



УКРАЇНА

(19) UA (11) 34504 (13) C2

(51) 6 B32B5/16, B32B15/00,
B32B33/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ВИРОБНИЦТВО ЧАСТОК ТА ВИРОБІВ ІЗ ЗАПРОЕКТОВАНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

(21) 97126486

(22) 27.07.1995

(24) 15.03.2001

(86) PCT/US95/09572, 27.07.1995

(46) 15.03.2001, Бюл. № 2, 2001 р.

(72) Бін Алан Ф. (US), Бін Гленн Л. (US)

(73) МАТЕРІАЛЗ ІННОВЕЙШН, ІНК (US)

(56) 1. Пат. США, № 5184662, кл. B22D 19/00, 1993.

2. Пат. США, №4711814, кл. B05B 5/12, 1987

3. Пат. США, № 4894293, кл. C22C 9/00, 1990.

4. Пат. США, № 4602956, кл. C22C 29/12, 1986.

(57) 1. Спосіб надання часткам бажаного значення питомої теплопровідності та/або коефіцієнта теплового розширення (КТР) шляхом нанесення на них покриття, що полягає в тому, що на кожен частку покриття наносять в певному об'ємі по відношенню до об'єму самої частки так, щоб одержані значення питомої теплопровідності та/або КТР покритої частки відрізнялися від значень цих властивостей у матеріалах часток та покриття, який **відрізняється** тим, що як матеріал частки, на яку наносять покриття, використовують графіт, алмаз, вольфрам або нікель-42, а як матеріал покриття - мідь, і при процентному співвідношенні об'ємів міді до графіту 24:76, 39:61, 42:58 у покритої частки одержують значення питомої теплопровідності (Вт/(м · К)) і КТР в температурному діапазоні 25 - 400°C (млн частин/°C), відповідно 325 і 4,3; 379 і 6,9; 380 і 7,6, або при процентному співвідношенні об'ємів міді до алмазу 20:80, 37:63 у покритої частки одержують питому теплопровідність і КТР, відповідно 781 і 4,8; 698 і 7,6, або при процентному співвідношенні об'ємів міді до вольфраму 27:73 у покритої частки одержують питому теплопровідність 226 і КТР 8,2, або при процентному співвідношенні об'ємів міді до нікелю-42 20:80 у покритої частки одержують питому теплопровідність 86,78 і КТР 8,1.

2. Покрита частка, що містить дискретну серцевинну частку і покриття, утворене на її поверхні для надання частці бажаного значення питомої теплопровідності та/або КТР, яка **відрізняється** тим, що серцевинна частка утворена з графіту, алмазу, вольфраму або нікелю-42, а покриття виконане з міді і при процентному співвідношенні об'ємів міді до графіту 24:76, 39:61, 42:58 покрита частка має значення питомої теплопровідності (Вт/(м · К)) і КТР в температурному діапазоні 25 - 400°C (млн частин/°C), відповідно 325 і 4,3; 379 і 6,9; 380 і 7,6,

або при процентному співвідношенні об'ємів міді до алмазу 20:80, 37:63 покрита частка має питому теплопровідність і КТР, відповідно 781 і 4,8; 698 і 7,6, або при процентному співвідношенні об'ємів міді до вольфраму 27:73 покрита частка має питому теплопровідність 226 і КТР 8,2, або при процентному співвідношенні об'ємів міді до нікелю-42 20:80 покрита частка має питому теплопровідність 86,78 і КТР 8,1.

3. Покрита частка за п.2, яка **відрізняється** тим, що на серцевинну частину з графіту або алмазу нанесене тонке попереднє покриття, що не впливає на КТР і питому теплопровідність покритої частки.

4. Покрита частка за п.3, яка **відрізняється** тим, що як матеріали попереднього покриття використовують хром або кобальт-вольфрам.

5. Виріб, виготовлений із множини покритих часток з бажаними значеннями питомої теплопровідності і КТР, що об'єднані між собою шляхом ущільнення до обраної щільності з наступним спіканням у твердій фазі, який **відрізняється** тим, що виріб формується з покритих міддю часток графіту, алмазу, вольфраму або нікелю-42 і має при процентному співвідношенні об'ємів міді до графіту 24:76, 39:61, 42:58 значення питомої теплопровідності (Вт/(м · К)) і КТР в температурному діапазоні 25-400°C (млн частин/°C), відповідно 325 і 4,3; 379 і 6,9; 380 і 7,6, або при процентному співвідношенні об'ємів міді до алмазу 20:80 і 37:63 виріб має питому теплопровідність і КТР відповідно 781 і 4,8; 698 і 7,6, або при процентному співвідношенні об'ємів міді до вольфраму 27:73 виріб має питому теплопровідність 226 і КТР 8,2, або при процентному співвідношенні об'ємів міді до нікелю-42 20:80 виріб має питому теплопровідність 86,78 і КТР 8,1.

6. Виріб за п.5, який **відрізняється** тим, що об'єднання часток між собою здійснюється інжекційним формуванням.

7. Виріб за п.5, який **відрізняється** тим, що об'єднання часток між собою здійснюється ізостатичним пресуванням.

8. Виріб за п.5, який **відрізняється** тим, що він виконаний у вигляді конструктивної пластини, що має форму для підтримки підкладки, на якій встановлений щонайменше один напівпровідниковий прилад, при цьому КТР пластини практично збігається з КТР підкладки.

9. Виріб за п.5, який **відрізняється** тим, що він виконаний у вигляді встановлених на підкладці вивід-

них рамок, до яких кріпляться напівпровідникові прилади за допомогою проводів, що передають живлення, заземлення, вхідні і вихідні сигнали на напівпровідникові прилади і від них, при цьому КТР вивідних рамок практично збігається з КТР підкладки.

10. Виріб за п.5, який **відрізняється** тим, що він виконаний у вигляді корпусу, призначеного для розміщення в ньому переважно інтегральної схеми, при цьому КТР корпусу збігається з КТР матеріалу, використовуваного для ущільнення вивідних отворів у корпусі.

11. Виріб за п. 5, який **відрізняється** тим, що він виконаний у вигляді тепловідводу, що має форму для притискання до напівпровідникового приладу, при цьому КТР тепловідводу практично збігається з КТР приладу.

12. Шаруватий виріб, у якому шари виконані з покритих часток із різними значеннями КТР у кожному шарі, призначений переважно для з'єднання між собою двох об'єктів з різними КТР, який **відрізняється** тим, що виріб призначено для з'єднання між собою кремнієвого кристала і підкладки, при

цьому шар, призначений для прикріплення до кремнієвого кристала містить покриті міддю графітові частки з процентним співвідношенням об'ємів міді до графіту 24:76 і має питому теплопровідність $325 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ і КТР $4,3 \text{ млн частин/}^\circ\text{C}$ ($25 - 400^\circ\text{C}$), що збігається з КТР кремнієвого кристала, а інший шар, призначений для прикріплення до підкладки, містить покриті міддю алмазні частки і має КТР, що збігається з КТР підкладки.

13. Шаруватий виріб за п. 12, який **відрізняється** тим, що шар, призначений для прикріплення до підкладки, містить покриті міддю алмазні частки з процентним співвідношенням об'ємів міді до алмазу 20:80, має питому теплопровідність $781 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ і КТР $4,8 \text{ млн частин/}^\circ\text{C}$ ($25 - 400^\circ\text{C}$), що практично збігається з КТР підкладки з нітриду алюмінію.

14. Шаруватий виріб за п. 12, який відрізняється тим, що шар, призначений для прикріплення до підкладки, містить покриті міддю алмазні частки з процентним співвідношенням об'ємів міді до алмазу 37:63, має питому теплопровідність $698 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ і КТР $7,6 \text{ млн частин/}^\circ\text{C}$ ($25 - 400^\circ\text{C}$), що практично збігається з КТР підкладки з оксиду берилію.

Винахід відноситься до проектування внутрішніх властивостей часток, виробів, що виробляються шляхом поєднання часток, та покриттів, утворених з часток, а конкретніше стосується виробництва виробів та покриттів, які проектується так, щоб мати заздалегідь вибрані питомі теплопровідності та коефіцієнти температурного розширення, що узгоджуються з такими самими характеристиками тих матеріалів, до яких ці вироби та покриття прикріплюються.

Відповідно до "Правила сумішей" Лакке, внутрішні фізичні властивості (наприклад, питома теплопровідність, коефіцієнт теплового розширення) гетерогенних виробів, які складені, щонайменше, з двох ретельно перемішаних матеріалів, мають тенденцію змінюватись приблизно лінійно в залежності від відношення об'єму одного з цих матеріалів до об'єму другого матеріалу. Наприклад, можна очікувати, що гетерогенний виріб, складений з 50-50 волюметричної суміші з одного матеріалу, який має низький коефіцієнт теплового розширення, і другого матеріалу, який має високий коефіцієнт теплового розширення, буде мати коефіцієнт теплового розширення, що являє собою середнє з коефіцієнтів теплового розширення обох матеріалів.

У відомому способі виробництва гетерогенних виробів суміш з двох металічних порошків, що мають різні питомі теплопровідності та коефіцієнти теплового розширення, ущільнюється та спікається для одержання виробу. Цей виріб має запроєктований коефіцієнт теплового розширення, що приблизно відповідає коефіцієнту теплового розширення того об'єкту, до якого виріб призначено прикріплювати, і запроєктовану питому теплопровідність.

Відоме технічне рішення, в якому для надання часткам бажаного значення внутрішньої властивості (питомої теплопровідності та/або коефіцієнту теплового розширення), що відрізня-

ся від початкового значення цієї властивості, на частки наносять покриття, що має інше значення згаданої внутрішньої властивості. При цьому значення внутрішньої властивості покритих часток залежить від відношення об'єму покриття до об'єму часток [1].

Відома покрита частка, що містить дискретну серцевинну частку, що містить перший матеріал, причому згадана серцевинна частка має перше значення щонайменше однієї внутрішньої властивості, а покриття містить другий матеріал, і утворене на поверхні згаданої серцевинної частки, причому згадане покриття має друге значення згаданої щонайменше однієї внутрішньої властивості, згадане друге значення відмінне від згаданого першого значення, об'єм згаданого покриття знаходиться у відношенні до об'єму згаданої серцевинної частки, при цьому згадана покрита частка проявляє третє значення згаданої щонайменше однієї внутрішньої властивості, при цьому згадані перший і другий матеріали і згаданий об'єм згаданого покриття по відношенню до згаданого об'єму згаданої серцевинної частки обираються так, щоб згадана покрита частка проявляла згадане значення згаданої щонайменше однієї внутрішньої властивості, причому згадане третє значення згаданої щонайменше однієї внутрішньої властивості є функцією згаданих першого і другого значень і згаданого об'єму, згадане третє значення згаданої щонайменше однієї внутрішньої властивості відмінне від згаданих першого і другого значень [2,1].

Відоме також технічне рішення виготовлення виробу, що містить заготовку множини часток, що містять перший матеріал з першим значенням щонайменше однієї внутрішньої властивості, утворення покриття, що містить другий матеріал з другим значенням згаданої щонайменше однієї внутрішньої властивості, об'єднання згаданих покритих

часток таким чином, щоб згадані частки з'єдналися одна з другою для утворення згаданого виробу з вибраною щільністю, і в якій дискретні шари покриттів на частках практично зберігаються, так що другий матеріал і перший матеріал практично не змішуються і не сплавляються, вибір згаданих першого і другого матеріалів, що здійснюється таким чином, щоб згаданий виріб проявляв третє значення згаданої щонайменше однієї внутрішньої властивості, і вибір згаданої щільності для керування згаданою внутрішньою властивістю як функцією температури [3].

Відомо також виготовлення шаруватого виробу з різними значеннями вибраної властивості у кожного шару для приєднання одне до одного двох об'єктів з різними значеннями цієї внутрішньої властивості [4].

Відомі технічні рішення, що характеризують спосіб виробництва гетерогенних виробів, нанесення покриття на частки, виготовлення покритих часток з дискретною серцевинною часткою, виріб, виготовлений з множини покритих часток, а також шаруватий виріб - є найбільш близькими до дійсної групи виробів за технічною сутністю і здобутим результатом при їх використанні. Вирішуючи покладені на них завдання, вони тим не менше не забезпечують створення виробів з заданими параметрами питомої теплопровідності і коефіцієнту теплового розширення в заданих діапазонах. Крім того, виготовлювані вироби не забезпечують стабільної відтворюваності згаданих параметрів від зразка до зразка.

Завдача, на вирішення якої направлена дана група винаходів, заключається у створенні часток, виробів з заздалегідь заданими параметрами питомої теплопровідності і коефіцієнту теплового розширення, при цьому забезпечується більш висока надійність відтворюваності указаних параметрів у створюваних виробів.

Згаданий технічний результат досягається за рахунок запропонованих технології, параметрів і режимів, що супроводжують процес виготовлення виробів.

В одному своєму аспекті винахід визначає покриття частки, виготовленої з першого матеріалу, другим матеріалом так, що відношення об'єму цього покриття до об'єму самої частки практично дорівнює вибраному відношенню об'ємів. Перший та другий матеріали та відношення об'ємів вибираються так, щоб примусити покриту частку проявляти щонайменше одну вибрану внутрішню властивість, яка є функцією внутрішніх властивостей першого та другого матеріалів. Перший матеріал є, наприклад, вольфрамом, молібденом, графітом, карбідом кремнію або алмазом. Другий матеріал є, наприклад, міддю.

В іншому аспекті винахід визначає виробництво виробу з часток, що керується таким чином, щоб примусити виріб мати вибрану щільність. Частки, щонайменше частина з яких містить перший матеріал і має поверхні, на яких утворено покриття, що містить другий матеріал, з'єднуються, щоб примусити їх з'єднатися одна з другою для утворення виробу вибраної щільності. Перший та другий матеріали вибираються так, щоб виріб проявляв вибрану внутрішню властивість, а щільність вибирається так, щоб ця внутрішня власти-

вість проявляла запроектовану поведінку як функція температури. Наприклад, ступінь лінійності коефіцієнту теплового розширення виробу, утвореного з поєднаних часток, залежить від щільності виробу. За допомогою вибору та керування щільністю виробу керується поведінка коефіцієнту теплового розширення як функція температури, і, у загальному випадку, додатково уточнюється вибір коефіцієнту теплового розширення.

В іншому аспекті винахід визначає виробництво виробу з часток, причому цей виріб має дві або більше частин, що мають різні внутрішні властивості. Перша множина часток містить щонайменше один матеріал, а друга множина часток містить щонайменше один другий матеріал. Перша множина часток та друга множина часток поєднуються для з'єднання першої множини часток одна з другою для утворення першої частини (наприклад, шару) виробу, а друга множина часток з'єднується разом для утворення другої частини виробу; частки, розташовані біля поверхні розділу між першою та другою частинами виробу, з'єднуються разом. Перша та друга частини виробу проявляють різні вибрані внутрішні властивості згідно композиціям (і відношенню об'ємів) часток.

Наприклад, перша та друга частини можуть мати різні коефіцієнти теплового розширення, і виріб може бути включений безпосередньо між двома об'єктами з різними коефіцієнтами теплового розширення, що відповідають коефіцієнтам теплового розширення цих двох частин. Є лише одна границя (розташована на поверхні розділу між двома частинами виробу), на якій коефіцієнти теплового розширення не збігаються, а не серія таких границь, розташованих між шарами різнорідних виробів, що ідуть один за одним. Границі між частками мають тенденцію поглинати напруження від теплового розширення і, таким чином, запобігають розтріскуванню або розшаруванню на з'єднанні між двома частинами.

Багаточисленні ознаки, цілі та переваги винаходу стануть яснішими з подальшого докладного опису та з формули винаходу.

Фіг.1 показує переріз покритої частки за винаходом.

Фіг.2 ілюструє поєднання покритих часток за фіг.1 шляхом ущільнення.

Фіг.3 показує шар покритих часток за фіг.1, нанесений на поверхню виробу.

Фіг.4 ілюструє корпус електроніки, що включає комбінацію конструктивної, теплової та заземлювальної пластин, виготовлених з покритих часток за фіг.1, і вивідних рамок, виготовлених з покритих часток за фіг. 1.

Фіг. 5 є діаграмою, що ілюструє розширення виробу в функції температури при щільностях 90%, 95% та 100%.

Фіг.6 ілюструє об'єднання двох окремих шарів покритих часток за фіг.1 шляхом ущільнення.

Фіг.7 відображає гібридний корпус електроніки, що використовується для розміщення у ньому інтегральних схем, що виготовляється з покритих часток за фіг. 1.

Фіг.8 показує корпус електроніки з низько-температурною керамічною підкладкою, що прожарюється, коли підтримує попередньо спечену комбінацію конструктивної, теплової та заземлю-

вальної пластин, виготовлених з покритих часток за фіг. 1.

Фіг.9 показує високопотужний напівпровідниковий компресійний модуль, що містить напівпровідниковий прилад, прикладений під тиском до тепловоду, утвореному з покритих часток за фіг. 1.

Фіг. 10 показує переріз покритої частки за вином, причому частка має тонке пограничне попереднє покриття.

Фіг. 11 показує покриті частки за фіг. 10, що електролітично осаджуються на виріб разом з матричним матеріалом.

Фіг. 12 показує попередньо покриті частки, що електролітично осаджуються на виріб разом з матричним матеріалом.

На кресленнях, а конкретніше на фіг.1, частка 12, що може мати всього декілька мікрон у діаметрі і містить елементний метал, металічний сплав або неметал, покрита покриттям 14 з елементного сплаву, металічного сплаву або неметалу для утворення покритої частки 10. Покрита частка 10 проявляє запроєктовані внутрішні фізичні властивості (наприклад, питому теплопровідність або коефіцієнт теплового розширення) та/або внутрішні механічні властивості (наприклад, міцність на розрив). Внутрішні фізичні властивості (але не внутрішні механічні властивості) покритої частки 10 мають тенденцію вести себе у відповідності до правила сумішей Лакке, згідно з яким внутрішні фізичні властивості змінюються приблизно лінійно з відношенням об'єму покриття 14 до об'єму частки 12. Механічні властивості змінюються нелінійно з відношенням об'єму покриття 14 до об'єму частки 12.

Покриття 14 зчеплено з часткою 12 шляхом, наприклад, осадження методом хімічного відновлення (метод, що розглядається нижче). Внутрішні властивості покритої частки 10 проектується шляхом керування відношенням об'єму покриття 14 до об'єму частки 12, чого можна досягти двома шляхами: 1) керуванням розміру частки 12, або 2) керуванням товщиною покриття 14.

Частка 12 включає, наприклад, елементний вольфрам, покриття 14 включає елементну мідь, і відношення об'ємів міді до вольфраму складає 27%:73%. Мідь має високу питому теплопровідність приблизно 391 Вт/м • град К (ват на метр і градус Кельвіна) та відносно високий коефіцієнт теплового розширення приблизно 17,5 млн частин/град С (мільйонних частин на градус Цельсія) в температурному діапазоні від 25°C до 400°C, тоді як вольфрам має відносно низьку питому теплопровідність - приблизно 164 Вт/м град К, і відносно низький коефіцієнт теплового розширення - приблизно 4,5 млн частин/град С, в діапазоні від 25° С до 400°C. Покрита міддю вольфрамова частка 10 має питому теплопровідність приблизно 226 Вт/м • град К при 25°C (проміжну між високою питомою теплопровідністю міді та більш низькою питомою теплопровідністю вольфраму) і запроєктований коефіцієнт теплового розширення - приблизно 8,2 млн частин/град К (проміжний між низьким коефіцієнтом теплового розширення вольфраму та більш високим коефіцієнтом теплового розширення міді) в діапазоні від 25°C до 400°C.

На фіг.2 показано штампуально-пресовий пристрій 16, що включає пуансон 18 та форму 20, яке використовується для поєднання покритих часток 10 у виріб 22 шляхом ущільнення (при цьому покриті частки 10 мають запроєктовані властивості, як це описано у зв'язку з фіг.1). Ущільнений виріб 22 спечений у твердому стані (спечено при температурі нижче точки плавлення часток і точки плавлення покриттів цих часток) або, альтернативно, спечено у рідкій фазі (спечено при температурі вище точки плавлення покриттів, але нижче точки плавлення часток). Плавлення викликає утворення границь між частками для одержання гетерогенного виробу. Покриття часток, таким чином, являє собою "матричний матеріал" (матеріал, який утримує частки разом, утворюючи виріб).

Виріб 22 має запроєктовані внутрішні фізичні властивості (наприклад, питому теплопровідність та/або коефіцієнт теплового розширення) та/або внутрішні механічні властивості (наприклад, міцність на розрив), що відповідають властивостям покритих часток 10, з яких виготовлений виріб. Запроєктовані внутрішні властивості покритих часток 10 проявляються з високим ступенем рівномірності та ізотропності по всьому виробу 22 тому, що немає невід'ємної випадковості у розподілі різних матеріалів або розділення між різними матеріалами усередині виробу 22. Тим самим внутрішні властивості виробу 22 запроєктовані на "рівні часток", а не на "рівні виробу". Виріб 22 являє собою, наприклад, теплову та конструктивну пластину для корпусу електроніки, причому теплова та конструктивна пластина запроєктована мати коефіцієнт теплового розширення, що збігається з таким самим коефіцієнтом об'єкту, до якого вона прикріплюється, і запроєктована мати високу питому теплопровідність, як це описано нижче в зв'язку з фіг.4.

Покриті міддю вольфрамові частки, наприклад, що мають відношення об'ємів міді до вольфраму 27% : 73%, ущільнюються в пресі 16 при зусиллі 200 тонн на квадратний дюйм площі поверхні для досягнення повної щільності (вище щільності приблизно 90%), і ущільнені покриті частки спікаються в твердому стані у водневій атмосфері при 1950 градусах Фаренгейта протягом приблизно півгодини.

Покриті частки 10 можуть об'єднуватись не тільки так, як описано вище, але ці покриті частки можуть також наноситись на об'єкти як покриття. На фіг.3 показано покриття 28 з покритих часток 10 із запроєктованими властивостями. Покриття 28 наноситься на поверхню виробу 30 з металу, металічного сплаву або неметалу через маску 29 для нанесення покриття. Виріб 30 може альтернативно бути виробом, що сам утворений з покритих часток шляхом будь-якого з розглянутих вище методів. В процесі нанесення покриті частки, наприклад, покриті міддю вольфрамові частки з співвідношенням об'ємів міді до вольфраму 27% : 73%, поміщуються в рідину, і покриття утворюється з часток, наприклад, оксиду берилію шляхом одного з методів нанесення, що детально розглядаються нижче. Таким чином, можливо створювати покриття безпосередньо на виробі без необхідності застосовувати з'єднання між покриттям та виробом.

Покриття 28 має запроєктовані внутрішні фізичні властивості (наприклад, питому теплопровідність, коефіцієнт теплового розширення) та/або внутрішні механічні властивості (наприклад, міцність на розрив), які збігаються з властивостями покритих часток, з яких виготовлені ці покриття. Запроєктовані внутрішні властивості покритих часток проявляються з високим ступенем рівномірності та ізотропності в усьому покритті 28 тому, що кожна частка покрита рівномірно, і тому, що відсутня невід'ємна випадковість у розподілі різних матеріалів або розділення між різними матеріалами усередині покриття 28. Таким чином, внутрішні властивості покриття 28 проєктуються на "рівні часток", а не на "рівні покриття". Проте відмітимо, що описаний вище метод нанесення може також втілюватись і у тому випадку, коли покриття 28 не містить покритих часток, але замість цього складається із суміші різних часток, вибраних з двох різних матеріалів, у підходящому співвідношенні об'ємів.

На фіг.4 показано корпус 32 електроніки, що містить напівпровідникові прилади 34, встановлені на підкладці 35, причому ця підкладка 35 підтримується комбінованою конструктивною, тепловою за заземлювальною пластиною 36, утвореною з покритих часток. Напівпровідникові прилади 34 являють собою, наприклад, високопотужні твердотільні перемикальні прилади (такі, як ті, що можуть включатись у схему транспортного засобу з електричним двигуном) і виробляють в процесі роботи значну кількість тепла. Підкладка 35, для якої напівпровідникові прилади 34 прикріплені шляхом клейового зв'язку, дифузійного зв'язку, твердого або м'якого припою або пайки, утворена з матеріалу, вибраного таким чином, щоб його коефіцієнт теплового розширення приблизно збігався з таким же коефіцієнтом напівпровідникових приладів 34, як це відомо з рівня техніки, щоб полегшити прикріплення напівпровідникових приладів 34 до підкладки 35. Конструктивну пластину 36 виготовлено згідно з цим винаходом з покритих часток. Матеріал часток, матеріал покриття та відношення об'ємів матеріалу покриття до матеріалу часток вибрані так, щоб конструктивна пластина 36 мала високу питому теплопровідність (щоб дати їй можливість працювати як тепловідвід та теплова пластина) і при цьому мала коефіцієнт теплового розширення, що практично збігається з коефіцієнтом теплового розширення підкладки 35. І питома теплопровідність, і коефіцієнт теплового розширення у високому ступені рівномірні та ізотропні в усій конструктивній пластині 36.

Підкладку 35 утворено, наприклад, з нітриду алюмінію з коефіцієнтом теплового розширення приблизно 4,4 млн частин/град. С у діапазоні від 25°C до 400°C. Конструктивну пластину виконано з покритих міддю графітових часток з відношенням об'ємів міді до графіту 24% : 76%. Це відношення об'ємів забезпечує питому теплопровідність приблизно 325 Вт/м • град. К та коефіцієнт теплового розширення приблизно 4,3 млн частин/град. С (від 25°C до 400°C), який точно збігається з цим коефіцієнтом для підкладки 35 з нітриду алюмінію. Мідний матричний матеріал забезпечує високу міцність на розрив (внутрішня механічна властивість) у конструктивній пластині 36. Альтернативно,

конструктивну пластину 36 виконано з покритих міддю алмазних часток з відношенням об'ємів міді до алмазу 20% : 80%. Це відношення об'ємів забезпечує питому теплопровідність приблизно 781 Вт/м • град. К та коефіцієнт теплового розширення приблизно 4,8 млн частин/град. С (від 25°C до 400°C).

Альтернативно, підкладку 35 утворено із оксиду берилію (BeO) з коефіцієнтом теплового розширення приблизно 7,6 млн частин/град. С (від 25°C до 400°C). Конструктивну пластину 36 виконано з покритих міддю графітових часток з відношенням об'ємів міді до графіту 42% : 58%. Це відношення об'ємів забезпечує питому теплопровідність приблизно 380 Вт/м • град. К та коефіцієнт теплового розширення приблизно 7,6 млн частин/град. С (від 25°C до 400°C), який точно збігається з таким же коефіцієнтом підкладки 35 з оксиду берилію. Альтернативно, конструктивну пластину 36 виконано з покритих міддю алмазних часток з відношенням об'ємів міді до алмазу 37% : 63%. Це відношення об'ємів забезпечує питому теплопровідність приблизно 698 Вт/м • град. К та коефіцієнт теплового розширення приблизно 7,6 млн частин/град. С (від 25°C до 400°C). Альтернативно, конструктивну пластину 36 виконано з покритих міддю вольфрамових часток з відношенням об'ємів міді до вольфраму 27% : 73%. Це відношення об'ємів забезпечує питому теплопровідність приблизно 226 Вт/м • град. К та коефіцієнт теплового розширення приблизно 8,2 млн частин/град. С (від 25°C до 400°C).

Конструктивну пластину 36 прикріплено до підкладки 35 таким чином. Тонкий шар покритих часток осаджується спочатку на нижній поверхні підкладки 35, як показано на фіг. 3, відповідно до описаного нижче методу. Потім конструктивна пластина 36, яка ущільнена (так, як це описано вище для фіг. 2), але ще не спечена, приводиться у зіткнення з поверхнею нанесення підкладки 35. Тоді вся ця конструкція спікається, щоб примусити підкладку 35 і конструктивну пластину 36 з'єднатися разом у єдину конструкцію. Альтернативно, конструктивна пластина 36 зв'язана з підкладкою 35 паянням, твердим або м'яким припоєм, дифузією або клейовим з'єднанням.

Вивідні рамки 38, до яких напівпровідникові прилади 34 прикріплені шляхом провідних зв'язків 40, що передають живлення, заземлення, вхідні та вихідні сигнали на напівпровідникові прилади 34 і від них, також виготовляються з покритих часток згідно з цим винаходом, щоб мати коефіцієнт теплового розширення, що практично збігається з коефіцієнтом теплового розширення підкладки 35. Підкладку 35 утворено, наприклад, з оксиду берилію (BeO) з коефіцієнтом теплового розширення приблизно 7,6 млн частин/град С (від 25°C до 400°C), а вивідну рамку 38 виготовлено з покритих міддю часток нікелю-42 (нікель-42 представляє собою залізо-нікелевий сплав) з відношенням об'ємів міді до нікелю-42 у 20% : 80%, питомою теплопровідністю приблизно 86,78 Вт/м • град К та коефіцієнтом теплового розширення приблизно 8,1 млн частин/град С (від 25 С до 400 С). Відмітимо, що покритий міддю нікель-42 не повинен мати такої високої питомої теплопровідності, як покритий міддю графіт, що використовується в конструктив-

ній пластині 36, тому що вивідні рамки 38 не призначені виконувати функції тепловідводу. Альтернативно, вивідні рамки можуть виготовлятися з тих самих покритих часток, з яких виготовляється конструктивна пластина 36. Вивідні рамки 38 наносяться через маску для нанесення покриття прямо на верхню поверхню підкладки 35 згідно з методом, описаним вище у зв'язку з фіг.3. В одному виконанні вивідні рамки 38 спікаються, щоб забезпечити досягнення вивідними рамками бажаної щільності.

Навіть при заданих великих рівнях потужності, теплових щільностях та робочих частотах, що характерні для нової потужної електронної техніки, і при великих і швидких змінах в температурі, які в результаті звичайно відбуваються під час роботи напівпровідникових приладів 34, малоімовірно, що з'являється тріщини і відшарування у з'єднаннях підкладки 35 та вивідних рамок 38 і між підкладкою 35 та конструктивною пластиною 36, внаслідок практичного збігу коефіцієнтів теплового розширення у з'єднанні та з-за рівномірності та ізотропності, з якими питома теплопровідність та коефіцієнти теплового розширення проявляються у всій конструктивній пластині 36 та в усіх вивідних рамках 38. Внаслідок цього вся конструкція 32 корпусу має довгий строк служби.

Запроектовані внутрішні властивості виробу, виготовленого згідно з описаним вище методом, не тільки є функцією матеріалів, вибраних для часток і покриттів часток і функцією відношення об'ємів покриваючого матеріалу до матеріалу, з якого утворені самі ці частки, але у доповнення до цього, на поведінку цих внутрішніх властивостей подібних виробів у залежності від температури (наприклад, ступінь лінійності коефіцієнту теплового розширення в залежності від температури) впливають щільності виробу. Таким чином, керуючи щільністю такого виробу, можна наблизити поведінку коефіцієнту теплового розширення виробу в залежності від температури до коефіцієнту теплового розширення кераміки (який поводить себе нелінійно в залежності від температури) в критичних температурних діапазонах обробки.

Фіг.5 представляє графік теплового розширення у мільйонних частинах як функція температури для виробів, утворених з покритих міддю вольфрамових часток з відношенням об'ємів міді до вольфраму 27% : 73% (15% міді до 85% вольфраму за вагою) при щільностях приблизно 100% (теоретична щільність), 95% та 90%, і для двох керамічних матеріалів (BeO та Al_2O_3), з якими характер розширення виробу може приблизно збігатися в критичних температурних діапазонах обробки за рахунок вибору придатної щільності. Відмітимо, що ступінь, до якого розширюється виріб (тобто значення коефіцієнту теплового розширення), зменшується при зменшенні щільності. Тим самим можна вибирати поведінку коефіцієнту теплового розширення (або поведінку інших властивостей, таких як питома теплопровідність) в залежності від температури, і в цілому можна тим самим додатково уточнювати фізичні властивості шляхом вибору щільності, при якій виготовляється виріб. Відмітимо, що властивостями виробів, що виготовляються з непокритих часток, також можна керува-

ти шляхом вибору щільностей, при яких ці вироби виготовляються.

Способи покриття.

Звернемося спочатку до способів покриття самих часток. Потім розглянемо способи нанесення на вироби покриттів з покритих часток.

На фіг.1 покриття 14 нанесено на частку 12 за допомогою використання відповідного процесу осадження методом хімічного відновлення (автокаталітичного осадження). Частки, що підлягають покриттю, поміщаються у ванну хімічного відновлення, яка містить водний розчин іонів металу, один або більше хімічних відновників, каталізатор, один або більше комплексоутворювальних реагентів і один або більше ваннових антикоагуляторів. Іони металу автокаталітично або хімічно відновлюються до металу за допомогою відновника або відновників, при цьому відновник або відновники діють як донори електронів, а іони металу діють як акцептори електронів. Каталізатор прискорює реакцію хімічного відновлення. Комплексоутворювальний реагент або реагенти використовуються для керування показником pH розчину і для керування величиною "вільних" іонів металу, доступних для розчинення. Антикоагулятори діють як каталітичні інгібітори для гальмування можливого спонтанного розкладення ванни. В одному виконанні, наприклад, частки, які піддаються нанесенню, є частками графіту, алмазу або карбиду кремнію, іони міді надходять з водним сульфатом міді, відновником є формальдегід, каталізатор являє собою паладій, комплексоутворювальний реагент - один або більше з групи, куди входять: сегнетова сіль, виннокислий етилендіамін (EDTA), гідроокис амонію, піридин-3-сульфофосфат та/або виннокислий калій, а антикоагулятор - один або більше з групи, куди входять: тіодігіклолева кислота, MBT, тіосечовина, ціанистий натрій та/або оксид ванадію.

Осадження методом хімічного відновлення створює або механічний зв'язок, або хімічний зв'язок між покриттям 14 та часткою 12. Цей зв'язок, як правило (але не завжди), буде механічним, якщо або покриття 14, або частка 12 є неметалом, і, як правило, буде хімічною, якщо і покриття 14, і частка 12 є металами.

Альтернативні способи покриття часток включають електролітичне нанесення, напилювання із газоподібного середовища і напилювання з рідинного середовища.

Як показано на фіг. 10, в деяких виконаннях, в яких покриття 14 утворило б тільки механічний зв'язок з часткою 12, якщо б покриття 14 було нанесено прямо на частку осадження шляхом хімічного відновлення, частка 12 попередньо покрита над тонким шаром 68 (на кресленнях товщина збільшена) матеріалу попереднього покриття, а потім нанесено покриття 14. Попереднє покриття (пограничне покриття) 68 міцно зв'язано з часткою 12 і покриттям 14, створюючи міцну, стійку до руйнування, хімічно зв'язану покриття частку 10. Наприклад, якщо частка 12 є графітом або алмазом, а покриття 14 являє собою мідь, то покриття 14 утворило б механічний зв'язок з графітом або алмазом, якщо б покриття 14 було нанесено прямо на графіт або алмаз. Замість цього на частку 12 спочатку наноситься попереднє покриття 68 з такого

металу, як хром або кобальт-вольфрамовий сплав з товщиною в діапазоні від 200 до декількох тисяч ангстрем, причому попереднє покриття 68 утворює когезійний склад з часткою 12 на поверхні розділу між попереднім покриттям 68 та часткою 12. Потім покриття 14 наноситься на хромове або кобальт-вольфрамове попереднє покриття 68, при цьому попереднє покриття 68 утворює металургійний зв'язок з покриттям 14. Попереднє покриття практично не впливає на питому теплопровідність або коефіцієнт теплового розширення покритої частки 10, тому що це попереднє покриття є надтонким. В одному виконанні мала керована величина паладієвого або борового каталізатора осаджується разом з кобальт-вольфрамовим матеріалом попереднього покриття, причому цей каталізатор служить для прискорення реакції хімічного відновлення, завдяки якій мідне покриття 14 осаджується на кобальт-вольфрамове попереднє покриття 68.

Попереднє покриття використовується також, коли покриття 14 реагує з часткою 12, роз'їдається нею або руйнується від неї якимось іншим шляхом, або навпаки. Наприклад, якщо частка 12 представляє собою графіт або алмаз, а покриття 14 - алюміній, то високореагентний алюміній розчиняв би графіт або алмаз, якщо б покриття 14 було нанесено прямо на частку 12. Замість цього на частку 12 спочатку осаджується тонкий шар 68 металу, такого як хром або кобальт-вольфрам, а тоді на попереднє покриття 68 нанесено покриття 14 для утворення покритої частки 10. Це попереднє покриття 68 утворює когезійний зв'язок з графітовою або алмазною часткою 12, тим самим охороняючи частку 12 від алюмінієвого матричного матеріалу. Таким чином, попереднє покриття 68 дозволяє випускати вироби з покритих часток, коли частки та їх покриття в іншому випадку намагались би реагувати одна з другою.

Попереднє покриття 68 робить також можливим підмішувати частки, покриті тонким шаром попереднього покриття (але без покриття 14) у розплавлений сплав, де частки і сплав в іншому випадку намагались би вступати в реакцію один з одним. Наприклад, графітові частки, покриті тонким шаром кобальт-вольфрамового попереднього покриття, добавляються у алюмінієвий сплав у вакуумі, і цей сплав, що містить частки, відливається під тиском або витискається у сітчастий (або приблизно сітчастий) виріб, який в одному виконанні використовується як продукт теплового керування для електроніки (наприклад, тепловідвід і теплова пластина). Кобальт-вольфрамове попереднє покриття створює когезійний зв'язок з графітовими частками і утворює металургійний зв'язок з алюмінієвим сплавом. Відношення об'ємів часток у матеріалі сплаву (частки складають приблизно до 50% за об'ємом) вибирається так, щоб викликати у результуючому виробі запроєктовані фізичні властивості, такі як питома теплопровідність або коефіцієнт теплового розширення. Альтернативно, попередньо покриті частки добавляються до сплаву, щоб механічно зміцнити результуючий виріб або вплинути на його вагу.

Розглянемо тепер способи нанесення на вироби покриттів з покритих часток. Звернемося знову до фіг.3, де на виріб 30 нанесено покриття 28 з покритих часток 10 (виріб 30 при цьому є, напри-

клад, підкладкою, на якій покриття 28 утворює, наприклад, вивідну рамку). Якщо виріб 30 - металічний або з металічного сплаву, то покриття 28 електролітично осаджено прямо на виріб 30 шляхом описаного нижче методу. Якщо виріб 30 не є провідником (наприклад, кераміка), то виріб 30 спочатку покритий тонким покриттям з матеріалу, що є провідником, такого як матричний матеріал, яким покриті частки 10, за допомогою осадження методом хімічного відновлення (автокаталітичного відновлення). Ванна хімічного відновлення містить водний розчин, в якому знаходяться іони металу, один або більше хімічних відновників, каталізатор, один або більше комплексоутворювальних реагентів і один або більше ванних коагуляторів, як описано вище. Іони металу автокаталітично і хімічно відновлюються за допомогою відновника або відновників, які примушують метал осаджуватись на виріб 30. Альтернативно, частки (не покриті, з попереднім покриттям або покриті) розміщуються у водному розчині, і частки покриваються металом і одночасно покриті металом частки наносяться на виріб 30. Внаслідок того, що осадження методом хімічного відновлення повільніше, ніж електролітичне нанесення, покриті частки 10 електролітично наносяться на тонкий провідний шар (шляхом описаного нижче методу) як тільки утворено цей тонкий провідний шар, формуючи за рахунок цього покриття 28.

Згідно з фіг. 11, покриття 28 наноситься на провідний виріб 30 (або непровідний виріб, металізований тонким провідним шаром, як це описано вище) за допомогою використання електролітичного соосадження покритих часток 10 і матричного матеріалу (матеріалу, з якого утворені покриття 14 покритих часток 10) на виріб 10. В міру того, як покриті частки 10 (наприклад, графітові частки 12, покриті тонким проміжним попереднім покриттям 68 з хрому або кобальту-вольфраму, на яке наноситься мідне покриття 14) осаджуються на виріб 30, матричний матеріал одночасно осаджується навколо покритих часток для заповнення проміжків між покритими частками, утворюючи покриття 28.

Як показано на фіг. 12, в альтернативному способі електролітичного осадження матричний матеріал і частки 12 (що покриті попереднім покриттям 68, як це описано вище, але які ще не покриті матричним матеріалом) соосаджуються на виріб 30. В міру того, як частки 12 осаджуються на виріб 30, ці частки одночасно покриваються матричним матеріалом для утворення покриття 28. Наприклад, частки 12 є графітом, матричний матеріал - міддю, а матеріалом попереднього покриття є такий метал, як хром або кобальт-вольфрам.

Альтернативно, покриття 28 утворюється на виробі 30 напилюванням з газоподібної фази або напилюванням з рідкої фази покритих часток 10 на виріб. Покриття 28 потім спікається, після чого покриття 28 проявляє власну вибрану внутрішню властивість або вибрані внутрішні властивості.

Інші виконання.

Графіт або алмаз є хорошими матеріалами, з яких формують частки 12, коли виріб або покриття, що виготовляються, повинні мати низький коефіцієнт теплового розширення і високу питому теплопровідність, тому що ці матеріали не тільки мають низький коефіцієнт теплового розширення (як

вольфрам або молібден), але також мають відносно високу питому теплопровідність (на відміну від вольфраму та молібдену). Отже, ці матеріали переважають в тому плані, що вони не мають шкідливого побічного ефекту зниження питомої теплопровідності покритих часток, а також виробів та покриттів, утворених з цих покритих часток.

Коли виріб або покриття, що виготовляється, повинні мати коефіцієнт теплового розширення, що збігається з таким же коефіцієнтом кремнієвого напівпровідникового або інтегрального приладу, до якого цей виріб або покриття безпосередньо прикріплюється (кремній має коефіцієнт теплового розширення приблизно 4,2 млн частин/град С), цей виріб або покриття містить, наприклад, покриті міддю алмазні частки з відношенням об'ємів міді до алмазу приблизно 20% : 80% або покриті міддю графітові частки з відношенням об'ємів міді до графіту приблизно 24% : 76%.

Можна запроєктувати багато внутрішніх властивостей, інших, ніж питома теплопровідність або коефіцієнт теплового розширення. Наприклад, можна запроєктувати електропровідність виробу у комбінації з проектуванням інших внутрішніх властивостей. Таким чином, в одному виконанні вибір між використанням графітових часток (які є електропровідними) та алмазних часток (які є електричними ізоляторами) засновано на бажаній електропровідності виробу.

Як показано на фіг.2, часткам 10 не треба складатися повністю з покритих часток. Альтернативно, суміш покритих часток, поєднаних з іншими частками (наприклад, покриті міддю вольфрамові частки можна поєднати з мідними частками), може ретельно перемішуватись, а після ущільнюватись, щоб сформувати виріб 22 з внутрішніми властивостями, які є функцією відношень об'ємів всіх матеріалів у суміші, причому виріб 22 проявляє внутрішні властивості ізотропно. Альтернативно, покриті частки поєднуються з матеріалами, які проявляють одне або більше внутрішніх властивостей анізотропно, що, в свою чергу, примушує і виріб проявляти одну або більше внутрішніх властивостей анізотропно. Наприклад, покриті частки змішуються з кристалічними матеріалами, що мають властивості, різні в різних напрямках, причому ці кристалічні матеріали змішуються з покритими частками таким чином, щоб кристалічні матеріали намагались орієнтуватись у загальному напрямку. В іншому прикладі покриті частки змішуються з вуглецевими волокнами, причому ці вуглецеві волокна намагаються орієнтувати в загальному напрямку. Вуглецеві волокна забезпечують міцність на розрив, яка змінюється в залежності від напрямку.

Альтернативні методи виготовлення виробів з покритих часток включають пресування інжекцією металу, гаряче ізостатичне пресування ("hipping"), холодне ізостатичне пресування ("cipping"), гаряче або холодне ізостатичне кування, гаряче або холодне валкове ущільнення (яке ущільнює покриті частки, що поєднуються) та пресування тиском.

Якщо покриті частки 22 ущільнюються до щільності, що наближується до "повної щільності" (щільність, при якій ущільнені покриті частки мають пористість "рівня 2" або "рівня 3" або "невзає-

мопов'язано", тобто пористість, яка не забезпечує міжпоєднувальних проходів, що проходять з одного боку виробу на другий), то процес спікання не збільшує щільності і не змінює розмірів виробу. Щільність виробу, а тим самим і кінцеві розміри виробу можуть точно керуватись при ущільненні. Особливо доцільно ущільнювати до повної щільності, коли частки містять певні неметали, такі як графіт, тому що, наприклад, покриті міддю графітові частки можуть ущільнюватись до повної щільності при відносно низькому тиску від 60 до 80 тонн на квадратний дюйм. Коли частки сформовані з металу або металічного сплаву (покриті частки металом чи не покриті), для ущільнення часток до повної щільності звичайно необхідний тиск від 80 до 200 тонн на квадратний дюйм.

На фіг.6 показано прилад 16 відливання під тиском, що включає пуансон 18 та форму 20 який використовується для поєднання двох різних шарів 24 та 26 з часток шляхом ущільнення для одержання виробу 25 з внутрішніми властивостями, які змінюються від шару до шару. Шари 24 та 26 складаються з часток, складених з різних матеріалів або тих, що мають різні відношення об'ємів матеріалів, з яких утворені ці частки. Частки не обов'язково є покритими частками. Частки вводяться до форми 20 в шарах 24 та 26, ущільнюються до вибраної щільності, щоб надати залежні від температури внутрішні властивості (наприклад, питома теплопровідність або коефіцієнт теплового розширення), як це розглянуто вище у зв'язку з фіг.5, і спікаються в атмосфері водню приблизно півгодини. Це спікання примушує частки шарів 24 та 26 зв'язуватись на границі розділу між двома шарами, щоб одержати єдиний шаруватий виріб.

Наприклад, шар 24 містить покриті міддю вольфрамові частки з відношенням об'ємів міді до вольфраму 27% : 73%, а шар 26 містить частки з елементної міді. Шар 24 після ущільнення має питому теплопровідність приблизно 225,78 Вт/м • град К та коефіцієнт теплового розширення приблизно 8,28 млн частин/град С. Шар 26 після ущільнення має питому теплопровідність приблизно 390 Вт/м • град К та коефіцієнт теплового розширення приблизно 18,04 млн. частин/град С. Шаруватий виріб 25 включається безпосередньо між двома об'єктами з різними коефіцієнтами теплового розширення, що збігаються коефіцієнтами теплового розширення шарів 24 та 26. Наприклад, шар 24 прикріплюється до берилієвої кераміки, а шар 26 дифузійно зв'язується з мідним тепловідводом.

Альтернативно, шар 24 включає покритий міддю алмаз з відношенням об'ємів міді до алмазу 20% : 80%, а шар 26 складається з покритого міддю графіту з відношенням об'ємів міді до графіту 24% : 76%. Після ущільнення кремнієвий кристал прикріплюється до того боку виробу 25, який відповідає шару 26, а підкладка з нітриду алюмінію прикріплюється до другого боку виробу 25, який відповідає шару 24. Шар 24 має питому теплопровідність приблизно 7 Вт/м • град К та коефіцієнт теплового розширення приблизно 4,8 млн частин/град С (від 25°C до 400°C), який практично збігається з коефіцієнтом теплового розширення підкладки з нітридом алюмінію. Шар 26 має питому

теплопровідність приблизно $379 \text{ Вт/м} \cdot \text{град К}$ і коефіцієнт теплового розширення приблизно $4,3 \text{ млн частин/град С}$ (від 25°С до 400°С), який практично збігається з коефіцієнтом теплового розширення кремнієвого кристалу. Шар 24 альтернативно спроектований так, щоб прикріплюватись до підкладки з оксиду берилію, при цьому шар 24 має відношення об'ємів міді до алмазу $37\% : 63\%$, тому теплопровідність приблизно $69 \text{ Вт/м} \cdot \text{град К}$ та коефіцієнт теплового розширення приблизно $7,6 \text{ млн частин/град С}$ (від 25°С до 400°С), який практично збігається з коефіцієнтом теплового розширення підкладки з оксидом берилію.

Таким чином, шаруватий виріб 25 включається безпосередньо між двома об'єктами різними коефіцієнтами теплового розширення. Границя між різними коефіцієнтами теплового розширення знаходиться усередині шаруватого виробу 25, а не на одній або більше границях розділу між поверхнями виробу та інших приладів. Крім того, є лише одна границя (розташована між двома шарами усередині шаруватого, роздільного виробу 25), на якій має місце незбіг коефіцієнтів теплового розширення, а не серія таких границь, розташованих між шарами різномірних виробів, що ідуть один за одним. Оскільки мідні зв'язки між частками здатні деформуватись у холодному стані, ці мідні зв'язки намагаються поглинати напруження теплового розширення і, внаслідок цього, у з'єднанні між двома шарами немає розтріскування або розшарування. Крім того, оскільки зв'язки піддатливі і оскільки всі зв'язки утворені того ж самого матеріалу (всі зв'язки мідь з міддю), ці зв'язки намагаються поглинати напруження однаково, внаслідок цього виріб не намагається вигинатись дугоподібно або хвилюподібно при великих змінах температури. У альтернативному виконанні у виробі 25 більше, ніж два шари, і, отже, є більш ніж одна внутрішня границя, на якій має місце незбіг коефіцієнтів теплового розширення. Цей незбіг на кожній границі менший, ніж той незбіг, що відбувається на єдиній границі усередині шаруватого виробу 25.

На фіг.7 показано гібридний корпус 72 електроніки з сторонами 48, основою 46 та кришкою 50, який використовується як корпус для напівпровідникових інтегральних схем та інших електронних приладів. Гібридні корпуси електроніки у загальному випадку виготовляються із залізо-нікелевого сплаву, відомого як КОВАР, який має коефіцієнт теплового розширення, що приблизно рівний тому ж коефіцієнту скляних ізоляторів, які використовуються для ізоляції вивідних отворів 44 від провідного корпусу з КОВАРА. Застосування винаходу до виготовлення гібридного корпусу 72 залежить від того, чи використовується звичайна скляна ізоляція для ізолювання вивідних отворів 44, або ж використовується інша ізоляція.

Якщо використовується звичайна скляна ізоляція, то метою є виготовлення гібридного корпусу з коефіцієнтом теплового розширення, що практично збігається з тим же коефіцієнтом у КОВАРУ, але з більш високою питомою теплопровідністю, ніж у КОВАРА. Наприклад, гібридний корпус може виготовлятися з покритих залізом графітових часток з відношення об'ємів заліза до графіту $26\% : 74\%$, коефіцієнтом теплового розширення приблизно $3,2 \text{ млн частин/град С}$ (від 25°С до 400°С),

який практично збігається з тим же коефіцієнтом у КОВАРА і питомою теплопровідністю приблизно $295 \text{ Вт/м} \cdot \text{град. К}$, яка набагато вища, ніж питомою теплопровідністю КОВАРА (приблизно $11 \text{ Вт/м} \cdot \text{град. К}$).

Якщо скло для ізоляції вивідних отворів 44 замінюється низькотемпературною скляною керамікою, то гібридний корпус 72 виготовляється, наприклад, з покритих міддю графітових часток з відношенням об'ємів міді до графіту $39\% : 61\%$. Це відношення об'ємів забезпечує високу питому теплопровідність приблизно $379 \text{ Вт/м} \cdot \text{град. К}$ та коефіцієнт теплового розширення приблизно $6,9 \text{ млн частин/град С}$ (від 25°С до 400°С), який запроєктований, щоб практично збігатись з коефіцієнтом теплового розширення скляного керамічного матеріалу який використовується для ізоляції вивідних отворів 44.

Коефіцієнт теплового розширення в усьому гібридному корпусі 72 електроніки у високому ступені рівномірний. Оскільки основа 46 та сторони 48 гібридного корпусу 72 електроніки можуть виготовлятися разом з січастими як єдине ціле (тоді як у корпусі з КОВАРА основа 46 і сторони 48 звичайно обробляються окремо, з цільних шматків матеріалу КОВАРА), корпус 72 може виготовлятися без подорожчання, за рахунок вартості верстатної обробки або паяння основи 46 та сторін 48, хоч кришка 50 повинна прикріплюватись до сторін 48 шляхом пайки після того, як інтегральна схема буде поміщена усередину корпусу.

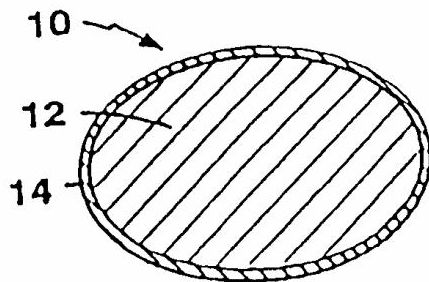
На фіг.8 показано корпус 52 електроніки з набором інтегральних схем 54, встановлених на підкладку 56 з низькотемпературної скляної кераміки, яка підтримується комбінованою конструктивною, тепловою та заземлювальною пластиною 58. Конструктивна пластина 58 виготовляється з покритих міддю графітових часток з відношенням об'ємів міді до графіту $39\% : 61\%$. Це відношення об'ємів забезпечує високу питому теплопровідність приблизно $379 \text{ Вт/м} \cdot \text{град. К}$, високу міцність на розрив та коефіцієнт теплового розширення приблизно $6,9 \text{ млн частин/град С}$ (від 25°С до 400°С), який практично збігається з коефіцієнтом теплового розширення керамічної підкладки 56. Цей коефіцієнт теплового розширення у високому ступені рівномірний та ізотропний в усій конструктивній пластині 58. Покриті міддю графітові частки, з яких виготовлено конструктивну пластину 58, ущільнюються до щільності, вибраної так, щоб характер розширення конструктивної пластини 58 практично збігався з нелінійним характером розширення керамічної підкладки 56. Потім покриті частки спікаються. "Незріла" керамічна підкладка 56 (керамічна підкладка, яка ще не прожарювалась) нашаровується потім на конструктивну пластину 58, після чого "незріла" керамічна підкладка 56 прожарюється. Керамічна підкладка 56 має температуру прожарювання нижче температури, при якій конструктивна пластина 58 спікається у твердому стані. Внаслідок цього, коли керамічна підкладка 56, що її встановлено на конструктивній пластині 58, прожарюється, покриття часток в конструктивній пластині не розплавляються. Попередньо спекена конструктивна пластина 58 забезпечує високі виходи виробництва за рахунок одержання

конструктивної платформи, на якій можна працювати в усьому виробничому циклі з тонкими крижкими шарами кераміки та/або скла без поломки.

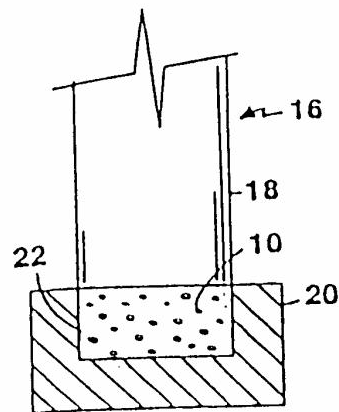
На фіг.9 показано високопотужний напівпровідниковий компресійний модуль 60, який включає кремнієвий напівпровідниковий прилад 62, наприклад кремнієвий вимикач розміром приблизно у півдолара або срібний долар, що має коефіцієнт теплового розширення приблизно 4,3. Напівпровідниковий прилад 62 притискається з силою приблизно 5000 фунтів до тепловідводу 64, утвореному з покритих міддю графітових часток згідно з винаходом. Напівпровідниковий прилад 62 має молібденову задню поверхню з низьким коефіцієнтом теплового розширення, яка примикає ззаду до алюмінієвого тепловідводу 66 (що не виготовляється з часток). Тепловідвід 64, що має відношення об'ємів міді до графіту 24% : 76%, спроектований так, щоб мати високу теплопровідність 379 Вт/м · град К та коефіцієнт теплового розширення 4,3 млн частин/град С (від 25°C до 400°C), що практично збігається з коефіцієнтом теплового розширення напівпровідникового приладу 62, причому цей коефіцієнт теплового розширення у великому ступені рівномірний в

усьому тепловідводі 64. Проектування коефіцієнту теплового розширення тепловідводу 64 подовжує строк служби напівпровідникового приладу 62 шляхом запобігання подрапин на напівпровідниковому приладі 62 з-за натискання взаємодіючого з ним тепловідводу 64, що може викликати коротке замикання.

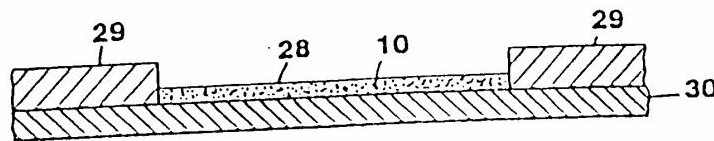
Розглянуто нові та вдосконалені пристрій та методи проектування внутрішніх властивостей виробів, що виготовляються шляхом об'єднання часток. Очевидно, що спеціалісти можуть тепер виконувати багаточисленні використання і модифікації описаних конкретних застосувань і відступу від них без відходу від винахідницької концепції. Наприклад, принципи винаходу можуть бути прикладені і в інших областях, таких як вогнепальна зброя та бойова техніка, щоб забезпечити у гільз та снарядів ті ж самі коефіцієнти теплового розширення, що і у гармат, з яких вони вистрілюються, які можуть бути покриті усередині керамічним матеріалом. Отже, винахід належить тлумачити як той, що охоплює всі і кожну нові ознаки і нові комбінації ознак, представлені або ті, що містяться, у розглянутих тут пристрої та методах, і обмежене єдино духом та об'ємом формули винаходу.



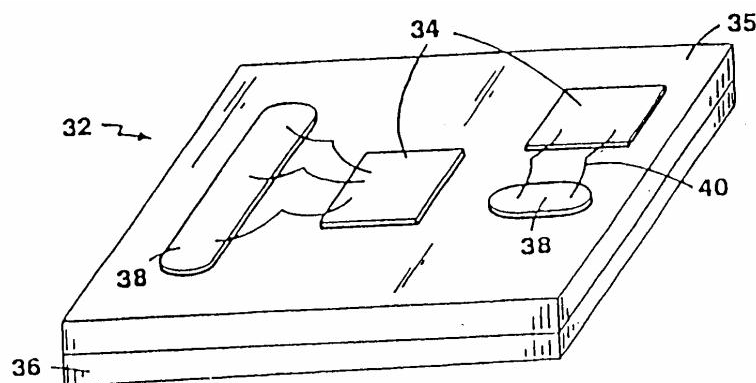
Фіг. 1



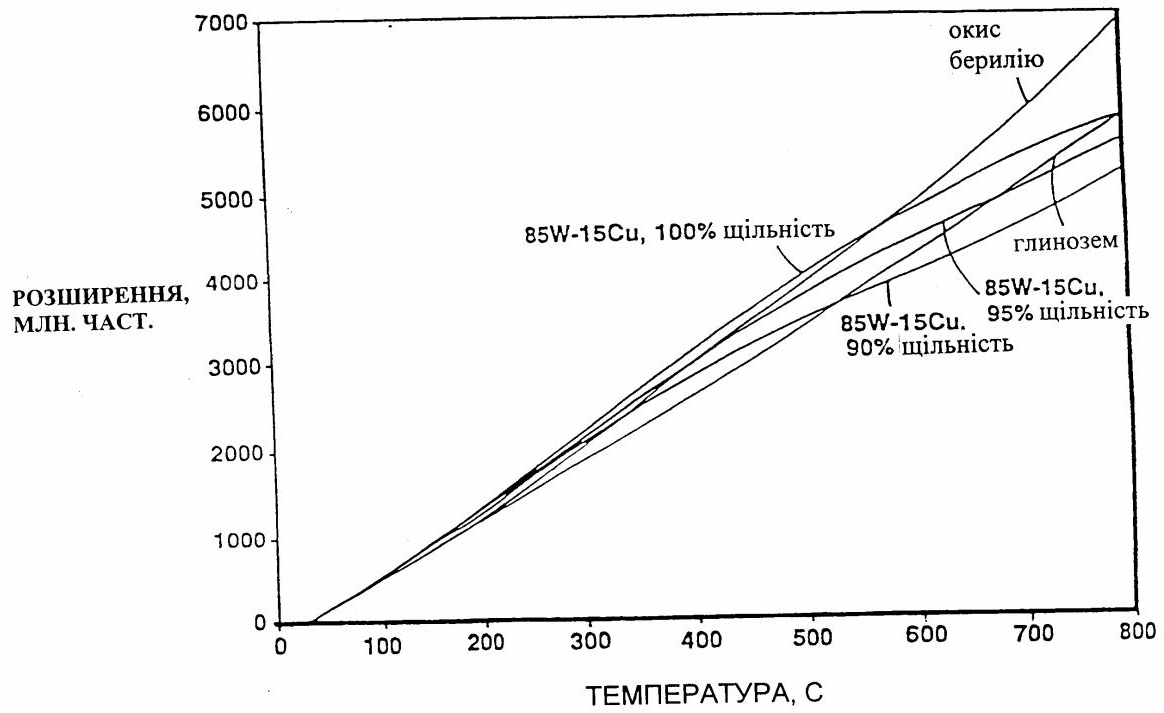
Фіг. 2



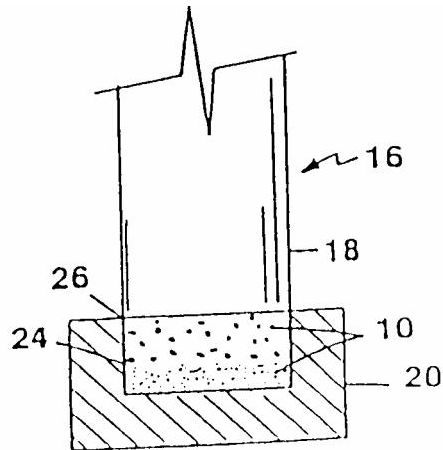
Фіг. 3



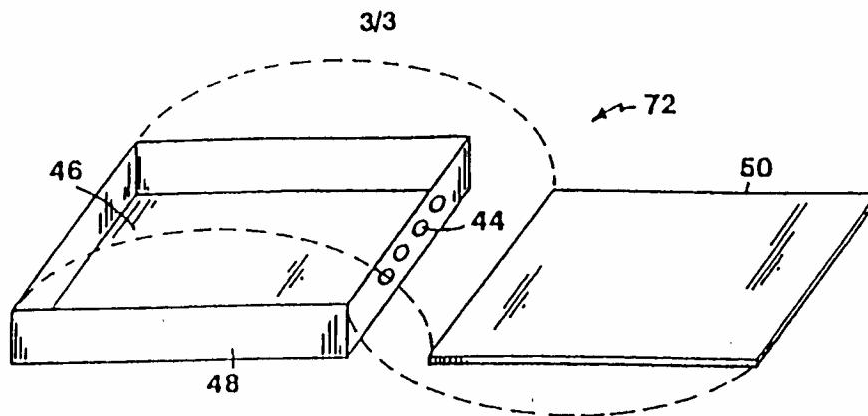
Фіг. 4



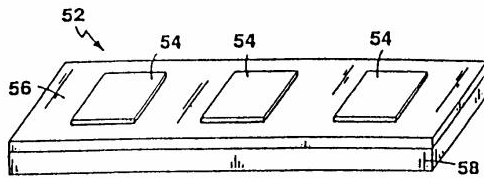
Фіг. 5



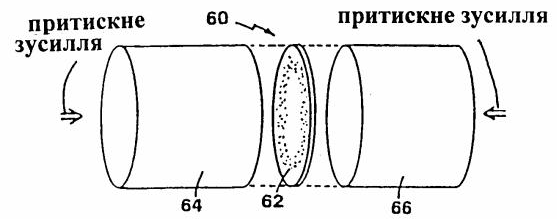
Фіг. 6



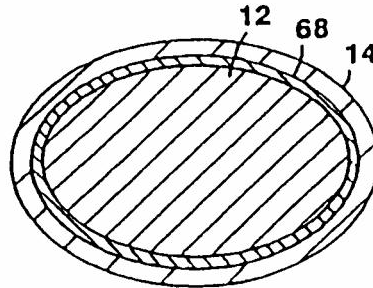
Фіг. 7



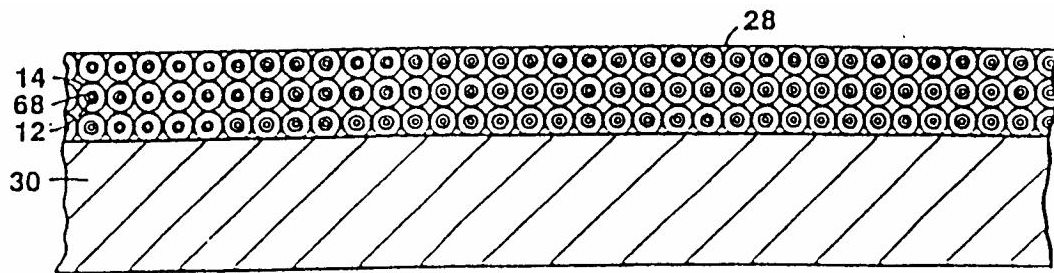
Фіг. 8



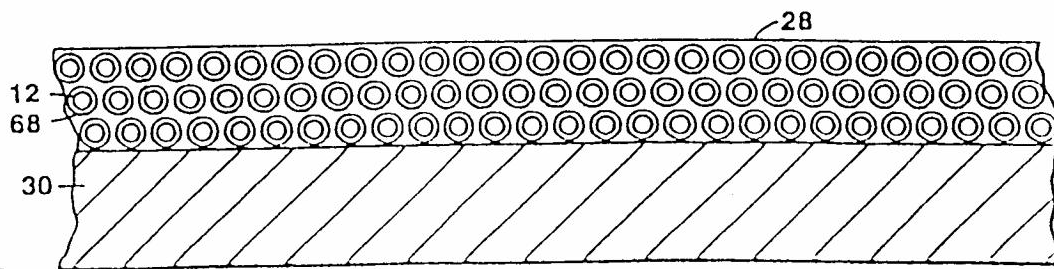
Фіг. 9



Фіг. 10



Фіг. 11



Фіг. 12

Тираж 50 екз.

Відкрите акціонерне товариство «Патент»
Україна, 88000, м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101
(03122) 3 – 72 – 89 (03122) 2 – 57 – 03