

© 2000р. А.А. Ащеулов, І.С. Романюк, Л.І. Простебі,
Ю.Г. Добровольський, С.А. Вітрюк

ВП "Гермес-Кварц" ВАТ "Кварц", Чернівці

ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ УДОСКОНАЛЕНИХ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ НА ОСНОВІ ТЕЛУРИДУ ВІСМУТУ

Описано технологію збирання термоелектричних модулів, розроблених на основі монокристалічного Be_2Te_3 , що відрізняється збільшеним діаметром злитків і структурною досконалістю. Приведено деякі характеристики виготовлених термоелектричних модулів.

The technology of assembly thermoelectric of modules developed on the basis of monocrystal Be_2Te_3 is described which differs by the increased diameter of an ingot and structure by perfection. Is given some characteristics made thermoelectric of modules.

Питання підвищення технологічності термоелектричних модулів (ТЕМ) на основі телуриду вісмуту є актуальним з огляду на те, що область їх застосування в якості охолоджуючих пристроїв постійно розширюється.

Для підвищення коефіцієнта використання і процента виходу придатних пристроїв, розроблено технологію вирощування кристалів телуриду вісмуту великого діаметру – до 25 мм [1].

Дослідні зразки кристалів отримані модифікованим вертикальним методом Бріджмена. Під час вирощування забезпечується стабільність термодинамічного стану і геометричного положення центру кристалізації за рахунок обладнання, розробленого авторами.

Такий підхід дозволяє отримувати однорідні монокристали телуриду вісмуту великої довжини і діаметром 18-25 мм, що значно підвищує коефіцієнт використання матеріалу. Добротність зразків, отриманих за запропонованою технологією, складає $3,1 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ для матеріалу p -типу провідності і $2,9 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ для матеріалу n -типу при 300 К.

ТЕМ, розроблені завдяки успіхам, що досягнуті у технології матеріалів на основі телуриду вісмуту [1], дозволили створити нові за якісними характеристиками прилади різноманітного цільового застосування [2,3]. Розробка таких ТЕМ проводилась у відповідності з напрямком застосування. При цьому застосовувались класичні методи розрахунків [4-6]. Наприклад, у випадку ТЕМ з великим холодоутворенням для побутової

техніки, на параметри ТЕМ має вплив контактний опір, який залежить від якості комутаційного сплаву. Проведені дослідження показали, що в такому випадку досить забезпечити контактний опір комутаційного сплаву на рівні 10^{-5} - $10^{-6} \text{ Ом}\cdot\text{см}^2$. Це досягається через омичний контакт, отриманий шляхом облужування термоелектричних пластин сплавом олово-вісмут-сурьма з температурою плавлення 139°C . Облужування відбувається при наявності флюсу на основі хлористого амонію, який попередньо розчиняється у гліцерині. Розрізання облужених пластин на елементи заданої конфігурації здійснюється вольфрамовою струною проволочної різки з точністю $\pm 0,3 \text{ мм}$.

Згаданий спосіб нанесення комутаційного сплаву і вимоги до омичного контакту зумовлюють відповідну підготовку теплопереходу модуля. Зокрема, теплоперехід виготовляють у формі пластини з кераміки 22ХС. Металізований комутаційний малюнок створюють з молібденово-марганцевої пасти, на яку хімічним способом наносять шар нікелю завтовшки 20 мкм. Така комутаційна технологія на теплопереходах утворюється методом фотолітографії з застосуванням травника такого складу: 60 ваг.% азотної кислоти, 30 ваг.% плавикової кислоти і 10 ваг.% оцтової кислоти.

Комутаційні ділянки облужуються сплавом олово-вісмут-сурьма. До них, цим же припоєм, приєднують мідні комутаційні пластини завтовшки 0,4 мм. Такий "сендвіч" забезпечує мінімальні

теплові втрати Джоуля для випадку протікання струму через ТЕМ.

Збирання модулів практично зводиться до процесу одночасної комутації термоелементів і термопереходу у відповідності із заданою електричною схемою ТЕМ. За нашими даними, найбільш технологічним для такого роду пристроїв є метод пайки у паяльних ваннах заповнених гліцерином. Оснастка, яка використовується, має забезпечувати фіксацію термоелемента відносно комутаційних переходів, а також їх притискання під час розплавлення припою для забезпечення надійного контакту. Оснастка для збирання складається з оправки і системи окремих каліброваних пластин, які фіксують термоелементи з певним зазором у відповідності з топологією комутаційних теплопереходів. Комутація гілок модуля здійснюється комутаційним припоєм при температурі плавлення протягом 10 хвилин у чистому гліцерині. Чистота виробу на всіх етапах технології збирання забезпечується ультразвуковою мийкою термоелементів, теплопереходів і готових ТЕМ в установці УЗУ-0,25.

Для визначення можливостей використання розроблених термоелектричних модулів на основі телуриду вісмуту, було проведено роботи по створенню комплексу відповідного вимірювального обладнання. Проведений попередній аналіз показує, що для успішного впровадження ряду термоелектричних виробів, цей комплекс повинен мати обладнання для контролю таких параметрів:

- однорідності термоелектричних матеріалів;
- коефіцієнта термоелектрорушійної сили α ;
- електропровідності σ ;
- максимальної різниці температур δT ;
- термоелектричної ефективності модулів z .

Крім того, у комплекс повинні входити установка для вимірювання глибини охолодження мікромодулів і її динамічних характеристик – теплових і струмових.

Вимірювання коефіцієнтів термоелектрорушійної сили α , електропровідності σ і максимальної різниці температур δT здійснювались стандартними методами і апаратурою [4].

Визначення термоелектричної ефективності модулів z проводилось методом Хармана [7], який полягає у вимірюванні адиабатичних опорів на постійному і змінному електричних струмах.

Реєстрація глибини охолодження мікромодулів і їх динамічних характеристик – теплових

і струмових, проводились на базі оригінальної установки [8,9], датчиком якої є анізотропний термоелектричний приймач, що працює у режимі зовнішнього оптичного поглинання [10].

Контроль однорідності термоелектричних матеріалів здійснювався на основі ефекту Кірліан [11-13].

Деякі характеристики розроблених ТЕМ зведені у таблицю 1, де позначено: P_{\max} - максимальна спожита потужність, I_{\max} – оптимальний спожитий струм, U_{\max} – оптимальна спожита напруга, а також наведено геометричні розміри верхнього і нижнього термоелектричних модулів незалежно від кількості каскадів термоелектричного модуля.

Розроблені ТЕМ знайшли застосування в оптоелектроніці в якості охолоджувачів фотодіодів, фоторезисторів і фотоприймальних пристроїв [14,15]. У медичній галузі одержані ТЕМ використано у пристрої для термопунктури біологічно активних точок [16]. На базі розроблених термоохолоджувачів розроблено побутовий багатокімнатний холодильник [17]. Серійно випускаються переносні автомобільні холодильники [18].

Таблиця 1. Характеристики розроблених ТЕМ.

Кількість каскадів, штук	P_{\max} , Вт	I_{\max} , А	U_{\max} , В	Геометричні розміри верх/нижн, мм
1	68,8	8,5	15,4	40×40
1	33,4	3,9	15,4	30×30
1	18,7	3,9	8,6	30×30
1	2,5	2,2	2,0	12×12
1	1,0	0,3	4,0	10×10
2	2,9	2,0	7,0	9,5×8,0/15×14
2	1,3	2,1	2,6	5,1×5,1/9,5×8,0
3	1,5	1,8	6,4	7,9×7,9/15×14
3	0,8	1,0	6,5	7,3×4,7/16×12
4	0,7	1,2	7,5	8,0×4,0/16×13
4	0,5	1,0	7,0	8,0×4,0/16×13
5	0,8	2,2	11,0	6,0×6,0/25×27

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Романюк И.С. О возможности получения монокристаллического теллурида висмута // Электроника и связь. - 1998. - вып. 8, ч.3. - С.442.
2. Ащеулов А.А., Простеби Л.И., Омелянчук В.П. и др. Полупроводниковые термоэлектрические модули //

- Информлисток НТД №90-003.-1990. - 4с.
3. *Ащеулов А.А., Романюк І.С., Іларіонов О.Е., Мілованов І.Я., Мікітчук О.В.* Термоелектричні напівпровідникові мікроохолоджувачі для термостабілізації електронних приладів // Науковий вісник ЧДУ. Вип. 32: Фізика. - Чернівці: ЧДУ, 1998. - С.116-117.
 4. *Анатычук Л.И.* Термоэлементы и термоэлектрические устройства. - Киев: Наукова думка, 1979.
 5. *Вайнер А.Л.* Термоэлектрические охладители. -М.: Радио и связь, 1983.
 6. *Вайнер А.Л., Праксин Н.И., Андрущак С.В.* Унифицированные термоэлектрические холодильники // Вопросы радиоэлектроники. Сер.ТРТО. - 1976. - вып.3. - С.75-82.
 7. *Hartan T.C.* Special techniques for measurement of thermoelectric properties // J.Appl.Phys. - 1958. - **29**. - P.1373-1374.
 8. . Устройство для измерения глубины охлаждения. АС СССР.-1982.
 9. А.с. №991809 (СССР). Устройство для измерения глубины охлаждения / *Ащеулов А.А., Глемба Н.Н., Простеби Л.И. и др.* // Открытия. Изобретения. - 1982.
 10. *Ащеулов А.А., Глемба Н.Н., Простеби Л.И.* Метод экспрессного контроля параметров термоэлектрических микроохладителей // Изв. Вузов СССР, Электромеханика. - 1980. - №12. - С.1333-1334.
 11. *Ащеулов А.А., Гуцул И.В., Раренко А.И.* Анизотропные оптикотермоэлементы // Инженерно-физический журнал. - 1998. - **71**, №3. - С.537-542.
 12. *Добровольский Ю.Г.* Исследование качества полупроводниковых пластин с помощью газоразрядной визуализации (Эффект Кирлиан) // ТКЭА. - 1999. - № 6-8. - С. 26 -27.
 13. *Добровольський Ю.Г.* Аналіз якості напівпровідникових пластин за допомогою газорозрядної візуалізації // Науковий вісник ЧДУ. Вип. 32: Фізика. - Чернівці: ЧДУ, 1998. - С.113-115.
 14. *Ashcheulov A.A., Dobrovolsky Yu.G., Romanyuk I.S.* About an opportunity of quality surveillance the thermoelectrical of materials with the help of gas-charge visualization // J. of Thermoelectricity. -1999. - №4. - P.54-55.
 15. *Ащеулов А.А., Добровольський Ю.Г., Романюк І.С., Гончаров О.В.* Термостабілізований фотоелектричний приймач лазерного випромінення // Науковий вісник ЧДУ. Вип. 32: Фізика. - Чернівці: ЧДУ, 1998. - С.110-112.
 16. *Ащеулов А.А., Добровольський Ю.Г., Романюк І.С.* Оптимизация надежности кремниевых p-i-n фотодиодов по темновому току // Технология конструирования в электронной аппаратуре. - 1999. - № 1-2. - С.18-21.
 17. *Ashcheulov A.A., Dobrovolsky Yu.G., Romanyuk I.S. at all.* The divais of the thermal reflexy of therapy // J. of Thermoelectricity. - 1999. - №4. - P.38-39.
 18. *Ashcheulov A.A., Dobrovolsky Yu.G., Romanyuk I.S. at all.* Investigation of The Ways to Develop Multi-Chamber Household Thermoelectric coolder // J. of Thermoelectricity. - 1997. - №4. - P.98-99.
 19. *Ashcheulov A.A., Dobrovolsky Yu.G., Romanyuk I.S. at all.* Houseold Thermoelectric Cooler // J. of Thermoelectricity. - 1997. - № 4. - P.82-83.