

УДК 621.38

**СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКИ  
FERROELECTRICS**

А.Д. Ткачёва

Научный руководитель – Т.Е. Жуковская, старший преподаватель

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Н. Tkachova

Supervisor – T. Zhukovskaya, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

**Аннотация:** Что такое сегнетоэлектрики, их свойства, применение на примере датчиков, области применения.

**Annotation:** What are ferroelectrics, their properties, application using sensors as an example, areas of application.

**Ключевые слова:** Сегнетоэлектрики, спонтанная поляризация, высокая чувствительность.

**Key words.** Ferroelectrics, spontaneous polarization, high sensitivity.

**Введение**

Сегнетоэлектрики – это кристаллические диэлектрики, обладающие в определенном диапазоне температур и в отсутствие внешних электрических полей спонтанной электрической поляризацией, т.е. электрическим дипольным моментом. Спонтанная поляризация сегнетоэлектриков может существенным образом изменяться под влиянием внешних воздействий: электрических полей, давления, температуры и других внешних факторов.

**Основная часть**

Изменение структуры неполярной (параэлектрической) фазы, переводящее ее в полярную фазу, может происходить либо за счет смещения ионов, либо за счет упорядочения некоторых ионных групп, занимающих в неполярной фазе несколько неэквивалентных положений. В первом случае происходит фазовый переход типа смещения, а во втором – фазовый переход типа порядок-беспорядок. При фазовом переходе в более низкосимметричное состояние возможно возникновение нескольких физически эквивалентных состояний новой симметричной структуры, по-разному ориентированных по отношению к бывшей ранее структуре. Такие области структуры с однородной атомно-кристаллической, магнитной или электрической структурами, определенным образом повернутые или сдвинутые относительно друг друга, называются доменами. Домены ограничены границами, в которых происходит постепенный переход от структуры одного домена к структуре соседнего домена. Образование многодоменной (или полидоменной) структуры энергетически выгодно, так как в отличие от монодоменного кристалла полидоменный кристалл не создает вокруг себя электрическое поле. В зависимости от температуры, свойств окружающей среды и структурных дефектов в сегнетоэлектрике образуется устойчивая полидоменная структура с размерами доменов от сотых долей до нескольких миллиметров.

Сегнетоэлектрики отличаются от других классов диэлектриков наиболее высокими значениями пьезоэлектрических коэффициентов (сегнетова соль и сульфоиодид сурьмы (SbSI)), пирозлектрических коэффициентов (триглицин сульфат) и диэлектрической проницаемости, что позволяет использовать их в различных приборах и устройствах.

Датчик динамических деформаций на основе сегнетоэлектрических плёнок цирконата-титаната свинца.

Основным признаком сегнетоэлектрических материалов является наличие спонтанной поляризации, которая происходит в результате смещения иона Ti (или замещающего его) в объёме элементарной ячейки из центрального положения и деформации ячейки. При получении твёрдых растворов на основе таких кристаллов можно получать материал с широким диапазоном свойств. Например, при изменении соотношения компонентов твёрдого раствора BaTiO и SrTiO диэлектрическая проницаемость изменяется от 2000 до 12000, а точка Кюри от 120°C до 250°C соответственно. Из этих соображений в качестве материала для исследования был выбран цирконат-титанат свинца (ЦТС).

На основе сенсорных элементов был собран макет датчика вибрации и ускорения. Преобразование и усиление заряда в сенсоре при воздействии синусоидальной вибрации осуществляется зарядочувствительным усилителем, схема которого приведена на рис. 1.

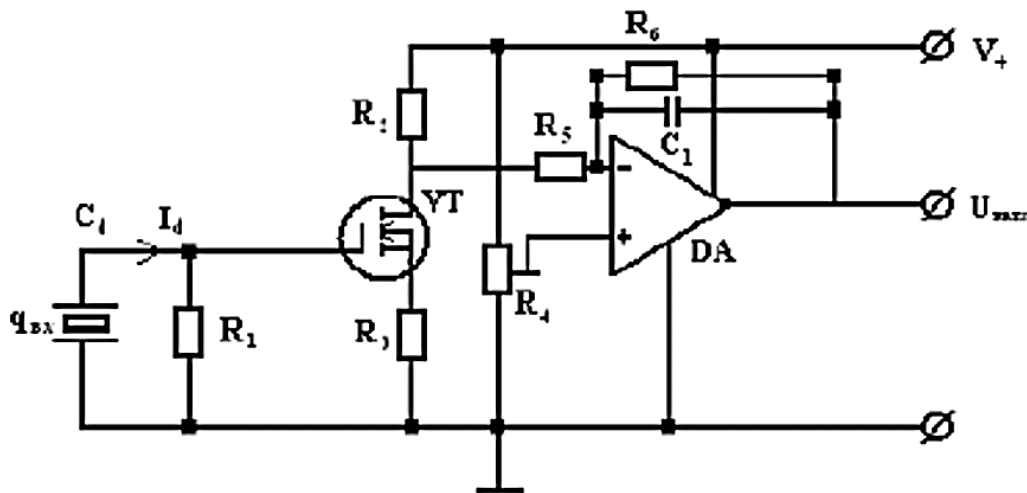


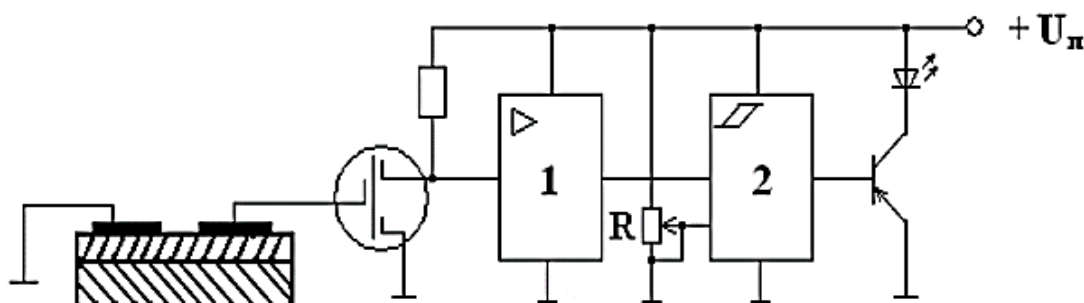
Рисунок 1 – Схема зарядочувствительного усилителя датчика вибрации

Импульсы входного тока, возникающие при изменении заряда  $q_{вх}$  в сегнетоэлектрической плёнке преобразуются в изменение напряжения на стоке полевого транзистора входного каскада усилителя. Большое входное сопротивление усилительного каскада на полевом транзисторе не шунтирует сенсор. Далее сигнал поступает на вход инвертирующего усилителя интегратора, собранного на операционном усилителе.

В результате исследования данной модели показали, что, варьируя структурными параметрами сенсорного элемента датчика динамических деформаций на основе сегнетоэлектрических плёнок ЦТС, можно оптимально подбирать диапазон чувствительности. На основе созданных сенсорных конструкций собран рабочий макет датчика вибрации и ускорения.

Разработка макетного образца датчика статического электричества на основе сегнетоэлектрических пленок ЦТС

В лаборатории методом реактивного высокочастотного распыления в кислородной атмосфере были получены образцы сегнетоэлектрических пленок цирконата-титаната свинца (ЦТС). В процессе исследования полученных образцов была выявлена высокая чувствительность данных сегнетоэлектрических пленок ЦТС к напряженности электростатического поля. В связи с этим был спроектирован и сконструирован рабочий макет датчика статического электричества на основе данных пленок. Макет датчика электростатического поля представляет собой демонстрационную модель, поэтому данный датчик оснащен светодиодом, который загорается при воздействии электростатического поля. У датчика также присутствует стандартный разъем для подключения его к измерительным приборам. Внешний вид датчика статического электричества представлен на рис.3.



1 – усилитель, 2 – компаратор, R – установка порога компаратора

Рисунок 2 – Принципиальная электрическая схема макета датчика статического электричества

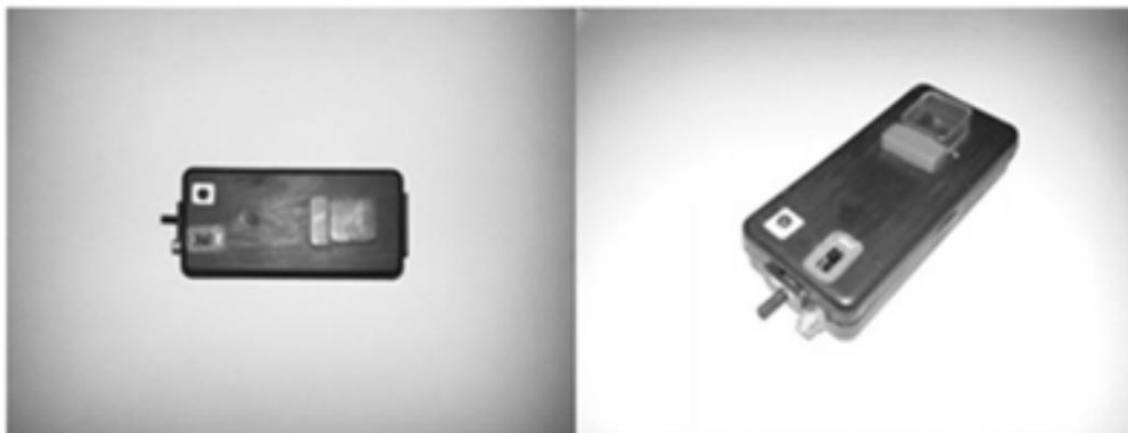


Рисунок 3 – Внешний вид датчика статического электричества

Уровень выходного сигнала с сенсорного элемента на основе сегнетоэлектрической пленки ЦТС имеет прямолинейную зависимость от уровня напряженности электростатического поля в точке воздействия, что показано на рис.3.

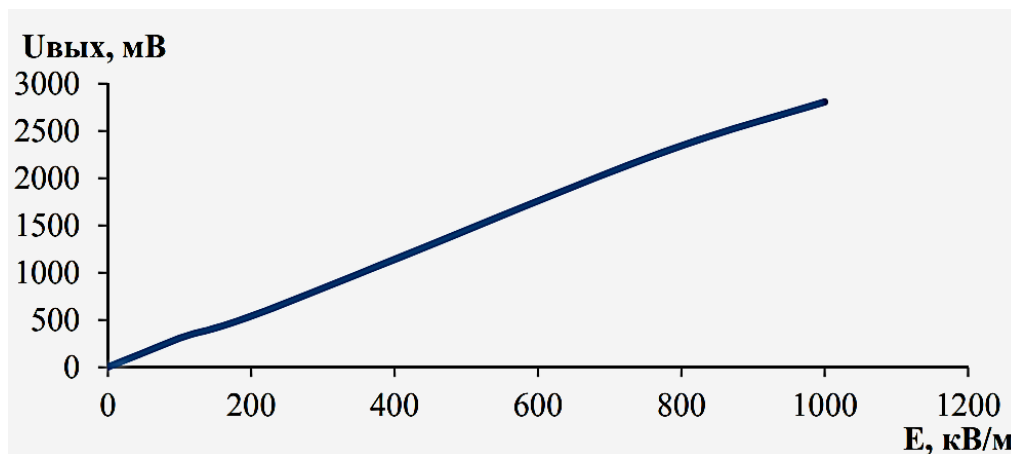


Рисунок 4 – Зависимость выходного сигнала макета датчика статического электричества от величины напряженности электростатического поля.

Таким образом, формула зависимости уровня выходного напряжения от величины электростатического поля описывается следующим выражением:

$$U_{\text{вых}} = \alpha \cdot E \quad (1)$$

где  $U_{\text{вых}}$  – выходящее напряжение сенсорного элемента;

$E$  – напряженность поля,

$\alpha$  – коэффициент (для данного макета датчика –  $2,9 \cdot 10^{-6}$ ).

Данные датчики статического электричества можно применять в таких отраслях промышленного производства как: обработка диэлектрических материалов, нефтепереработка, текстильное и бумажное производства и т.д., для которых проблемы, связанные со статическим электричеством, являются актуальными. На данных производствах, для уменьшения пожароопасности, разработанные датчики статического электричества можно интегрировать в систему пожарной безопасности предприятия, для контроля опасностей в режиме реального времени.

Применение сегнетоэлектриков в электронике.

Сегнетоэлектрики имеют широкий спектр применения в электронике благодаря своим свойствам. Вот пример некоторых из них:

**Память сегнетоэлектриков.** Сегнетоэлектрики используются в создании памяти сегнетоэлектриков, которая может хранить информацию в виде двух состояний полярности. Это позволяет создавать надежные и энергоэффективные устройства хранения данных, такие как флэш-память.

**Ультразвуковые приборы.** Сегнетоэлектрики также используются в ультразвуковых приборах, таких как ультразвуковые датчики и преобразователи. Они могут генерировать и принимать ультразвуковые волны, что делает их полезными в медицинской диагностике, промышленном контроле и других областях.

**Генераторы и датчики энергии.** Сегнетоэлектрики также могут использоваться в генераторах и датчиках энергии. Они могут преобразовывать механическую энергию, например, вибрации или давление, в электрическую энергию и наоборот. Это позволяет использовать их в устройствах, таких как самозаряжающиеся батареи и датчики вибрации.

Активные матрицы жидкокристаллических дисплеев. Сегнетоэлектрики также используются в активных матрицах жидкокристаллических дисплеев (LCD). Они обеспечивают быстрое переключение пикселей и высокую контрастность изображения, что делает их идеальными для использования в мобильных телефонах, телевизорах и других устройствах с ЖК-дисплеями.

Преимущества и ограничения использования сегнетоэлектриков

Преимущества:

- Высокая чувствительность.
- Быстрый отклик.
- Широкий диапазон рабочих температур.
- Устойчивость к агрессивным средам.

Ограничения:

- Полярность.
- Изменение свойств со временем.
- Ограниченный диапазон работы.
- Сложность производства.

### **Заключение**

Несмотря на ограничения, сегнетоэлектрики всё равно имеют широкий спектр применения и благодаря своим уникальным свойствам имеют большой потенциал в качестве материала в различных областях, таких как электроника, энергетика, медицина и т.д.

### **Литература**

1. Датчик динамических деформаций на основе сегнетоэлектрических пленок цирконата-титаната свинца [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://studme.org/236023/tehnika/odnofaznye\\_invertory\\_toka/](https://studme.org/236023/tehnika/odnofaznye_invertory_toka/). – Дата доступа: 13.06.2014
2. Применение сегнетоэлектриков: от инноваций в электронике до медицинских прорывов [Электронный ресурс]/ научные статьи. – Режим доступа: <https://nauchniestati.ru/spravka/primenenie-segnetoelektrikov/>. – Дата доступа: 20.02.2017