассмотрено на материале ЦТС-19 и водном растворе незамещённой ортофосфорной кислоты.

Материалы и методы

Выбор ЦТС-19 обусловлен широким применением этого пьезоматериала в датчиках и других воспринимающих устройствах и возможностью воспроизведения материала по известной рецептуре и технологическим режимам [9]. В работе использован синтезированный материал после механической активации, в ходе которой согласно существующей технологии он был обогащён 3 % масс. оксида свинца. Размер частиц материала после механической активации составил от 0,4 до 1,0 мкм (измерения выполнены на приборе Analysette 22 Micro Tec Plus (Fritsch)).

Ортофосфорная кислота (ОФК) является наиболее простым по химическому составу и наиболее активных из всех фосфатных связующих. Отсутствие дополнительных катионов металлов позволяет упростить картину взаимодействия связующего и пьезокерамики. При этом наличие в пьезокерамическом материале оксида свинца может активировать процессы затворения связующего.

В активированный порошок пьезоматериала введено связующее в массовой пропорции 4:1. В процессе смешивания установлен слабый экзотермический эффект и незначительное газовыделение, свидетельствующие о протекании химической реакции. Наиболее вероятно взаимодействие ОФК и оксида свинца. Тепло- и газовыделение прекратилось после получения однородной формовочной массы, представлявшей из себя мягкий и влажный порошок.

Формирование заготовок проведено с использованием цилиндрической пресс-формы диаметром 12,5 мм, в которую закладывали выравнивали шпателем формовочную массу. Извлечённые влажные заготовки были высушены при температуре 200 °С в течение 1 ч. Высушенные образцы были отшлифованы, взвешены и измерены для определения плотности, а на их плоские поверхности напылено серебряное покрытие.

Поляризацию образцов проводили на установке ПВС-5 (НКТБ «Пьезоприбор», г. Ростов-на-Дону) в воздушной среде при температуре 260 °С и напряжённости 3 кВ/мм в течение 10 мин (2 цикла воздействия температуры и электрического поля). Применяемое в промышленности для поляризации пьезоэлементов из ЦТС-19 поле не превышает 1,5 кВ/мм.

Поляризованные образцы подвергли искусственному старению — выдержке при температуре 80 °С в течение 10 суток, после чего было проведено измерения пьезомодуля d_{33} диэлектрической проницаемости K_{33}^T , пьезомодуля d_{33} и удельного электрического сопротивления. Измерения проведены на установках «Пьезо-П» (НКТБ «Пьезоприбор», г. Ростов-на-Дону), d_{33} PiezoMeter System (PIEZOTEST), приборе Е6-13А.

Результаты и обсуждение

Сводные данные по каждому образцу полученного материала приведены в таблице. Для сравнения в таблице также приведены характеристики пьезокерамического материала ЦТС-19, полученные на спечённых по керамической технологии образцах.

Характеристики полученных образцов пьезоматериала

Таблица

Параметр	Номер образца							Среднее значение	ЦТС-19
	1	2	3	4	5	6	7		
Плотность ρ , г/см ³	3,97	3,97	3,91	3,91	3,93	3,99	3,88	3,94	7,50
Пьезомодуль d_{33} , пКл/Н	3,05	3,58	3,48	4,00	4,99	3,9	4,23	3,89	470
Диэлектрическая проницаемость K_{33}^T	59,2	60,3	60,6	60,7	64,1	61,1	65,7	61,7	1800
Сопротивление постоянному току R , Ом·м	>106	>106	>106	>106	>106	>106	>106	>106	>1012

Таблица показывает, что полученный материал является диэлектриком и обладает пьезоэлектрическими свойствами, что подтверждает принципиальную возможность получения пьезоэлектрического композита системы «ЦТС—фосфатное связующее».

При этом плотность, а также количественные значения диэлектрических и пьезоэлектрических характеристик полученного материала значительно уступают таковым у спечённого пьезоматериала. Наиболее вероятны две причины снижения характеристик: неоптимальный гранулометрический состав материала и высокая пористость.

Малый размер зерна пьезокерамики наиболее вероятно является причиной того, что связанные заряды только незначительной доли кристаллитов могут быть зарегистрированы находящимися на поверхности образца электродами. Также известно, что при размере кристаллита менее некоей пороговой величины (критического размера) пьезокерамический материал теряет пьезоэлектрические свойства [10]. Таким образом, при продолжении работ по получению пьезоактивного композиционного материала необходимо использовать значительно более крупнозернистый порошок ЦТС.

Пористость приводит к снижению диэлектрической проницаемости из-за включения в структуру материала воздуха, а также снижению пьезочувствительности из-за уменьшения количества зёрен керамики, соприкасающихся с электродами. Высокая пористость материала является следствием большой массовой доли воды в формовочной массе. И хотя полное удаление воды из состава материала невозможно, в дальнейших работах перспективно рассмотреть возможность использования поверхностно-активных веществ в качестве пластификаторов для снижения конечной пористости материала.

Заключение

Подтверждена принципиальная возможность получения пьезоэлектрического композиционного материала системы «ЦТС—фосфатное связующее». Установлены основные пьезоэлектрические и диэлектрические характеристики материала, полученного в центре пьезопроизводства АО «НИИФИ» и на кафедре «СЛПиМ» ПГУ на основе синтезированного и механически активированного ЦТС-19 и ОФК. Выдвинуто предположение о том, что низкие характеристики материала обусловлены гранулометрическим составом наполнителя и избытком пластификатора — воды. Указаны направления дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глахтеев С. В., Плешаков А. Н., Чайковский В. М. Ультразвуковой измеритель толщины слоя диэлектрика МДП структур // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». 2018. Т. 2. С. 218—220.
2. Бардин В. А., Васильев В. А., Рудаков П. Г., Юлоськов Р. В. Контроль и управление в системах прецизионного позиционирования на основе пьезоэлектрических актюаторов // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». 2016. Т. 1. С. 308—312.
3. Бардин В. А., Васильев В. А., Чернов П. С. Современное состояние и разработки актюаторов нано- и микроперемещений // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». 2014. Т. 2. С. 123—127.
4. Борзов П. А., Тополов В. Ю., Воронцов А. А., Брыль О. Е. Пьезоэлектрический отклик и особенности микрогеометрии нового композита на основе сегнетопьезокерамики ЦТС-19 // Нано- и микросистемная техника. 2015. № 6. С. 22—29.
5. Li Z., Dong B., Zhang D. Influence of polarization on properties of 0–3 cement-based PZT composites // Cem. Concr. Compos. 2005. V. 27. No. 1. P. 27—32.
6. Jain A., Prashanth K. J., Sharma A. K., Jain A., Rashmi P. N. Dielectric and piezoelectric properties of PVDF/PZT composites: A review // Polym. Eng. Sci. 2015. V. 55. No. 7. P. 1589—1616.
7. Композитные материалы (раздел каталога АО «НИИ «Элпа»). URL: <https://www.elpapiezo.ru/composites.html> (дата обращения: 18.04.2021).
8. Судакас Л. Г. Фосфатные вяжущие системы. СПб: Квинтет. 2008. 254 с.
9. Глозман И. А. Пьезокерамические материалы в электронной технике. Москва—Ленинград: Энергия. 1965. 192 с.
10. Окадзаки К. Технология керамических диэлектриков. М.: Энергия. 1976. 336 с.

УДК 34

Исаева¹ Э. А., Косякин² Ю. В.

^{1,2} Тульский государственный университет, г. Тула, Россия

¹ isaeva_73@mail.ru

² yuri-kv1981@yandex.ru

ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЗАЩИТЫ КОНКУРЕНЦИИ НА ТОВАРНЫХ РЫНКАХ

Аннотация. Приводятся сведения о том, что защита конкуренции осуществляется посредством ее правовой регламентации большим количеством нормативно-правовых актов, которые детально регулируют вопросы реализации конкурентной политики в определенных областях правовой регламентации конкуренции и монополии. Важное значение правовой регламентации конкуренции на товарных рынках в нашей стране определяется ее направлениями: противодействие монополистической деятельности хозяйствующих субъектов, недобросовестной конкуренции, осуществление контроля за актами, которые ограничивают конкуренцию, действиями (бездействием) органов публичной администрации.

Ключевые слова: конкуренция, монополистическая деятельность, защита конкуренции, правовое регулирование, хозяйствующий субъект.

Положения Конституции РФ [1] занимают основополагающее место в иерархии российского законодательства, включая правовую регламентацию конкуренции и монополии, которые устанавливают запрет на экономическую деятельность, направленную на монополизацию и недобросовестную конкуренцию. Важными для правового регулирования конкуренции в России выступают международные акты, которые заключены от имени России по вопросам антимонопольной и (или) конкурентной политики в целом. Специальный Федеральный закон от 26 июля 2006 г. N 135-ФЗ "О защите конкуренции" [2] (далее - Закон о защите конкуренции) устанавливает основные полномочия антимонопольного органа в сфере контроля за соблюдением антимонопольного законодательства, закрепляет систему запретов для хозяйствующих субъектов и органов публичной администрации на противозаконное поведение в области конкуренции и монополии, предусматривает виды нарушений антимонопольного законодательства и основные положения по порядку их предупреждения, пресечения и применения мер ответственности [3, с.25].

В последние годы заметно вырос интерес государства и гражданского общества к формированию проконкурентного законодательства, основной задачей которого является нормативное обеспечение формирования и развития конкурентной среды (в том числе в социальной сфере, включая здравоохранение и образование), поощрительных, а не запретительных или ограничивающих норм [4, с.52]. Подтверждением данного факта несомненно стал Национальный план развития конкуренции в Российской Федерации на 2018 - 2020 годы, утвержденный Указом Президента Российской Федерации от 21 декабря 2017 г. N 618 "Об основных направлениях государственной политики по развитию конкуренции" [5]. Этим же документом активное содействие развитию конкуренции в Российской Федерации стало считаться приоритетным