

Корисна модель відноситься до термоелементів, які широко використовуються як термоелектричні холодильники (явище Пельтьє, з метою одержання більш низьких температур - холодильники, кондиціонери) або джерела електричної енергії (ефект Зеебека, з метою одержання електричної енергії за рахунок градієнта температур).

Відомий термоелемент, який використовує ефект Зеебека - для одержання електричної енергії в різномірних матеріалах при наявності градієнта температур. Наприклад, твердий розчин  $p\text{-Bi}_2\text{Te}_{2.4}\text{Se}_{0.6}$  має при  $T=300\text{K}$  термоелектричну ефективність близько  $3 \cdot 10^{-3} \text{ град}^{-1}$ , що є недостатнім для ефективного використання теплової енергії, до того ж з зростанням температури термоелектрична ефективність різко падає [1]. Відомі також термопари, які являються джерелами електричної енергії і різномірні спаї яких знаходяться при різних температурах, однак вони не є ефективними, оскільки мають низьку термоелектричну ефективність  $Z = \alpha^2 \delta / \lambda$ , тому, звичайно, й надалі проводиться пошук нових термоелектричних матеріалів, наприклад  $\text{TiCoSb}$ , з метою підвищити термоелектричні характеристики термоелементів [2].

За найближчий аналог нами обрано термоелементи з більшим коефіцієнтом термоелектричної ефективності, в яких в якості об'єкту, використаного в системах термоелектричної генерації електричної енергії пропонується система з  $m$  пластин  $p\text{-Si}$  і сплавів  $\text{Si-Ge}$ , легированого  $\text{Sb}$ , які чергуються з  $p$  плівками  $p\text{-Si-Ge}$ , що виконані у вигляді надграток з коефіцієнтом термоелектричної ефективності, який збільшується з зростанням температури, що є перевагою даного приладу оскільки, на відміну від термоелементів з звичайних матеріалів, які мають різке спадання термоелектричної добротності з зростанням температури, він має термоелектричну ефективність, яка, навпаки, зростає з збільшенням температури [3]. Однак надгратки є об'єктами надзвичайно дорогими, оскільки технологія їх виготовлення потребує спеціального обладнання, керованого комп'ютером з метою контролю якості шарів надгратки при їх пошаровому вирощуванні.

Задачею корисної моделі є підвищення термоелектричної ефективності напівпровідникових чутливих елементів за рахунок підвищення рухливості носіїв струму, та значне здешевлення термоелементу в порівнянні з прототипом.

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що чутливий елемент для термоелемента, виконаний із електрично зв'язаних між собою та розташованих поперемінно напівпровідникових пластин із монокристалічного кремнію  $p$ -типу і монокристалічного кремнію  $p$ -типу розділених шаром теплоізоляції з діелектрика, при цьому пластини  $p\text{-Si}$  виконані в кристалографічному напрямку  $[100]$ , а пластини  $p\text{-Si}$  виконані в напрямку  $[110]$  крім того з обох сторін пластин  $p$ -кремнію і  $p$ -кремнію додатково містяться монокристалічні епітаксійні шари  $p\text{-Si}_{1-x}\text{Ge}_x$  та  $p\text{-Si}_{1-x}\text{Ge}_x$  де  $0,15 < x < 0,35$ .

Додаткові монокристалічні епітаксійні шари  $p\text{-Si}_{1-x}\text{Ge}_x$  та  $p\text{-Si}_{1-x}\text{Ge}_x$  створюють одновісну деформацію розтягу пластин  $p\text{-Si}$  (подовжний тензорезистивний ефект) та пластин  $p\text{-Si}$  (поперечний тензорезистивний ефект). Самі ж плівки  $p\text{-Si}_{1-x}\text{Ge}_x$  та  $p\text{-Si}_{1-x}\text{Ge}_x$  одержують деформацію стискування.

Авторами встановлено, що одновісна деформація розтягу  $p\text{-Si}$  збільшує рухливість дірок для обраного напрямку деформації на 140-150% за рахунок зняття виродження валентної зони і досягнення енергетичного розщеплення зон  $\Delta \epsilon > 10 \text{ kT}$ , в той час, коли теплопровідність не змінюється з деформацією. Одновісна деформація розтягу  $p$ -кремнію дає можливість підвищити рухливість електронів більше, ніж в 2 рази за рахунок зняття міждолинного розсіювання  $f$ -типу та з врахуванням анізотропії ефективних мас  $m$ , не призводячи до помітної зміни теплопровідності, що також призводить до підвищення термоелектричної ефективності термоелементу. Таким чином, вирішується задача, що заявляється - підвищення термоелектричної ефективності чутливого елементу при його значному здешевленні порівняно з прототипом, тому що не потрібно використовувати дуже дорогих напівпровідникових надграток.

З метою усунення втрат теплового потоку за рахунок існування теплопровідності в поперечному, відносно розташування термоелементів, напрямку в якості діелектрику може бути використано, наприклад, вакуум, форвакуум, керамічні матеріали та ін., що також дозволяє підвищити збереження теплового потоку і наблизити величину термоелектричної ефективності до його теоретичного значення.

На Фіг. зображено термоелемент, виготовлений епітаксійним вирощуванням монокристалічних плівок сплаву  $p\text{-Si}_{1-x}\text{Ge}_x$  (1) з обох сторін пластин  $p$ -кремнію (2)), та плівок сплаву  $p\text{-Si}_{1-x}\text{Ge}_x$  (5) з обох сторін  $p$ -кремнію (4). Подовжня орієнтація  $p\text{-Si}$  та плівок  $p\text{-Si}_{1-x}\text{Ge}_x$  повинна бути  $[110]$ . Подовжня кристалографічна орієнтація  $p$ -кремнієвої основи обирається такою, щоб вона співпадала з напрямком  $[100]$ . Сплав який використовується при цьому це сплав  $p\text{-Si}_{1-x}\text{Ge}_x$  його нанесення буде розтягувати  $p$ -кремнієву основу і, відповідно, збільшувати рухливість електронів. (3) - теплоізолятор (діелектрик), за допомогою якого здійснюється теплова та електрична ізоляція  $p$ - та  $p$ -частин термоелемента. (6, 7, 8) - електроди до чутливого елементу.

Термоелемент працює наступним чином. Термоелемент, розташований у градієнті температури  $\Delta T$ , генерує електричний струм у  $p$ - та  $p$ -типу гілках (відповідно, позитивного та негативного знаку), який і визначає величину термоЕРС в цих гілках, збільшуючи її за рахунок зростання рухливості носіїв струму (дірок та електронів) під дією одновісної деформації розтягу.

Література:

1. Champness C., Chiang P., Parech P., Canad. Journ. Phys. 43,653 (1965)
2. Стадник Ю.В., Горинь А.М., Ромака Л.П., Гореленко Ю.К., Склоздра Р.В. Патент України №25472 А, (1998).
3. Dresselhaus G., et al. United States Patent 6, 060, 656, (2000).

