

ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПЕЛЬТ'Є В ТЕРМОРЕГУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЯХ АПАРАТІВ ШТУЧНОГО КРОВООБІГУ

М.Б.Закацюра, А.М.Ковальова, С.О. Струніна, К.І.Чернецький

ММІФ НТУУ «КПІ»

В цій статті описане термоелектричне охолодження і нагрівання основане на використанні ефекту Пельт'є (елементи Пельт'є). Його принцип полягає в тому, що при проходженні електричного струму через ланцюг, що складений з різних провідників, в місцях контактів виділяється або поглинається деяка кількість тепла. За наведеними розрахунками ефективність елементів Пельт'є пропорційна площі контакту.

Ключові слова: Ефект Пельт'є, елемент Пельт'є, коефіцієнт Пельт'є.

Вже багато років в різних галузях науки і техніки успішно застосовуються спеціальні напівпровідникові термоелектричні модулі (ТЕМ), робота яких заснована на ефекті Пельт'є, відкритому ще в 1834 р., які є надзвичайно перспективними пристроями охолодження та зігрівання.

Термоелектричне охолодження і нагрівання, основане на використанні елементів Пельт'є – це термоелектричний перетворювач, принцип дії якого базується на тому, що при проходженні електричного струму через ланцюг, що складений з різних провідників, в місцях контактів (спаїв) виділяється або поглинається деяка кількість тепла.

Величина виділеного тепла Q_p і його знак залежать від виду контактуючих речовин, сили струму і часу його проходження:

$$dQ_p = \Pi_{12} \cdot I \cdot dt \quad (1)$$

Тут $\Pi_{12} = \Pi_1 - \Pi_2$ – коефіцієнт Пельт'є (позначається звичайно буквою «П») для

даного контакту, зв'язаний з абсолютними коефіцієнтами Пельт'є Π_1 і Π_2 контактуючих матеріалів. При цьому вважається, що потік йде від першого зразка до другого. При виділенні тепла Пельт'є маємо: $Q_P > 0$, $\Pi_{12} > 0$, $\Pi_1 > \Pi_2$. При поглинанні тепла Пельт'є воно вважається від'ємним і відповідно: $Q_P < 0$, $\Pi_{12} < 0$, $\Pi_1 < \Pi_2$. Очевидно, що $\Pi_{12} = -\Pi_{21}$. Розмірність коефіцієнта Пельт'є $[\Pi]_{СИ} = Дж/Кл = В$.

Замість тепла Пельт'є часто використовують фізичну величину, що визначається як теплова енергія, що щосекундно виділяється на контакті одиничної площі. Ця величина, що отримала назву – потужність тепловиділення, визначається:

$$q_P = \Pi_{12} \cdot j, \quad (2)$$

де $j = I/S$ – щільність струму;

S – площа контакту;

розмірність цієї величини $[q_P]_{СИ} = Вт/м^2$.

Описане явище – зворотнє. Якщо в тому ж ланцюгу, складеному з тих же провідників, штучно створити в місці контактів різні температури, то між контактами виникне різниця потенціалів і по ланцюгу піде струм. Це явище було відкрито Зеєбеком в 1834 р. Термоелектрорушійна сила (термоЕРС), що виникає, пропорційна створеній різниці температур спаїв:

$$E = \bar{a} \cdot (T_2 - T_1) \quad (3)$$

де \bar{a} – коефіцієнт термоЕРС термоелементу;

T_1, T_2 – абсолютна температура «гарячого» і «холодного» спаїв.

Коефіцієнти обох ефектів (Пельт'є і Зеєбека) зв'язані простим співвідношенням:

$$\Pi = \bar{a} \cdot T \quad (4)$$

де T – абсолютна температура спаю.

Тепло Пельт'є може бути, відповідно, визначено через коефіцієнт Зеєбека:

$$Q = \bar{a} T \cdot I \quad (5)$$

Коефіцієнт Пельт'є, який є важливою технічною характеристикою матеріалів,

як правило, не вимірюється, а вираховується за коефіцієнтом термоЕРС, вимірювання якого більш просте.

На рис. 1 і рис. 2 зображено замкнутий ланцюг, складений з двох різних напівпровідників *ПП1* і *ПП2* з контактами *A* і *B*.

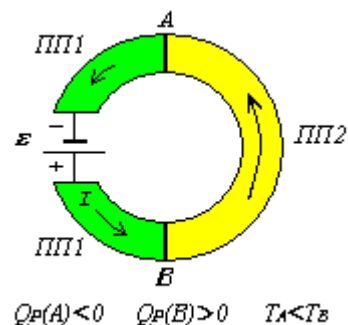
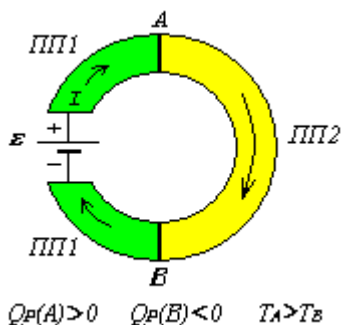


Рис.1. Виділення тепла Пельт'є (контакт А).

Рис.2. Поглинання тепла Пельт'є (контакт А).

Такий ланцюг прийнято називати термоелементом, а його гілки – термоелектродами. Через ланцюг тече струм *I*, створений зовнішнім джерелом *E*. Рис. 1 ілюструє ситуацію, коли на контакті *A* (струм тече від *ПП1* до *ПП2*) відбувається виділення тепла Пельт'є $Q_p(A) > 0$, а на контакті *B* (струм направлений від *ПП2* до *ПП1*) його поглинання – $Q_p(B) < 0$. В результаті відбувається зміна температур спаїв: $T_A > T_B$.

На рис. 2 зміна знаку джерела змінює напрям струму на протилежний: від *ПП2* до *ПП1* на контакті *A* і від *ПП1* до *ПП2* на контакті *B*. Відповідно змінюється знак тепла Пельт'є і співвідношення між температурами контактів: $Q_p(A) < 0$, $Q_p(B) > 0$, $T_A < T_B$.

Причина виникнення ефекту Пельт'є на контакті напівпровідників з однаковим видом носіїв струму (два напівпровідника n-типу чи два напівпровідника p-типу) така ж, як і у випадку контакту двох металевих

провідників. Носії струму (електрони чи дірки) по різні боки спаю мають різну середню енергію, яка залежить від багатьох причин: енергетичного спектру, концентрації, механізму розсіювання носіїв заряду. Якщо носії, проходячи через спай, потрапляють в область з меншою енергією, вони передають надлишок енергії кристалічній решітці, в результаті чого поблизу контакту відбувається виділення теплоти Пельт'є ($Q_p > 0$) і температура контакту підвищується. При цьому на іншому спаї носії, переходячи в область з більшою енергією, позичають недостатню енергію від решітки, відбувається поглинання теплоти Пельт'є ($Q_p < 0$) і зниження температури.

Основним технологічним вузлом всіх термоелектричних охолоджуючих пристроїв є термоелектрична батарея, набрана із послідовно з'єднаних термоелементів.

Термопари розміщуються між двох керамічних пластин .

Гілки напаюються на мідні електропровідні площадки, які кріпляться до спеціальної теплопровідної кераміки, наприклад, із оксиду алюмінію. Кількість термопар може коливатись в широких межах – від декількох одиниць до декількох сотень, що дозволяє створювати ТЕМ з холодильною потужністю від десятих долей вата до сотень ват. Найбільшою термоелектричною ефективністю серед промислово використовуваних для виготовлення ТЕМ матеріалів володіє телурид вісмуту, в який для отримання необхідного типу і параметрів провідності додають спеціальні присадки, наприклад, селен і сурьму. Традиційно сторона, до якої кріпляться дроти, гаряча і вона зображується знизу.

За звичай для виготовлення термоелементів використовують матеріали наведені в табл.1.

Таблиця 1

Значення коефіцієнта Пельт'є для різних пар металів

Залізо-константан		Мідь-нікель		Свинець-константан	
T, К	Π, мВ	T, К	Π, мВ	T, К	Π, мВ
273	13,0	292	8,0	293	8,7

299	15,0	328	9,0	383	11,8
-----	------	-----	-----	-----	------

При проходженні через ТЕМ постійного електричного струму виникає різниця температур ($dT=T_{Г}-T_{Х}$) між його сторонами: одна пластина (холодна) охолоджується, а друга (гаряча) нагрівається. По суті елемент Пельтьє є своєрідним тепловим насосом.

Основні напрямки практичного застосування ефекту Пельтьє в напівпровідниках: отримання холоду для створення термоелектричних охолоджуючих пристроїв, підігрів для цілей опалення, термостатування, керування процесом кристалізації в умовах постійної температури.

Термоелектричний метод охолодження має ряд переваг порівняно з іншими методами охолодження. Термоелектричні пристрої відрізняються простотою управління, можливістю тонкого регулювання температури, безшумністю, високою надійністю роботи. Основний недолік термоелектричних пристроїв – мала ефективність, що не дозволяє їх використовувати для промислового отримання «холоду».

Виходячи із формули 1 і 2 отримаємо $\Pi_{12}=q_{P}/j$, $\Pi_{12}= q_{P} \cdot S/I$, звідки:

$$dQ_{P} = q_{P} \cdot S \cdot dt \quad (6)$$

Висновки

1. З огляду на викладені вище розрахунки ефективності елементів Пельтьє, потужність яких пропорційна площі контакту, на наш погляд існує принципова можливість підвищення виділення і поглинання тепла елементом, завдяки створенню нанотермоелементів і збільшенню таким чином кількості окремих контактів та їх сумарної поверхні;
2. Найбільш ефективною термоелектричною наносполукою може бути поєднання заліза і константану.

Література

1. Физическая энциклопедия.- М.: Большая Российская энциклопедия, 1998.- Т.5.-

С.98-99, 125.

2. Сивухин С.Д. Общий курс физики.- М.: Наука, 1977.- Т.3. Электричество.- С.490-494.
3. Стилбанс Л.С. Физика полупроводников.- М., 1967.- С.75-83, 292-311.
4. Иоффе А.Ф. Полупроводниковые термоэлементы.- М., 1960.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕЛЬТЬЕ В ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВАХ АППАРАТОВ ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ

М.Б.Закацюра, А.М.Ковалева, С.О. Струнина, К.И.Чернецкий

В этой статье описано термоэлектрическое охлаждение и нагрев основанное на использование эффекта Пельтье (элементы Пельтье). Его принцип основывается на том, что при прохождении электрического тока через цепь, сложенную из разных проводников, в местах контактов выделяется или поглощается некоторое количество тепла. По представленным расчетам эффективность элементов Пельтье пропорциональна площади контакта.

Ключевые слова: Эффект Пельтье, элемент Пельтье, коэффициент Пельтье.

THE USE OF THE PELTIER ELEMENTS IN THERMOREGULATING DEVICES IN THE HEART-LUNG MACHINES

M.B. Zakatsyura, A.M. Kovalyova, S.O. Strunina, K.I. Chernetskyi

In this work describe thermoelectric cooling and heating which base on effect Pelte. It base that when electric stream went from chain, which formed with different conductions, in contact place separation or absorb some number of worm. Accordingly calculation efficacy element Pelte proportion square contact.

Key words: Effect Pelte, element Pelte, coefficient Pelte.