

целесообразно наращивать их конструктивно-технологическую сложность. Улучшение параметров проще обеспечивать с помощью цифрового управления (на основе микропроцессорной техники), регулируемые характеристики предварительно откалиброванных цифровых аттенуаторов и фазовращателей.

Обобщая практический опыт проектирования и разработки, можно сформулировать основные направления совершенствования ППМ:

- совместное использование цифрового управления, встроенной памяти, и применение методов калибровки ППМ, с целью обеспечения высокого уровня электрических параметров;

- применение гибридно-монокристаллических интегральных схем и объёмных многослойных схем на низкотемпературной керамике;

- применение новых материалов для подложек и корпусов;

- применение новых способов изготовления межсоединений.

Список использованных источников

1. Шерстнев Д.В., Маклашов В.А., Мазуров Ю.В., Тезейкин В.К. Малогабаритный модульный комплекс РТР и РЭП индивидуальной защиты летательных аппаратов // Радиоэлектронная борьба в Вооруженных Силах Российской Федерации - 2017: тематический сборник. Часть 2, 2017. – С.172-173.

2. Чернова И.В., Тодошева А.С. Особенности реализации приемопередающего модуля АФАР // Т-Сопм: Телекоммуникации и транспорт. 2018. Том 12. №8. – С. 27-31.

3. Джурицкий К., Лисицын А. Конструктивные и технологические особенности модулей СВЧ // Современная электроника. 2008. № 1. С. 22-27.

Куликов Алексей Владимирович, аспирант. E-mail: avksam@mail.ru

УДК 620.3

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПЬЕЗОЭЛЕМЕНТОВ

В.С. Бут, С.В. Карпеев, Е.С. Карлин

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Пьезоматериалы представляют большой интерес из-за их уникальных свойств с момента открытия прямого и обратного пьезоэлектрического эффекта монокристаллов братьями Кюри в 1880 и 1881 годах. И открытие возможности поляризации керамического материала электрическим полем в 1946 году привело к широкому распространению пьезоэлектрических и пьезоэлектрических элементов. Но все характеристики, коэффициенты и пьезоэлектрические постоянные существующих стандартных пьезоэлементов, таких как диск, цилиндр и т.

д., определяются их структурой и химическим составом. Это приводит к тому, что свойства пьезоэлементов, такие как диаграмма направленности или коэффициент преобразования, остаются постоянными для всего широкого круга задач. Необходимо найти такие технические решения, в которых достигается максимальный отклик пьезоэлемента, или найти компромисс между эффективностью пьезоэлемента и сложностью всей конструкции системы.

Даже добавление примесей к кристаллографическим структурам пьезоэлектрических материалов не может привести к возможности динамической регулировки пьезоэлектрических постоянных в определенных направлениях, поскольку набор легирующих компонентов ограничен, и любые изменения в геометрии стандартных пьезоэлектрических элементов, в попытке получить желаемые характеристики, приведет к изменению электрических и акустических свойств. Одним из способов избежать потери необходимых параметров является использование метаматериалов с определенной геометрией для создания пьезоакустических и пьезоэлектрических элементов. В этом случае будет возможно выбрать материал для данной геометрии, а не наоборот [1].

При определенной структуре соединения наноэлементов (3 - 200 нм) пьезоэлектрических материалов образуются электромеханические связи, в которых пьезоэлектрические свойства улучшаются путем изменения параметров, таких как коэффициента электромеханической связи, коэффициента преобразования, пьезоэлектрический модуля и т. д. Благодаря этим улучшениям эффективность пьезоэлементов значительно повышается. Эти наноэлементы являются трехмерными (3D) структурными узлами, как показано на рисунке 1 [1].

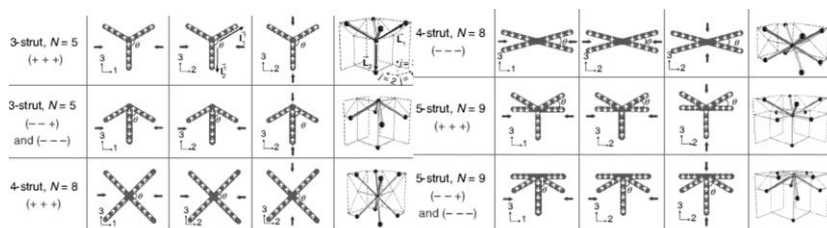


Рисунок 1 - Трехмерные структурные единицы [1]

Список использованных источников

1. Huachen Cui Chemical Three-dimensional printing of piezoelectric materials with designed anisotropy and directional response / Huachen Cui, Ryan Hensleigh, Desheng Yao, Deepam Maurya, Prashant Kumar, Min Gyu Kang, Shashank Priya and Xiaoyu (Rayne) Zheng // Nature Materials. – 2019. – Vol. 18. – P. 234 – 241.

2. Tripathi N. Analysis and optimization of photonics devices manufacturing technologies based on Carbon Nanotubes / N Tripathi, V S Pavelyev, V S But, S A Lebedev, S Kumar, P Sharma, P Mishra, M A Sovetkina, S A Fomchenkov, V V Podlipnov and V Platonov // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1368. DOI: 10.1088/1742-6596/1368/2/022034.

3. Макарьев Д. И. Возможность создания цифровых пьезоматериалов на основе смесевых композитов «пьезокерамика – полимер» / Д.И. Макарьев, А.Н. Рыбьянец, Г.М. Маяк // Письма в ЖТФ. – 2019. – Т. 41. – С. 22 – 27.

Бут Валентин Сергеевич, аспирант кафедры наноинженерии. E-mail: mister_byt@mail.ru

Карпеев Сергей Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры наноинженерии.

Карлин Егор Сергеевич, аспирант кафедры суперкомпьютеров и общей информатики

УДК 539.1.043; 539.1.08

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ФАКТОРОВ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

А. В. Родина

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», г. Самара

Ключевые слова: фотоэлектрический преобразователь, космический аппарат, факторы космического пространства.

В настоящее время наиболее эффективным и проверенным в условиях длительной эксплуатации методом получения электрической энергии из солнечной энергии является фотоэлектрический метод прямого преобразования, реализованный в полупроводниковых фотоэлектрических преобразователях (ФЭП). Из ФЭП формируется фотогенерирующая часть (ФГЧ) солнечных батарей (СБ), являющихся основным первичным источником электрической энергии для большинства отечественных и зарубежных космических аппаратов (КА). Однако опыт разработки и эксплуатации КА выявил целый ряд опасных факторов космического пространства, влияющих на изменение характеристик ФЭП. К таким факторам относятся микрометеориты и космический мусор, атомарный кислород, ультрафиолет, ионизирующее излучение космического пространства и многие другие [1].

Целью работы является контроль малых изменений мощности солнечных батарей при повреждениях поверхности. Высокая точность измерения достигается контролем мощности светового потока в установке, а также поддержанием постоянной температуры поверхности испытуемой солнечной батареи, для чего источник облучения может прерывисто