

Тезисы докладов  
международной конференции

ФИЗИКА.СПб

22–24 октября 2019 года

Санкт-Петербург

2019

быть использованы в качестве автономных источников питания, датчиков температуры, теплового потока.

Силициды металлов — перспективные термоэлектрические материалы благодаря их стабильности, механической прочности, безвредности. Силициды металлов, благодаря их совместимости с микроэлектронной технологией, представляют собой перспективный материал для разработки интегрированных термоэлектрических генераторов непосредственно на чипе беспроводного устройства.

В данной работе изучаются тонкие пленки на основе силицида хрома. Особенностью силицида хрома является то, что аморфные пленки при отжиге кристаллизуются с образованием нанокристаллической фазы с размерами кристаллических зерен 10-20 нм [1]. Кроме того, было обнаружено, что фактор мощности  $P=S^2/\rho$  ( $S$  — термоэдс,  $\rho$  — электро-сопротивление) нанокристаллических пленок превышает фактор мощности микрокристаллических соединений того же состава [1].

Однако остается открытым вопрос, возможно ли полученные результаты для тонких пленок перенести на объемные материалы и тем самым ожидать повышения эффективности за счет наноструктурирования. Главным отличием тонкопленочных материалов от объемных является наличие подложки и взаимодействие с ней, а также рассеяние носителей тепла и заряда на поверхности пленки.

В данной работе изучено влияния толщины пленки на транспортные свойства соединения  $Cr_{0.26}Si_{0.74}$ . Образцы были получены методом магнетронного напыления на холодную Si/SiO<sub>2</sub> подложку и имели толщины 11, 14, 21, 31, 56, 74 и 115 нм.

Полученные аморфные тонкие пленки подвергались термическому отжигу 300–1000 К, в ходе которого происходило in-situ измерение сопротивления и термоэдс. Измерения позволили непосредственно, в режиме реального времени, наблюдать за процессами нанокристаллизации аморфного состояния, появлением перколяционного кластера и образованием микрокристаллического состояния.

Было обнаружено, что скорость кристаллизации, величина термоэдс и удельного сопротивления возрастает с уменьшением толщины пленок, а температура образования перколяционного кластера уменьшается для пленок меньшей толщины.

#### Список литературы

1. Novikov S.V., Burkov A.T., Schumann J., Enhancement of thermoelectric properties in nanocrystalline M–Si thin film composites (M = Cr, Mn), Journal of Alloys and Compounds, 557, 239–243, 2013;

## **Увеличения плотности энергии аккумуляторов для электропривода легких транспортных средств с использованием сегнетоэлектриков**

*Зубцов В. И.<sup>1</sup>, Деругин В. В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ПГУ, Белоруссия

Эл. почта: subcv@rambler.ru

По расчетам экспертов при нынешних объемах добычи мировых запасов полезных ископаемых угля хватит на 400-500 лет, а нефти и газа — лишь на столетие, в связи с чем

одним из решений существующих серьезных экологических проблем является производство транспортных средств с электроприводом. Электропривод с традиционной технологией состоит из источника питания (одного или нескольких аккумуляторов), контроллера для управления электродвигателем, самого электродвигателя и механизма (в некоторых случаях отсутствует) передачи движения рабочему органу. Аккумуляторы имеют малую энергоемкость, и, следовательно, могут обеспечить малый пробег электротранспорта на одной зарядке, а также большой вес и размеры, из-за чего их трудно разместить.

В связи с выше изложенным, предлагается экологически чистая установка альтернативной инновационной технологии с использованием электрохимического генератора (ЭХГ) на основе сегнетоэлектриков [1]. Такая энергоустановка повышает удельную энергию (плотность энергии) аккумулятора в 3,5 ... 5 раз, в зависимости от модификации керамики и электрической схемы включения. Установка (взаимодействующие электромеханический преобразователь, устройство получения механической энергии и ЭХГ) увеличивает плотность энергии аккумулятора в два этапа: на первом происходит увеличение поляризованности ЭХГ, на втором — увеличение электрической мощности на выходе установки.

Кратко, принцип работы ЭХГ, основного узла установки для увеличения плотности энергии аккумуляторов, состоит в освобождении «замороженной» энергии химической реакции окислителя и вещества сегнетопьезокерамики, представляющей собой многокомпонентную систему твердого раствора. Эта энергия образуется в основном за счет действия механической энергии, сегнетоэлектрического перехода второго рода, а также миграционной и дипольной поляризации [1-3]. Конструктивно ЭХГ представляет собой определенных размеров и формы сегнетопьезокерамический элемент с металлическими контактами и прикрепленными к ним токовыводами для включения в электрическую схему. С учетом использования механической энергии КПД установки равен 50...55%. Используемая механическая энергия производится устройством простой конструкции [1]. Потребление от аккумулятора предлагаемой установкой 1 Дж энергии дает возможность с использованием механической энергии получить на выходе установки 3,5...5 Дж электрической энергии. То есть использование установки позволяет уменьшить потребление энергии аккумулятора в 3,5... 5 раза и тем самым увеличить пробег электротранспорта на одной зарядке аккумулятора также в 3,5... 5 раза.

Предлагаемая альтернативная инновационная технология для увеличения плотности энергии аккумуляторов по сравнению с солнечной и ветроэнергетики имеет преимущество: не зависит от климатических условий и времени суток и обладает большим КПД.

Кроме того, для использования ветрогенераторов необходимо изучение различных показателей ветра, определяемых по результатам многолетних наблюдений:

- среднегодовые и среднемесячные скорости ветра;
- повторяемость скорости и направление ветра в течение года, месяца, суток;
- порывистости, затишья и максимальные значения скорости ветра;
- изменения его с высотой и другие.

Для использования энергии солнца также необходимо изучение многих факторов.

#### Список литературы

1. Зубцов В.И., Зубцова Е.В. Увеличение удельной мощности и удельной энергии устройства на основе сегнетопьезоактивной керамики для электропривода //Матер. междуна. конф. по физике и астрономии./ФТИ им. А.Ф. Иоффе.- С-Петербург, 2013 — с.243-244;

2. Zubtsov V.I. Control of the physical properties of materials using piezoelectrics. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013 — 262 p.;
3. Окадзаки К. Пособие по электротехническим материалам. М. — Машиностроение, 1979. — 432 с.;

## Трибоэлектрическая генерация в InP

Шаров В. А.<sup>1</sup>, Алексеев П. А.<sup>1</sup>, Резник Р. Р.<sup>2</sup>, Цырлин Г. Э.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФТИ

<sup>2</sup>СПБАУ РАН

Эл. почта: vl\_sharov@mail.ru

В последние годы широкое развитие получила концепция трибоэлектрического наногенератора (ТЭНГ), предложенная в [1]. Данное устройство преобразует механическую энергию трения в электричество, его принцип действия основан на явлениях контактной электрификации и электростатической индукции. Повышение выходной мощности и надежности ТЭНГ может решить проблему питания портативной и носимой электроники. Классические ТЭНГ основаны на полимерах (ПВХ, ПЭТФ, ПТФЭ), однако генерируемый ими ток лимитируется высоким импедансом и не превышает 10 мА/м<sup>2</sup>. В этой связи интерес представляет исследование трибоэлектрических явлений в полупроводниках. В недавней работе [2] была обнаружена трибогенерация в структуре Si/SiO<sub>2</sub>/Металл с плотностью тока 10 А/м<sup>2</sup>.

В настоящей работе с помощью проводящей атомно-силовой микроскопии (АСМ) были исследованы трибоэлектрические процессы в слое фосфида индия толщиной 200 нм, выращенном на кремниевой подложке. Было зарегистрировано протекание электрического тока через металлический АСМ-зонд при его трении о поверхность образца. Амплитуда токовых импульсов превысила 500 пА, что соответствует плотности тока порядка 3·10<sup>3</sup> А/м<sup>2</sup>. Было определено значение напряжения холостого хода, которое составило 15 мВ. Таким образом выходная мощность составила 50 Вт/м<sup>2</sup>. Для объяснения результатов была использована феноменологическая теория, предложенная в [3]. Наблюдаемый ток связан с перераспределением зарядов на границах естественного оксида фосфида индия. Полярность тока свидетельствует о том, что избыточный отрицательный заряд возникает на интерфейсе оксид/зонд. Некоторые захваченные электроны могут туннелировать в полупроводник, обуславливая электрический ток.

Исследование трибоэлектрических процессов в фотовольтаических полупроводниковых материалах позволит увеличить выходную мощность ТЭНГ а также приведет к созданию гибридных трибоэлектрических/фотовольтаических генераторов.

### Список литературы

1. Zhu G. et al., Toward large-scale energy harvesting by a nanoparticle-enhanced triboelectric nanogenerator, Nano letters, 13.2, 847-853, 2013;
2. Liu J. et al., Sustained electron tunneling at unbiased metal-insulator-semiconductor triboelectric contacts, Nano Energy 48, 320-326, 2018;
3. Liu J, et al., Interfacial friction-induced electronic excitation mechanism for tribo-tunneling current generation, arXiv preprint arXiv:1809.07739, 2018;