

УДК 621.3

АККУМУЛИРУЮЩИЕ ПЛИТЫ

Плехов П.Ю., Чусовитин Д.С., Яроменок А.Е.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Новаш И.В.

Мы видим свою цель в том, чтобы заставить работать ту энергию, которая обычно теряется. Ежедневно, даже работая в офисах, люди проделывают пеший путь длиной в тысячи шагов. При этом расходуется немалое количество энергии, но она кроме собственно передвижения не приносит никакой пользы. А есть ведь способы заставить работать её во благо.

Мы хотим превратить механическую энергию наших шагов, передаваемых на поверхность, по которой мы ходим, в электрическую. Давление ноги на поверхность при одном шаге создает от 5 до 7 джоулей энергии, что означает, что от каждого шага можно собирать от 5 до 7 ватт электроэнергии. В последствии эту энергию можно аккумулировать и использовать для освещения, зарядки гаджетов и прочих малопотребляющих электроприборов.

Этот принцип и механизм запатентовал 26-летний (Кембалл-Кук, 2018) на последнем году обучения в Университете Лафборо в 2009 году [1]. Через некоторое время он создал прототип данного покрытия и основал успешную на сей день компанию по разработке плит для аккумулирования энергии от механического воздействия PavegenSystems. Данная продукция находит успешное применение в школах, на танцполах, футбольных стадионах, тротуарной плитке и даже в тренажерных залах. Успех плиток уже был доказан в Школе грамматики SimonLangton в Кенте. С 2010 года затраты на освещение сократились благодаря плитам Pavegen более чем на 50 %. Однако производство находится только в Лондоне и доступно только под заказ (минимум 2×4 м). В РБ аналогов не существует. Пока что.

Перейдем к технической составляющей нашего проекта:

Умная плитка от Pavegen вырабатывает электроэнергию за счет пьезоэлементов.

Пьезоэлемент – электромеханический преобразователь, с помощью которого механическая энергия преобразуется в электрическую (прямой пьезоэффект), а электрическая в механическую (обратный пьезоэффект).

Пьезоэлектрические вещества (пьезоэлектрики), в частности пьезокерамика, имеет то свойство, что при деформации под действием внешнего механического давления на их поверхности возникают электрические заряды. Этот эффект называется прямым пьезоэлектрическим эффектом и был открыт в 1880 г. братьями Кюри.

Пьезоэлектрические вещества всегда обладают одновременно и прямым, и обратным пьезоэффектом [2]. Не обязательно, чтобы вещество было монокристаллом, эффект наблюдается и в поликристаллических веществах, предварительно поляризованных сильным электрическим полем во время кристаллизации, или при фазовом переходе в точке температуры Кюри при охлаждении для сегнетоэлектриков (керамические пьезоэлектрические материалы на основе цирконата-титаната свинца) при наложенном внешнем электрическом поле.

Полная энергия, сообщенная пьезоэлементу внешней механической силой, равна сумме энергии упругой деформации и энергии заряда ёмкости пьезоэлемента. Вследствие обратимости пьезоэффекта возникает пьезоэлектрическая реакция: возникшее вследствие прямого пьезоэффекта электрическое напряжение создаёт (в результате обратного пьезоэффекта) механические напряжения и деформации, противодействующие внешним силам. Это проявляется в увеличении жесткости пьезоэлемента. Если электрическое напряжение, возникающее вследствие пьезоэффекта, исключить, например, закоротив электроды пьезоэлемента, то обратного пьезоэлектрического действия наблюдаться не будет и произойдёт уменьшение жесткости пьезоэлемента.

Исследования пьезоэффекта показали, что он объясняется свойством элементарной ячейки структуры материала. Так как элементарная ячейка является наименьшей симметричной единицей материала, путём её многократного повторения можно получить микроскопический кристалл. Необходимой предпосылкой для появления пьезоэффекта является отсутствие центра симметрии в элементарной ячейке.

Механическое сжатие или растяжение, действующее на пьезоэлектрическую пластину параллельно направлению поляризации, приводит к деформации всех элементарных ячеек. При этом центры тяжести зарядов взаимно смещаются внутри элементарных ячеек, и в результате получается заряд на поверхности.

Связь между приложенной силой и результирующим ответом пьезоэлемента зависит от: пьезоэлектрических свойств пьезокерамики, размера и форм образца, направления электрического и механического возбуждения.

Процесс изготовления пьезокерамики разделяется на несколько этапов [3]. При осуществлении синтеза заданного сегнетоэлектрического соединения исходное сырьё (окислы или соли, например, двуокись титана и окись бария) измельчается и смешивается в количествах, соответствующих стехиометрическому составу соединения, а затем подвергается термической обработке при температурах 900–1300 °С, в процессе которой происходит химический синтез. Используется также так называемый метод осаждения из водных растворов, при котором температура синтеза благодаря идеальному перемешиванию компонентов снижается до 750–1000 °С. Из порошкообразного синтезированного материала прессованием (а также литьём под давлением) получают заготовки необходимой конфигурации и размеров для будущих пьезоэлементов, которые затем подвергаются обжигу по строго определенному температурному режиму, в большой степени определяющему свойства пьезокерамики. Механическая обработка детали после обжига обеспечивает ей точно заданную форму и размеры. На деталь наносятся электроды из серебра, никеля, платины и др., причем наибольшее распространение получил метод вжигания серебра. Для поляризации керамики к электродам подводится электрическое напряжение. С целью уменьшения напряженности поля E при поляризации образец нагревают до температур, близких к точке Кюри (т. к. при этом домены обладают большей подвижностью), а затем медленно охлаждают в присутствии поля.

Пьезоэлектрические материалы нашли применение в широком ряде областей, таких как медицинские инструменты, контроль промышленных процессов, системах производства полупроводников, бытовых электрических приборах, системах контроля связи, различных измерительных приборах и в других областях. Коммерческие системы, которые используют пьезоэлектрические материалы – помпы, швейные машины, датчики (давления, обледенения, угловых скоростей и т. д.), оптические инструменты, лазерные принтеры, моторы для автофокусировки камер и многие другие. При этом область применения данных материалов постоянно растет. Применение пьезоэлемента обычно сводится к четырем категориям: сенсоры, генераторы, силовые приводы, и преобразователи.

В генераторах, пьезоэлектрические материалы могут генерировать напряжение, которого достаточно для возникновения искры между электродами, и таким образом могут быть использованы как электроды для воспламенения топлива, для газовых плит и для сварочного оборудования. Альтернативно, электрическая энергия, генерируемая пьезоэлектрическими элементами, может накапливаться. Такие генераторы являются превосходными твердыми аккумуляторными батареями для электронных схем [4, 5].

Перейдем к коммерческой модели.

Альтернативные источники энергии представляют громадный бизнес-потенциал для бизнеса в Беларуси. Существуют десятки доходных проектов, реализованные в странах Северной Америки и Европы, но не представленные в РБ. Отчасти причина – в скромном интересе к подобным проектам со стороны государства. Кризис вынуждает предпринимателей обращать внимание на экономные бизнес-идеи, связанные с альтернативной энергетикой. Одна из таких идей – укладка на улицах, в офисных коридорах,

торговых центрах и других местах массового скопления людей специального покрытия, аккумулирующего кинетическую энергию шагов и преобразующего ее в электрическую. На наш взгляд самыми эффективными местами являются пункты входа | выхода из метро, танцпол в ночных клубах, футбольное поле, входы | выходы в корпуса БНТУ и даже тренажёрный зал.

Плитка эстетично выглядит и легко монтируется. Плиты умеют не только преобразовывать, но и накапливать энергию, что обещает сделать инновационные плитки перспективной идеей 2018–2019 года для бизнеса. Можно только догадываться, какой доход способно принести подобное покрытие в больших городах. Также невозможно не отметить экологический эффект данного типа выработки электроэнергии, так как для производства можно использовать вторичные материалы (сталь, алюминий, резина), тем самым поддерживая безотходное производство. В зависимости от использования, срок окупаемости одной плитки, по нашей оценке, может составлять всего один год. А срок эксплуатации каждой плитки, по оценкам экспертов, составляет 5 лет, или 20 миллионов шагов.

Важное уточнение! Поскольку бизнес имеет социальную окраску, его доходность зависит от интереса чиновников к подобному проекту. В плюсе будет тот, кто сумеет организовать укладку такого покрытия с одобрения и вместе с городскими властями.

Для производства аккумулирующих плит исходя из способа изготовления нам потребуется: оксид бария (диоксид титана) и оборудование для его обработки (пьезоэлемент) и сталь, алюминий, композит (нажимая пластина). Всё сырьё доступно. Однако плитки и пьезоэлементы можно закупать сразу цельными, что значительно снизит начальные инвестиции, после чего собирать отдельные части в единый цельный механизм. В итоге мы имеем: по оценкам экспертов, плитка, установленная в оживленном месте, принимает 1,2 шага в 10 секунд; каждое нажатие генерирует 5 Вт энергии; стоимость 1 кВт·ч энергии в РБ на 2018 год составляет 0,1218 рублей.

Экономия электроэнергии одной плитки в год составит 1200 \$, что уже окупит плитку и обеспечит дальнейшую выгоду в течение оставшихся 4 лет службы.

В перспективе процесс изготовления будет упрощён и удешевлен, что положительно скажется на возможностях установки плит во множестве мест вплоть до использования повсеместно и даже вывода данного типа выработки энергии на государственный уровень наряду с действующими электростанциями.

Литература

1. Лоуренс Кембалл Кук, Pavegen.com, 2018.
2. Сивухин, Д.В. Общий курс физики. Т. I. Механика / Д.В. Сивухин. – М., 1979.
3. ОСТ 11 0444-87. Материалы пьезокерамические.
4. Голямина, И.П. Ультразвук / И.П. Голямина. – М. : Советская энциклопедия, 1979.
5. Крауткремер, Й. Справочник. Ультразвуковой контроль материалов / Й. Крауткремер, Г. Крауткремер. – М. : Металлургия, 1991.