

УДК 620.9. 621.311.21.

**ТЕРМОФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ТЕПЛОЙ
ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ****ТАЛЫШИНСКИЙ Р.И., ГАСАНОВА Л.Г., ГУЛИЗАДЕ Р.Р.***Азербайджанский научно-исследовательский институт Энергетики
и Энергетического проектирования*

Статья посвящена фотоэлектропреобразованию тепловой энергии в электрическую. Показаны преимущества такого преобразования. Описано состояние термофотоэлектропреобразования в мировой практике, а также перспективы его развития.

Преобразование теплового излучения в электроэнергию с помощью элементов, чувствительных в ближней инфракрасной области спектра, называется термофотоэлектрическим. Эта менее известная технология под названием термофотоэлектричество предпочтительна потому, что ее генераторы могут работать и ночью, и в пасмурные дни. Кроме того, коэффициент полезного действия нового метода может быть заметно выше, чем у традиционных теплогенераторов, работающих на природном газе или ином топливе. Причем термофотоэлектричество не засоряет окружающую среду, работает абсолютно тихо и не требует особенного ухода – все это важные преимущества.

При работе термофотоэлементов прежде всего необходим радиатор. Это устройство должно преобразовывать тепло в инфракрасное излучение нужной длины волны, поскольку применяемые полупроводники могут вырабатывать электричество только при облучении определенными длинами волн. Фотоэлектричество позволяет вырабатывать электроэнергию из тепла, производимого любым горящим топливом. В качестве тепла также может использоваться промышленное тепло при различных производствах, при которых создаются температуры до тысячи градусов Цельсия. Радиатор обычно делают из окислов редкоземельных элементов – таких, как иттербий, эрбий и гольмий.

Первое поколение термофотоэлектрических устройств использовало радиаторы с испусканием узкого интервала длин волн. Но для того, чтобы они работали эффективно, приходилось разогревать их до двух тысяч градусов. Такая температура вредна для материала. Кроме того, горение при таких высоких температурах идет с выделением очень вредных окислов азота.

Новые устройства сильно продвинулись в своем развитии, когда появились радиаторы с широким спектром. Они с успехом работают при тысяче градусов. Полупроводники для этих радиаторов располагаются в третьей, четвертой и пятой колонках периодической системы, поэтому их называют «материалы III–V». Среди них – антимонид галлия, арсенид индия и другие.

В ТФЭП на основе гетероструктурных соединений, как например GaSb, с малой шириной запрещенной зоны ($E=0,6-0,75$ эВ) возможно получение удельной мощности более 3 Вт/см^2 . Запрещенная зона – это зона, где не образуется электрический ток при термофотоэффекте, когда энергия электронов оказывается меньше величины запрещенной зоны. Электрон – Вольт (эВ) – это количество энергии, которую приобретает свободный электрон, ускоренный электрическим полем с разностью потенциалов в 1 Вольт.

$$1 \text{ эВ} = 4,45 \cdot 10^{-23} \text{ Вт} \cdot \text{ч}$$

Фотоэлектрические преобразователи на основе данных материалов обеспечивают эффективность термофотоэлектрического преобразования, превышающую 20 % при температурах излучателя 1300 – 1500 °С.

На рисунке показана зависимость снимаемой с ФЭП электрической энергии от температуры излучателя. Как видно из рисунка, плотность электрической энергии, снимаемой с ФЭП, увеличивается с увеличением температуры излучателя. При этом в диапазоне температур 1300-1700 °С мощность GaSb – ФЭП превышает в 4 – 6 раз мощность кремниевых ФЭП.

Максимальная расчетная эффективность фотоэлектрического преобразования составляет около 40% для теплового излучения, поглощенного в полупроводнике при $T=1300-1500^{\circ}\text{C}$. КПД системы в целом будет ниже вследствие потерь ИК-излучения, не поглощаемого в полупроводнике, потерь при генерации теплового излучения и других тепловых потерь.

Расчетные значения эффективности термофотоэлектрического преобразования в ТФЭП на основе известных ФЭП достигают 20% при рабочей температуре излучателя 1300-1500°С. Дальнейшее совершенствование ФЭП (каскадные гетероструктуры, ФЭП с тыльным зеркалом) и излучателей (многослойные эмиттеры, новые типы фильтров) позволят увеличить эффективность термофотоэлектрического преобразования до более чем 30%. При этом КПД системы в целом может превысить 20%. В качестве источников тепла в ТФЭП могут быть использованы природный газ, пропан, бензин, водород и др.

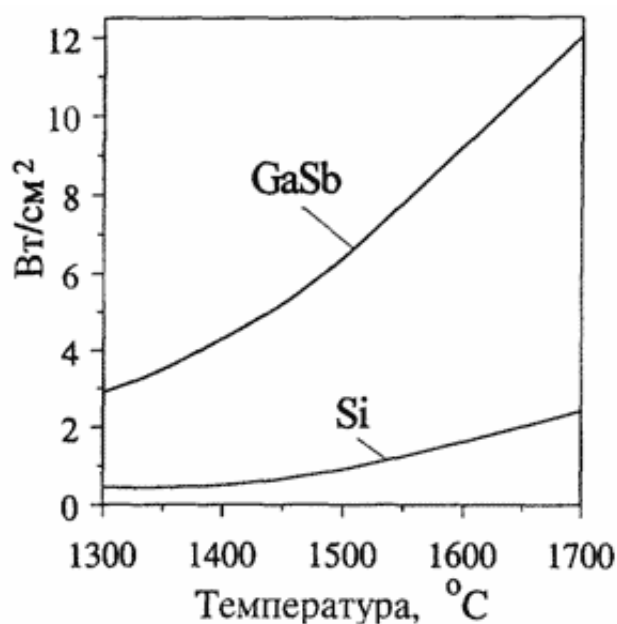


Рис. Зависимость предельной расчетной электрической мощности, снимаемой с фотопреобразователя, от температуры излучателя для ФЭП, выполненных на основе GaSb-гетероструктуры и кремния.

Термофотоэлектрические генераторы имеют ряд преимуществ перед другими типами автономных источников электроэнергии.

По сравнению с электромеханическими генераторами на основе двигателей внутреннего сгорания:

- большой срок службы вследствие отсутствия быстро изнашиваемых движущихся частей;
- уменьшение загрязнения окружающей среды вследствие более полного непрерывного процесса сжигания топлива;

- малый вес и высокая удельная энергоёмкость;
- бесшумность и надежность работы, благодаря отсутствию движущихся частей;
- возможность работы практически со всеми видами топлива;
- возможность создания комбинированных систем электропитания и отопления помещений.

По сравнению с солнечными батареями:

- возможность круглосуточной работы ТФЭГ (при наличии топлива), в то время, как наземные солнечные батареи работают только 40% времени;
- большой удельный энергоём с поверхности фотопреобразователя в ТФЭГ – более $2 \text{ Вт/см}^2 = 18 \text{ кВт}\cdot\text{час/см}^2$ в год, что в 100-150 раз превышает средний удельный энергоём с поверхности космических СБ и в 300-400 раз больше удельного энергоёма наземных СБ.

По сравнению с термоэлектрическими генераторами:

- более высокий КПД ТФЭГ, который может составить более 20 %.

Термофотоэлектричество собирается выходить на коммерческую арену. Компания «Pacific Northwest» осуществляет выпуск генераторов для рыболовных судов. Разрабатываются элементы питания для военных подразделений. В дальней перспективе – использование огромных ресурсов бесполезно теряемого тепла от производственных процессов.

Благодаря созданию высокоэффективных ФЭП и согласованных с ними по спектру излучателей, ТФЭГ найдут широкое применение в качестве автономных источников электроэнергии. Удельная стоимость электроэнергии, получаемой с помощью ТФЭГ, может составить 2-3 USD за 1 Вт установленной мощности, что приблизительно в 2 раза ниже удельной стоимости СБ. При этом количество электроэнергии, вырабатываемой с помощью ТФЭГ эквивалентной мощности, приблизительно в 3 раза больше, вследствие их непрерывной работы. Необходимо отметить, что удельное количество электроэнергии, вырабатываемой с единицы площади фотопреобразователей, в ТФЭГ в 200 – 300 раз больше, чем в солнечных батареях.

Значительный экономический эффект, вследствие более высокого КПД и срока службы, обеспечит также использование ТФЭГ вместо электромеханических (на основе двигателей внутреннего сгорания) и термоэлектрических генераторов. Не менее важным обстоятельством является экологическая чистота процесса сжигания топлива в ТФЭГ, что обеспечит также значительный экономический эффект от замены дизельных электрогенераторов на ТФЭГ. Это делает перспективным применение ТФЭГ для автономного обеспечения электроэнергией мощностью до 10 кВт сельских домов, геологических партий, маяков, ретрансляторных и радиолокационных станций и других объектов, недостаточно обеспеченных централизованным электроснабжением.

С 1994 года все заинтересованные в новой технологии лица стали собираться на международные конференции, чтобы обсудить проблемы и достижения. Их состоялось уже три. Активное участие в их организации и проведении принимают американский департамент энергии, министерство обороны и военные исследовательские организации. Лучшее достижение последних лет – выработка 3–4 ватт мощности на квадратный сантиметр.

Вполне возможно, что новые устройства найдут широкое применение в будущем. Они могут с пользой переработать избыточное, не используемое тепло многих промышленных процессов – производства стекла, алюминия, стали. Это резко снизит стоимость вырабатываемой электроэнергии. Сегодняшнее финансирование разработок находится на уровне 20–40 миллионов долларов в год. Маркетинговые исследования показывают, что к 2005 году рынок термоэлектронных устройств может достичь 500

миллионов. Они должны будут заменить дизельные генераторы мощностью менее двух киловатт.

1. М.Мейтин. Фотовольтаика: материалы, технологии, перспективы. Электроника. №6, 2000 г.
2. Александр Семенов. Электричество из тепла. По материалам журнала "Scientific American ". №11, 2000 г.

**İSTİLİK ENERJİSİNİN ELEKTRİK ENERJİSİNƏ
TERMOFOTOELEKTRİK ÇEVİRİLMƏSİ**

TALIŞİNSKİ R.İ., HƏSƏNOVA L.H., QULUZADƏ R.R.

Məqalə istilik enerjisinin elektrik enerjisinə termofotoelektrik çevrilməsinə həsr olunmuşdur. Belə çevrilmənin üstünlükləri göstərilmişdir. Dünya təcrübəsində termofotoelektrik çevrilməsinin vəziyyəti analiz olunmuşdur və onun inkişaf perspektivlərinə baxılmışdır.

**THERMOPHOTOELECTRICAL TRANSFORMATION OF
A THERMAL ENERGY IN ELECTRICAL**

TALISHINSKIY R.I., GASANOVA L.G., GULIZADE R.R.

Clause is devoted thermophotovoltaic converter of a thermal energy in electrical. The advantages of such transformation are shown. The condition thermophotovoltaic converter in world practice, and also prospect of its development is described.