

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ
МОЛОДЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ
программы
«ШАГ В БУДУЩЕЕ»



ТОМ 26

«ПРОФЕССИОНАЛ»

2023

СОДЕРЖАНИЕ

ИНЖЕНЕРНЫЕ НАУКИ В ТЕХНОСФЕРЕ НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО

Лисов Ю.Ю. (<i>г. Липецк</i>)	6
Универсальность катушки индуктивности как датчика преобразования физических величин в электрические	
Маргиев Г.Р. (<i>г. Липецк</i>)	8
Многоточечный дистанционный контроль целостности металлических конструкций в грузоподъемных машинах	
Найперт Р.А. (<i>Челябинская область, г. Златоуст</i>)	12
Проектирование устройства на базе платы ISKRA JS	
Паленов В.В. (<i>Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, пгт. Высокий</i>)	17
Модель умной ручки «SMARTPEN» на платформе «ARDUINO NANO»	
Зайцева А.М. (<i>Московская область, г. Ногинск</i>)	19
Многофункциональный мобильный дрон	
Кухаренко А.В. (<i>Красноярский край, г. Железногорск</i>)	22
Экспериментальная модель планетохода	
Болбот Н.А. (<i>Новосибирская область, г. Татарск</i>)	23
Робот – подъемный кран	
Сирота Д.В. (<i>г. Белгород</i>)	26
Проверка фотокаталитических свойств детонационных покрытий Ti-TiO ₂	
Баженова А.А., Баженова С.А. (<i>Свердловская область, г. Екатеринбург</i>)	28
Комплексное решение проблемы распространения Борщевика Сосновского с использованием беспилотных летательных аппаратов	
Бадмаева Г.Т., Долгополов А.И. (<i>Забайкальский край, г. Чита</i>)	30
Прототип системы выращивания растений с помощью аэропоники	
Синицина С.А. (<i>г. Москва</i>)	32
Беспроводной блок питания на основе перовскитной солнечной батареи	
Запорожских А.И. (<i>Иркутская область, г. Братск</i>)	34
Радиоизотопный термоэлектрический генератор нового поколения	
Васильев Н.М. (<i>Республика Саха (Якутия), г. Якутск</i>)	36
Создание солнечной панели с учетом условий арктической зимы	
Яроцкий Ф.Д. (<i>Краснодарский край, г. Армавир</i>)	38
Исследование электродвижущей силы градиента солёности воды (метод Дориано Броджоли)	
Арзуманов Г.Р. (<i>Краснодарский край, г. Ейск</i>)	43
Использование нейротехнологий для геймификации в процессе реабилитации	
Жарикова В.А. (<i>Алтайский край, г. Бийск</i>)	49
Определение влияния химического и плазменного травления на структуру поверхности меди методом сканирующей зондовой микроскопии	
Назаров М.А. (<i>Костромская область, дер. Нажерово</i>)	52
Исследование влияния совмещенных модификаторов на показатели фанеры ФСФ, изготовленной при пониженной температуре прессования	

УДК 681.528.2

РАДИОИЗОТОПНЫЙ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Запорожских Андрей Игоревич

Иркутская область, г. Братск, МБОУ «Лицей № 2», 10 класс

Научный руководитель: *Конев Вера Юрьевна, г. Братск, МБОУ «Лицей № 2», учитель русского языка и литературы*

Цель работы: Создание инженерной идеи радиоизотопного термоэлектрического генератора (в дальнейшем по тексту РИТЭГ) с коэффициентом полезного действия (в дальнейшем по тексту КПД) 20-30%. Современные РИТЭГ имеют очень маленький КПД – 6%, что является довольно низким значением. Именно эта проблема и решалась в данной работе. Одна из последних разработок NASA, основанная на эффекте Зеебека, изображена на рисунке 1.

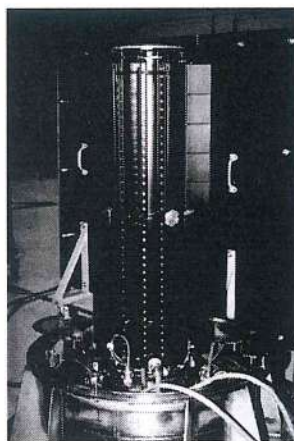


Рис. 1. РИТЭГ NASA

Какие же были выявлены способы увеличения коэффициента полезного действия?

1) Понизить удельное сопротивление полупроводника в температурной точке открытия, что даст больший I на выходе при том же V по закону Ома.

2) Повысить коэффициент Зеебека, что, исходя из сокращенной формулы (1)

$$V = a(t_1 - t_2) \quad (1)$$

повысит наш вольтаж, следовательно, и мощность [1, С. 490-494].

3) Понизить теплопередачу между горячими и холодными частями термопары, это напрямую повысит КПД, так как, чем меньше теплопередача, тем больше тепла преобразуется в электроэнергию.

4) Повысить зоны перекрытия полупроводников, это даст большую ΔT для формулы (2):

$$V = \int_{T_a}^{T_b} a_2 dT \quad (2)$$

Первый пункт решается доведением полупроводника до активированного вида при условии придания необходимой энергии-температуры.

Второй пункт решается подбором материалов, среди них явными претендентами на использование в качестве полупроводника за их исключительные свойства являются кремний, селен и германий с легирующими добавками. Также рассматривалось применение арсенида галлия, но его эффективная плотность состояния в зоне проводимости мала в сравнении с вышеназванными материалами, что означает следующее: при "открытии" все нужные свойства полупроводника будут ничтожно малы.

Третий пункт был одним из самых сложных для решения, так как электропроводность материала напрямую пропорциональна его теплопередаче. Единственным решением данной проблемы стало создание прослойки из вакуума толщиной 0.05-0,1 мм, при этом его холодная граница покрыта слоем отражающими излучения, так мы получаем практически нулевой переход тепла от горячей части термопары к холодной, исключая даже тепловое излучение. Теперь все зависит только от отра-

жающего слоя, им может стать зеркальный тонкий слой – фольга из алюминия, вольфрама или меди – они обладают коэффициентом черноты менее 0,03.

Четвертый пункт по улучшению качества полупроводника связан с применением легирующих добавок, одним из кандидатов в которые стал вольфрам за свою невероятную температуру плавления – 3421°C.

Исходя из всего вышесказанного, был разработан новый термоэлектрический элемент, имеющий большой коэффициент полезного действия.

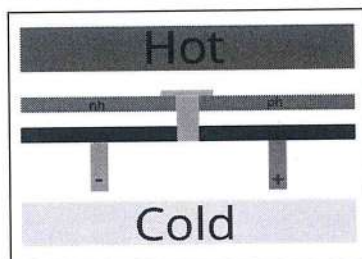


Рис.2 Конструкция нового элемента Пельтье

Материалом для корпуса энергоэлемента послужит аэрогель, так как он имеет очень низкую теплопроводность[2]. Верхний «тёплый» р и n полупроводники будут иметь легирующее вещество – вольфрам, а нижние будут без его добавления, так как он лишь понизит коэффициент Зеебека. Стоит отметить, что существует возможность непрохождения тока от ps к nh, но для подтверждения этого необходимо создать экспериментальную установку.

Таким образом, по предварительным подсчетам полупроводниковыми сплавами, стойкими к температурам, используемыми при создании генератора, могут стать:

N- Si (92,9%) + Su (0,1%) + W(8%) (Рабочая температура $\pm 1100^\circ\text{C}$)

P-W (23%) + Se (77%) (Рабочая температура $\pm 600^\circ\text{C}$ без добавления ингибиторов ковалентной связи диселенид вольфрама, при добавлении $\pm 1100^\circ\text{C}$)

(Проценты отражают моли)

Холодными: P-Se N-Si+Su

Их использование, по подсчетам, позволит получить 0.4 или более вольт на 1 термопару при температуре 1400K (холодная 400K), расчёты были сделаны с использованием формулы (2) и информации из литературного источника [3]. При этом стоит учитывать повышение коэффициента Зеебека у Se при попадании на него фотонов – теплового излучения, которое создастся при температуре от 900K. Так КПД на термопару составит >92% в лабораторных условиях по формуле(3):

$$\text{КПД} = \frac{\left(\int_{T_1}^{T_2} a_{12}(T) dT \right)^2 \cdot K}{\left(e_{\text{пр}} \cdot C_0 \cdot S \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] + \left(\int_{T_1}^{T_2} a_{12}(T) dT \right)^2 \cdot K/R + \frac{\lambda}{L} (T_2 - T_1) \cdot S_1 R \right)} \cdot 100\% = 92,7\% \quad (3)$$

При $K=1$ (Коэффициент достатка выходящих электронов из полупроводников для работы системы) и $R=1$ (сопротивление, предполагаемое сопротивление порядка 0,3Ом, но пока не были проведены точные расчёты, при сопротивлении 0,3Ом КПД >97%) $L=0.0005\text{м}$, $S_1=0.25\text{мм}^2$ (площадь крепления с помощью аэрогеля), $S=1\text{мм}^2$ (площадь поверхности полупроводника), $e_{\text{пр}} = 0,028$ (чернота отражающего слоя), $T_2 = 1400\text{K}$, $T_1 = 400\text{K}$, $\int_{T_1}^{T_2} a_{12}(T) dT = 400\text{мкВ}$, $\lambda = 0.013\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{K})$, $C_0 = 5.67\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K}^4)$. Но при этом не стоит забывать о других факторах, влияющих на КПД системы так предполагаемый КПД в реальных условиях составить порядка 20-30%, что в 3-5раза больше современных аналогов.

Список литературы:

1. Сивухин С.Д. Общий курс физики. М.: Наука, 1977. Т. 3. Электричество. С. 490-494.
2. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. М.: Энергия, 1977. 344 с.
3. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. М.: Атомиздат, 1979. 416 с.