

Дальнейшая работа заключается в разработке акселерометра работающего на пьезокерамике, соответствующего следующим параметрам:

- Порог чувствительности: от  $10^{-5} g$  до  $10^{-4}$
- Диапазон рабочих температур от  $-55^{\circ} C$  до  $+70 (125)^{\circ} C$
- Погрешности: основная погрешность не более  $\pm 5\%$ ;
- Габариты: не более 26x26x26 мм

Работа выполнена в Томском политехническом университете при финансовой поддержке Минобрнауки России, ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы», Соглашение № 14.575.21.0068, уникальный идентификатор соглашения RFMEFI57514X0068.

Список литературы:

1. Ж. Аш Датчики измерительных систем. Книга 2. систем. – Изд.: Москва «Мир», 1992. – 424 с.
2. Каталог продукции фирмы «Брюль и Кьер». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.istcgroup.com/pdf/bruel%20catalog.pdf>, свободный.

### **Выбор материала для чувствительного элемента пьезоэлектрического акселерометра**

Бояхчян А.А., Шашев Д.В. \*

Научный руководитель: Гормаков А.Н., к.т.н., доцент кафедры ТПС  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

\*ОАО «Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов»  
E-mail: bojahchyan@yandex.ru

При разработке пьезоакселерометра первостепенной задачей является выбор пьезоматериала (данный материал обладает пьезоэлектрическими свойствами) для чувствительного элемента, который чаще всего представляет собой систему «инерционная масса - упругий элемент». В зависимости от конструкции пьезоакселерометра из пьезоматериала изготавливается как весь чувствительный элемент, так и отдельные его части, чаще всего упругий элемент.

При выборе пьезоматериала следует учитывать температуру среды, в которой будет работать датчик, значения пьезоэлектрических коэффициентов  $d$  и  $g$ , диэлектрической проницаемости  $\epsilon$ , модуля упругости  $E$  и плотности  $\delta$  [1].

В данной работе в качестве пьезоматериала для конструкции акселерометра рассматриваются пьезокерамика и пьезополимерная пленка. В таблице 1 отражены основные свойства данных материалов [2].

Таблица 1 – Основные свойства пьезоматериалов

Пьезоэлектрик	Плотность $\rho$ , 103 кг/м <sup>3</sup>	Скорость звука $c$ , 103 м/с	Диэлектрическая проницаемость $\epsilon$	Пьезомодуль $d$ , 10 <sup>-12</sup> Кл/Н
Титанат бария	5,3	4,6	1500	45
Группа титаната- цирконата свинца	7,45	4,4	1725	100
Пьезокерамическая пленка	1,8	1,4÷1,9	280	20

**1. Пьезокерамика.** В составе пьезокерамики нет глинистых веществ, поэтому ее нельзя отнести к обычным видам керамики. Синтезируются пьезокерамические материалы из окислов металла. К семейству керамики пьезокерамические материалы относятся, потому что для них применяют ту же технологию обжига при высокой температуре, что и для обычной керамики.

В основе большинства современных пьезокерамических материалов лежат твердые растворы такие как: титанат бария, титанат свинца, ниобат свинца и т.д.

Такие материалы обладают следующими основополагающими свойствами:

- высокие показатели диэлектрической проницаемости;
- наличие спонтанной поляризации отдельных доменов;
- наличие петли гистерезиса на зависимостях;
- рост значения диэлектрической проницаемости при росте температуры;
- наличие точки Кюри на кривой зависимости диэлектрической проницаемости от температуры.

Пьезоэлектрические акселерометры из пьезокерамики, благодаря ее свойствам, являются одними из лучших датчиков для измерений любых механических воздействий.

В зависимости от своего назначения пьезокерамические материалы делятся на следующие виды:

1) Сегнетомягкие. Применяются для изготовления очень чувствительных преобразователей;

2) Сегнетожесткие. Применяются для изготовления преобразователей, которые работают в режиме прием/излучения в условиях воздействия механических напряжений или сильных электрических полей;

3) Пьезокерамика для частотно-селективных устройств;

4) Высокотемпературная пьезокерамика. Применяется для преобразователей, которые работают при температурах не менее 250 оС;

5) Электрооптические материалы. Применяются для изготовления активных элементов светомодулирующих устройств и цифровых индикаторов.

**2. Пьезополимерная пленка.** В качестве чувствительного элемента может быть использована пьезополимерная пленка. Датчик с таким чувствительным элементом (Рисунок 1) приклеивают на объект контроля. Пьезополимерная пленка деформируется пропорционально с деформацией поверхности объекта контроля, при этом генерируя напряжение. Чтобы повысить динамический диапазон и чувствительность датчика, пьезокерамическую пленку, складывают в несколько слоев [3].

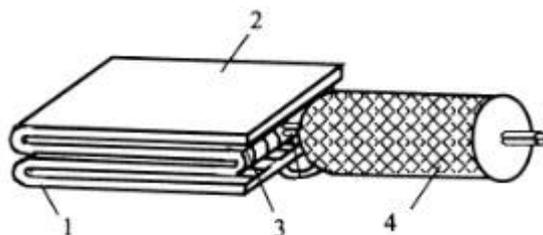


Рисунок 1 - Пьезоэлектрические акселерометры, с полимерной пленкой

1 – полимерная пленка; 2,3 - электроды; 4 - изолятор

В дальнейших исследованиях по разработке конструкции пьезоакселерометра будут использованы выше обозначенные пьезоматериалы. Конечный выбор пьезоматериала будет

осуществлен по результатам расчета основных характеристик пьезоакселерометра, а также исходя из особенностей технологии изготовления пьезоакселерометра.

Список литературы:

1. Ж. Аш Датчики измерительных систем. Книга 2. – Изд.: Москва «Мир», 1992. – 424 с.
2. Энциклопедия физики и техники. Пьезоэлектрические материалы [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.femto.com.ua/articles/part\\_2/3200.html](http://www.femto.com.ua/articles/part_2/3200.html), свободный.
3. В. Шарапов, М. Мусяенко, Е. Шарапова Пьезоэлектрические датчики. – Изд.: Москва «Техносфера», 2006. – 637 с.

## **Система электроснабжения малого космического аппарата**

Вьюнг Суан Чьен

Научный руководитель: Гормаков А.Н., к.т.н., доцент кафедры ТПС  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: chientomsk@gmail.com

Современный космический аппарат невозможно представить без надежной системы электроснабжения. На космических аппаратах различного служебного назначения существует большое число потребителей электроэнергии: система ориентации, система связи с центром управления, кино- и фотоаппаратура, другая научная аппаратура. В данной работе проводится сравнительный анализ существующих систем электроснабжения КА и выбор наиболее приемлемой для МКА системы электроснабжения.

### **1. Источники электрической энергии, применяемые в настоящее на борту КЛА Ядерные источники (Ядерный реактор)**

Известны ядерные реакторы, которые применялись на космических аппаратах: SNAP, Ромашка, Бук, Топаз, Енисей [1]. Ядерные реакторы применяют в космосе, если необходимое количество энергии невозможно получить другими способами.

Принцип работы ядерного реактора заключается в том, что в результате цепной ядерной реакции высвобождается большая тепловая энергия, которая определенным образом преобразуется в электрическую энергию.

### **Система электроснабжения КА, на основе использования солнечной энергии**

В настоящее время наибольшее применение нашли солнечные энергоустановки на базе панелей солнечных батарей, потому что с поверхности панелей солнечных батарей можно получить большие количества энергии. Для получения максимальной энергоотдачи, панели батарей должны находиться перпендикулярно к потоку солнечного света [2].

### **Аккумуляторные батареи**

В космосе наибольшее применение получили никель-водородные или литий-ионные аккумуляторные батареи, которые обеспечивают наибольшее количество циклов заряд - разряд. Основным параметром аккумуляторов является удельная энергия, определяющая их массогабаритные характеристики [2, 3].

В таблицу 1 сведены основные характеристики источников энергии, на основании сравнения которых можно сделать вывод о предпочтительном применении того или иного источника энергии для каждого конкретного случая [3, 4, 5].

Сравнительный анализ параметров позволяет сделать выбор в пользу солнечных батарей.

### **2. Система энергоснабжения на основе использования солнечной энергии**

Структура системы представлена на рис.1. В состав системы входят: панели солнечных батарей, блок стабилизации напряжения, в состав которого входит зарядное устройство,