

ПЬЕЗОЭЛЕМЕНТЫ КАК ИСТОЧНИКИ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГИИ

Монич К.И., Рогацевич В.Р., Бернат П.А.

Научный руководитель – Маркова Л.В., д.т.н., профессор

В настоящее время все большую популярность получают альтернативные источники энергии: солнце, ветер, вода. В 2015 году 19,3 % мирового потребления энергии поступало из возобновляемых источников [1]. В качестве источника электроэнергии можно использовать пьезоэффект – явление возникновения электрического поля в кристаллическом диэлектрике при его механической деформации, который был открыт в 1880 г. братьями Кюри.

Пьезоэффект объясняется свойством элементарной ячейки структуры материала. Некоторые кристаллы (в частности, все сегнетоэлектрики), не имеющие центра симметрии, при деформации поляризуются. Это явление называется прямым пьезоэлектрическим эффектом.

Так, элементарная ячейка титаната бария при температуре выше точки Кюри, является кубической. Если температура ниже критической, то элементарная ячейка тетрагонально искажается по направлению к одной из граней. В результате изменяются и расстояния между положительно и отрицательно заряженными ионами (рис. 1).

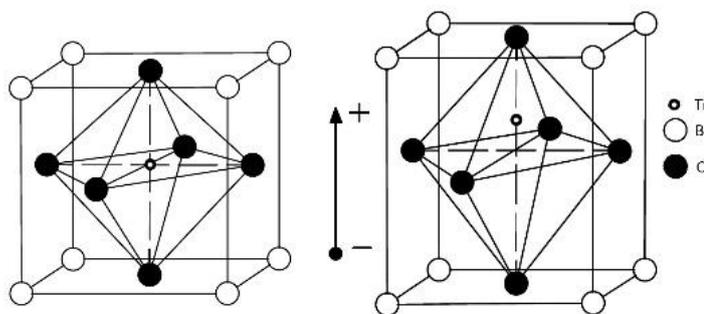


Рисунок 1. Элементарная ячейка титаната бария при температуре выше точки Кюри (слева) и при температуре ниже точки Кюри (справа)

Смещение ионов от их первоначального положения очень мало, оно составляет несколько процентов параметра элементарной ячейки. Однако такое смещение приводит к разделению «центров тяжести» зарядов внутри ячейки, так что образуется электрический дипольный момент. Диполи соседних элементарных ячеек кристалла упорядочиваются по областям в одинаковом направлении, образуя домены. Направления поляризации доменов распределяются в поликристаллической структуре по статистическому закону. При наложении сильного электрического поля на

керамику происходит ориентация доменов параллельно друг другу (рис. 2). Поляризация обычно проводится при температуре немного ниже температуры Кюри, чтобы облегчить ориентацию доменов. После охлаждения это упорядоченное состояние остается стабильным [2, 3].

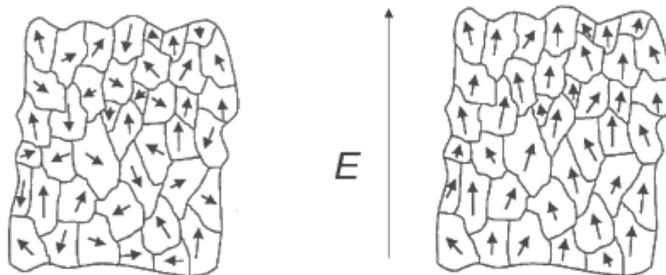


Рисунок 2. Неупорядоченная ориентация (слева) и упорядоченная ориентация доменов при наложении сильного электрического поля E (справа)

Для расчета напряжения, которое может быть получено на пьезоэлементе, используется формула:

$$U_e = g_{ij} \cdot dp,$$

где dp – приложенное давление, g_{ij} – пьезокерамический коэффициент.

Пьезокерамический коэффициент определяет чувствительность к механическому напряжению и определяется по формуле:

$$g_{ij} = \frac{d_{ij}}{\epsilon_{33}^T / \epsilon_0 \cdot 8,854 \cdot 10^{-12}},$$

где d_{ij} – пьезомодули, $\epsilon_{33}^T / \epsilon_0$ – относительная диэлектрическая проницаемость. Верхний индекс показывает граничные условия, действующие на материал в процессе определения значения относительной диэлектрической постоянной. В частности, индекс T говорит о том, что диэлектрическая постоянная измеряется на свободном (не зажатом) образце. Индекс 33 указывает на то, что сила направлена вдоль оси поляризации.

Цель работы – оценить напряжение на керамическом элементе при его деформации и возможность его использования, в частности для питания светодиода. Была собрана схема, представленная на рис. 3.

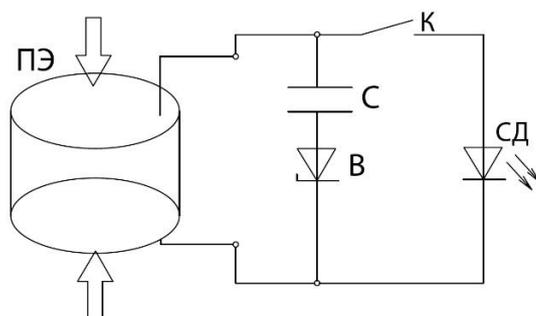


Рисунок 3. Схема пьезопреобразователя: ПЭ – пьезоэлемент, К – ключ, СД – светодиод, С – конденсатор, В – выпрямитель

При помощи механических воздействий на пьезоэлемент (ПЭ) вырабатывали электроэнергию, которая, проходя через выпрямитель (В), накапливалась на конденсаторе (С) и питала светодиод (СД). Использовались три способа получения механических колебаний: первый – простое механическое нажатие на пьезоэлемент; второй – вибрация, получаемая от металлической линейки; третий – колебания падающего потока воды. В ходе опытов измерялось напряжение, его среднее значение составило 1,5 В.

Вывод. Источник энергии на основе применения пьезоэлементов впервые был использован в 2008 году японской компанией East Japan Railway Company. Пьезоэлементы были встроены в пол под турникетами на железнодорожной станции. Когда люди наступали на них, деформация от давления и вибрации преобразовывалась в электричество [4].

Израильский стартап Innowatech предлагает устанавливать пьезоэлектрические генераторы под железной дорогой – специальные пьезоэлектрические прокладки между рельсами и шпалами и на взлётно-посадочных полосах аэродромов [5, 6].

Однако широкое применение пьезоэлектриков сдерживается высокой стоимостью материалов для их изготовления. Поэтому продолжается поиск новых методов преобразования механической энергии в электрическую. Так, Британская компания Pavegen производит тротуарную плитку, генерирующую электроэнергию благодаря шагающим по ней пешеходам. Технология функционирования преобразователя держится в секрете, но известно, что их решение отличается от традиционных пьезоэлектрических преобразователей.

Литература

4. Владимир Сидорович. Мировая энергетическая революция: Как возобновляемые источники энергии изменят наш мир. – М.: Альпина Паблицер, 2015. – 208 с.

5. И. В. Савельев. Курс общей физики, том 2. Электричество – Изд. 1970. – 78 с.

6. Й. Крауткремер, Г. Крауткремер. Справочник. Ультразвуковой контроль материалов. – Москва.: Металлургия, 1991. – 118 с.

7. Ангелина Хазан. 10 альтернативных источников энергии, о которых вы ничего не знали // Recycle, 14.10.2014. – С. 30.

8. Tessa Henderson. Energy harvesting roads in Israel // Off grid energy independence, 04.08.2009. – С. 9.

9. Dhananjay Khadilkar. Energy-Harvesting street tiles generate power from pavement pounder // Scientific American, 20.04.2013. – С. 12.