



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 45075

(13) A

(51) 7 H05K7/20

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ
ВЛАСНИКА
ПАТЕНТУ

(54) МІКРОЗБОРКА ЕЛЕКТРОННОГО БЛОКА

1

2

(21) 2001042891

(22) 27 04 2001

(24) 15 03 2002

(46) 15 03 2002, Бюл. № 3, 2002 р.

(72) Ніколаєнко Юрій Єгорович

(73) Ніколаєнко Юрій Єгорович

(57) Мікрозборка електронного блока, що містить багат шарову керамічну плату з зоною на її поверхні для розташування тепловидільних елементів та систему каналів охолодження всередині вказаної плати, живильний колектор з порожниною, тепловий роз'єднувач для теплового сполучення з системою охолодження електронного блока, вхідні та вихідні кінці каналів охолодження вищевказаної плати, розташовані на двох протилежних її торцях, а тепловий роз'єднувач виконано у вигляді порожнього елемента, що встановлений на верхньому торці плати, на якій розташовані вихідні кінці каналів охолодження, з забезпеченням його обхвату і сполучений своєю порожниною з указаними вище каналами охолодження, а вхідні кінці каналів сполучені з порожниною живильного колектора, яка

відрізняється тим, що корпус порожнього елемента виконано герметичним, а внутрішня поверхня полиці корпусу розташована під кутом до горизонту, причому принаймні один канал плати має еквівалентний діаметр більший еквівалентного діаметра кожного з інших каналів плати і розміщений в межах плати поза зоною для розташування тепловидільних елементів, а нахил внутрішньої поверхні полиці порожнього елемента направлено до каналу з більшим еквівалентним діаметром, при цьому порожнини живильного колектора та каналів плати заповнені рідким теплоносієм

2 Мікрозборка електронного блока за п. 1, яка відрізняється тим, що живильний колектор з порожниною виконано єдиним цілим з багат шаровою керамічною платою як її продовження

3 Мікрозборка електронного блока за п. 1, яка відрізняється тим, що порожнини каналів плати, живильного колектора та порожнього елемента сполучені між собою з утворенням вакуумнощільної рідинно-парової камери

Запропонований пристрій відноситься до галузі мікроелектроніки і може бути використаний при конструюванні електронних модулів з підвищеною щільністю теплового виділення

При конструюванні швидкодіючих електронно-обчислювальних машин широко використовуються керамічні багатокристалні модулі надвеликих інтегральних схем з питомою тепловою потужністю, яку вони розсіюють, більш, ніж 10^5 Вт/м^2 , що потребує високоефективного охолодження кристалів для забезпечення їх нормального теплового режиму (див книгу Савельєв А.Я., Овчинников В.А. Конструирование ЭВМ и систем - М. Высш. школа, 1989 - С. 182 - 183)

Відома мікрозборка електронного блока (див пат. США № 4739443, кл. H05K7/20, 1987 р.), що містить у своєму складі багат шарову комутаційну плату, складену з двох керамічних підкладінок. Керамічні підкладінки з'єднані між собою шаром скла. Кожна керамічна підкладінка покрита з обох

сторін шаром металічної фольги, що приєднані до підкладінок за допомогою шару скла. На зовнішніх поверхнях підкладінок встановлені кристали інтегральних схем. Мікрозборка загерметизована кришками. Канали системи охолодження виконані травленням канавок в металічній фользі на внутрішній поверхні підкладінок з наступним з'єднанням підкладінок шаром скла. Сполучення каналів охолодження мікрозборки з системою охолодження електронного блока здійснено тонкими металічними трубками, по яким подається охолоджуюча рідина до каналів мікрозборки

Недоліком відомого пристрою є складність конструкції та невисока ремонтпридатність, оскільки вилученню мікрозборки з електронного блоку з метою її ремонту чи заміни заважають металічні трубки системи охолодження. Крім того, наявність в конструкції мікрозборки шарів скла з низкою теплопровідністю знижує ефективність передачі теплоти від інтегральних схем к каналам охолоджен-

(13) A

(11) 45075

(19) UA

ня

Відома інша конструкція мікрозборки електронного блока (див. статтю Джерри Лай-мен Многокристалльные модули с охлаждающими микроканалами - Журнал «Электроника», 1986, № 10, с. 20 - 21), яка містить у своєму складі багат шарову керамічну плату з розміщених всередині неї системою мікроканалів охолодження. Багат шарова керамічна плата виконана у вигляді керамічної пластини з розмірами 85×105 мм, у верхньому шарі якої розташовані провідникові з'єднання для комутації кристалів інтегральних схем і електричного сполучення з іншими елементами електронного блока, а у нижньому - канали системи охолодження. Система охолодження багат шарової керамічної плати виконана у вигляді розміщених всередині плати взаємопов'язаних між собою 29 мікроканалів складної конфігурації, що мають загальний вхід і загальний вихід. Система каналів розпочинається від вхідного отвору на торці плати каналом-розподільником. Від нього відходить ряд паралельних каналів з меншим перерізом, що дорівнює $0,4 \times 0,8$ мм, розташованих на одному або різних рівнях рівномірно по довжині розподільника і перпендикулярно до нього. Вихідні кінці мікроканалів об'єднані каналом-колектором, вихід якого розташований на торці плати. На торцях плати у місцях розміщення входу канала-розподільника та вихіда канала-колектора розташовані штуцери та трубопроводи, завдяки яким забезпечується теплове з'єднання системи охолодження мікрозборки з системою охолодження електронного блока.

Одним з недоліків такої конструкції є значний гідравлічний опір мікроканалів, що потребує значних енерговитрат на прокачку рідкого теплоносія через ці мікроканали. Другий суттєвий недолік - нерівномірність та недостатня ефективність охолодження кристалів інтегральних схем, встановлених на платі, внаслідок нагріву теплоносія по мірі проходження його по довжині мікроканалів. Третій недолік - низька ремонтпридатність, оскільки негачному вилученню мікрозборки з електронного блока та заміні її заважають трубопроводи, що сполучають між собою мікрозборку та блок.

Найбільш близьким до запропонованого за сукупністю ознак і технічному результату є пристрій-прототип, відомий з патенту України № 3247 від 1994 р., МПК H05K 7/20, опубл. 26.12.94 р., бюл. № 5 - 1 мікрозборка електронного блока, що містить у своєму складі багат шарову керамічну плату з системою паралельних каналів охолодження всередині неї, теплові роз'єднувачі для сполучення каналів охолодження плати з системою охолодження електронного блока, в якій кінці паралельних каналів охолодження плати розташовані на двох протилежних її торцях. Теплові роз'єднувачі виконані у вигляді порожніх елементів зі штуцерами, причому порожні елементи встановлені на торцях указаної вище плати, на яких розташовані кінці каналів охолодження з забезпеченням їх обхвата. Порожні елементи сполучені своїми полостями з вищеуказаними каналами охолодження і виконані, як приклад, у вигляді прямокутних паралелепіпедів без однієї бокової грані. Штуцери підвода та відводу рідини розташовані по центру бокової поверхні порожніх елементів. Сполучення каналів системи

охолодження мікрозборки з водяною системою охолодження електронного блока здійснюється за допомогою штуцерів та трубопроводів.

Така конструкція пристрою забезпечує подачу теплоносія у всі паралельні канали мікрозборки з температурою, близькою до температури теплоносія на вході у вхідний порожній елемент, завдяки його зменшеному термічному опору, що підвищує ефективність охолодження інтегральних схем.

Однак пристрій-прототип має всеж-таки і суттєві недоліки. Виконання теплових роз'єднувачів у вигляді штуцерів та трубопроводів обумовлює низьку ремонтпридатність пристрою. Пристрій не забезпечує однаковий температурний режим інтегральних схем внаслідок підвищення температури рідкого теплоносія по мірі проходження його по каналах плати. Значний гідравлічний опір мікроканалів обумовлює значні енерговитрати на прокачку рідкого теплоносія через ці мікроканали.

В основу винаходу поставлено задачу створити таку конструкцію мікрозборки електронного блока з рідинним охолодженням, яка б шляхом удосконалення виконання теплового роз'єднувача, каналів та колекторів мікрозборки забезпечила б підвищення рівномірності та ефективності охолодження, зниження енерговитрат на прокачку рідкого теплоносія та підвищення ремонтпридатності в умовах експлуатації.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що в мікрозборці електронного блока, що містить в своєму складі багат шарову керамічну плату з платою з зоною на її поверхні для розташування тепловидільних елементів та системою каналів охолодження всередині указаної плати, живильний колектор з порожниною, тепловий роз'єднувач для теплового сполучення з системою охолодження електронного блока, вхідні та вихідні кінці каналів охолодження в якій розташовані на двох протилежних її торцях, а тепловий роз'єднувач виконано у вигляді порожнього елемента, що встановлений на верхньому торці вказаної вище плати, на якому розташовані вихідні кінці каналів охолодження, з забезпеченням його обхвата і сполучений своєю порожниною з указаними вище каналами охолодження плати, а вхідні кінці каналів, в сполученні з порожниною живильного колектора, стінки корпуса порожнього елемента виконані герметичними, а внутрішня поверхня полиці корпуса порожнього елемента розташована під кутом до горизонту, причому принаймні один канал плати має еквівалентний діаметр більший ніж еквівалентний діаметр кожного з інших каналів плати і розміщений в межах плати поза зоною розташування тепловидільних елементів. Нахил внутрішньої поверхні полиці порожнього елемента направлено до каналу з більшим еквівалентним діаметром. Порожнина живильного колектора та порожнина каналів плати заповнені рідким теплоносієм. Порожнини каналів плати, живильного колектора та порожнього елемента сполучені між собою з утворенням вакуумнощільної рідинно-парової камери, живильний колектор з порожниною виконано єдиним з багат шаровою керамічною платою як її продовження.

Суть та принцип дії запропонованого пристрою пояснюється кресленнями.

На фіг. 1 показан загальний вигляд мікрозбор-

ки електронного блока заявленої конструкції сумісно з частковим вертикальним перерізом, а на фіг 2 - переріз по лінії А-А. На фіг 3 наведена схема руху потоків рідини у каналах багатошарової керамічної плати у пристрої-прототипі, руху потоків рідини та пари у пристрої, що заявляється, фіг 4.)

Можливість реалізації винаходу ілюструється наступним прикладом. Мікрозборка електронного блока (фіг 1) містить в своєму складі багатошарову керамічну плату 1 з зоною на її поверхні 2 для розташування тепловідливних елементів, в якій встановлені з забезпеченням теплового контакту інтегральні схеми 3 (або їхні кристали). Рамка 4 з кришкою 5 забезпечують герметизацію мікрозборки. За допомогою електричних контактів 6 здійснюється електричне з'єднання мікрозборки з іншими елементами електронного блока. Електричне з'єднання інтегральних схем з електричними контактами 6 виконано за допомогою друкованих провідників 7 (див. Фіг 2), що розміщені у верхньому шарі багатошарової керамічної плати 1. В середині багатошарової керамічної плати 1 виконана система каналів 8 охолодження, живильний колектор 9 з порожниною 10. Вхідні та вихідні кінці 11 та 12, відповідно, каналів 8 охолодження вищеуказаної плати розташовані на двох протилежних її торцях 13 та 14. Теплове сполучення мікрозборки з системою охолодження електронного блока, яка виконана, наприклад, у вигляді несучої плити 15 з каналами 16 для прокачки води та пазами 17 для встановлення мікрозборок, здійснено за допомогою теплового роз'єднувача. Тепловий роз'єднувач виконано у вигляді металічного, наприклад мідного, порожнього елемента 18, наприклад, прямокутного паралелепіпеда без однієї бокової грані з полицею 19, та встановлений на верхньому торці 14 указаної вище плати, на якому розташовані вихідні кінці 12 каналів охолодження, з забезпеченням його обхвата. Порожній елемент 18 сполучений своєю порожниною 20 з вказаними вище каналами 8 охолодження, а вхідні кінці 11 каналів 8 сполучені з порожниною живильного колектора 9. Корпус порожнього елемента 18 виконано герметичним і складається з полиці 19 та бокових стінок 21. Внутрішня поверхня 22 полиці 19 корпусу порожнього елемента 18 розташована під кутом α до горизонту. Принаймні один канал 23 плати має еквівалентний діаметр більший за еквівалентного діаметру кожного з інших каналів плати і розміщений в межах плати поза зоною розташування інтегральних схем 3. Нахил внутрішньої поверхні 22 полиці 19 порожнього елемента 18 направлено до каналу 23 з більшим еквівалентним діаметром. Порожнина 10 живильного колектора 9 та всі канали плати заповнені рідким теплоносієм, наприклад, дистильованою водою. Живильний колектор 9 з порожниною 10 виконано за одне ціле з багатошаровою керамічною платою 1 як її продовження (див. фіг 1). У другому варіанті виконання (на фіг 1 не показано) він може бути виконаний у вигляді металічного, наприклад мідного, нижнього порожнього елемента з герметичними стінками, аналогічного порожньому елементу 18, але без нахилу внутрішньої поверхні його полиці до горизонту, з охопленням нижнього торця плати.

Порожнини усіх каналів плати 1, живильного

колектора 9 та порожнього елемента 18 сполучені між собою з утворенням вакуумнощільної рідинно-парової камери.

Зв'язок теплового роз'єднувача мікрозборки з водною системою охолодження електронного блока здійснюється шляхом встановлення порожнього елемента 18 мікрозборки з забезпеченням теплового контакту (наприклад, через прошарок теплопровідного мастила) в пазу 17 несучої плити 15. Нижній край мікрозборки при цьому розміщений у направляючому пазі 24 опорної планки 25.

Запропонована мікрозборка електронного блока виготовляється таким чином. Багатошарова керамічна плата 1 виготовляється, наприклад, за методом обпалення пакета металізованих необпалених керамічних заготовок. Для цього використовують люмо-оксидну кераміку ВК 94 - 1 (аЯО 027 002 ТУ). Провідники наносять за допомогою метода трафаретного друку вольфрам-молібденової пасту В-1 (ЩІО 028 002 ТУ). Канали 8 виконують прямокутного або круглого перетину, наприклад з еквівалентним діаметром від 1,0 до 1,5 мм, а канал 23 - прямокутного перетину з еквівалентним діаметром, більшого, чим канали 8, наприклад, від 4 до 6 мм шляхом набору в напівпакет керамічних заготовок. Потім їх пресують і оброблюють за допомогою лазерного луча, щоб одержати потрібну конфігурацію каналів.

Металізовані заготовки с малюнком провідників, напівпакет керамічних заготовок з малюнком каналів, неметалізовані керамічні заготовки набирають у пакет в послідовності, що визначається топологією схеми. Потім здійснюють пресування та обпалювання виробу. Таким чином одержують багатошарову керамічну плату 1, на зовнішній поверхні якої розміщені провідникові елементи та площадки для приєднання інтегральних схем, рамки, виводів, порожніх елементів.

Потім к платі методом паяння твердим припоєм приєднують до електропровідних контактів 6 зовнішні виводи (на фіг 1 не показані), рамку 4 і порожній елемент 18 теплового роз'єднувача. В разі виконання живильного колектора у вигляді нижнього порожнього елемента (другий варіант виконання) його також приєднують до плати з обхватом її нижнього торця. Далі виконують монтаж паянням чи зварюванням виводів інтегральних схем 3 та приєднання кришки 5 до рамки 4 за допомогою роликового зварювання.

Мікрозборка електронного блока працює спідуючим чином. Під час роботи електронного блока, до якого входить мікрозборка, розташовані на ній інтегральні схеми 3 (або їх кристали) виділяють теплоту. Під впливом теплоти, що виділяється інтегральними схемами, рідкий теплоносій в каналах 8 починає випаровуватися та кипіти, поглинаючи значну кількість теплоти від інтегральних схем та охолоджуючи їх. На внутрішній поверхні каналів 8 заявляються парові бульбочки. Температура насиченої пари та тиск у парових бульбочках підвищуються і перевищують температуру та тиск насиченої пари в порожнині порожнього елемента 18, що знаходиться у тепловому контакті з холодною плитою 15 електронного блока. Бульбочки та рідкий теплоносій рухаються догори вздовж каналів 8 (див. фіг 4), на якій рух рідкого теплоносія та па-

ри показано стрілками) Насичена пара з бульбачок виходить у паровий простір над каналами і конденсується на внутрішній похилій поверхні 22 полиці 19 корпусу порожнього елемента 18 і віддає їй заховану теплоту пароутворення, яка за рахунок теплопередачі теплопровідністю корпусу порожнього елемента 18, прошарка мастила в пазу 17 та стінки плити 15 передається потоку холодної води в каналах 16 (на фіг. 1 потік води показано стрілками) несучої плити 15 електронного блока і відводиться нею. Конденсат з похилої поверхні 22 полиці 19 під дією сили тяжіння повертається до рідкого теплоносія в каналі 23, а з останнього, завдяки дії капілярних сил, сили тяжіння та закону сполучених посудин, рідкий теплоносій надходить через порожнину 10 літаючого колектора 9 у зону нагріву каналів 8 плити 1. Цикл кипіння-конденсації та передачі теплоти повторюється.

Оскільки температура рідкого теплоносія в каналах 8 практично дорівнює температурі насиченої пари, яка однакова в усіх каналах плити незалежно від місця розміщення інтегральних схем на плиті, то в описаному пристрої забезпечується однаковий температурний режим для всіх інтегральних схем. Для порівняння на фіг. 3) стрілками показано рух рідкого теплоносія в каналах плити пристрою-прототипа при охолодженні внутрішньої поверхні каналів конвекцією, з якого видно, що по мірі проходження вздовж каналів рідина нагрівається, внаслідок чого температурний режим інтегральних схем, розміщених вздовж одного і того ж ка-

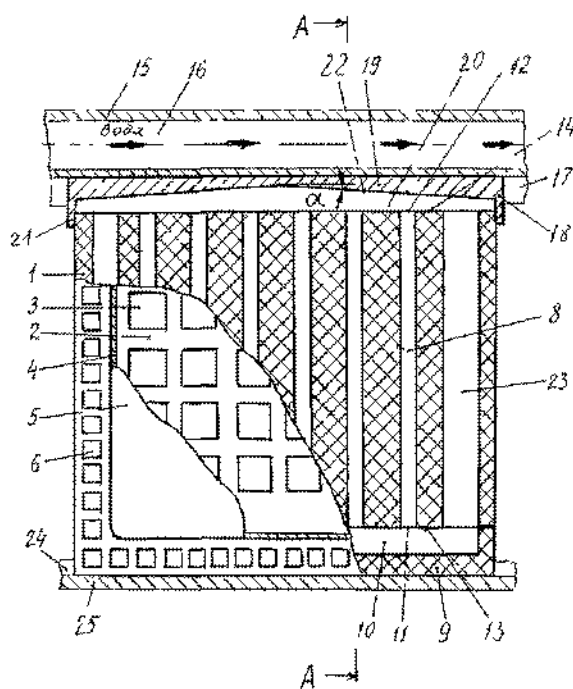
нала різний

Завдяки високим коефіцієнтам тепловіддачі при кипінні та конденсації та передачі теплоти від інтегральних схем шляхом високоефективного замкненого випарувально-конденсаційного циклу забезпечується більш ефективно (в порівнянні з прототипом) тепловідведення від інтегральних схем мікрозборки та однаковий, більш низький, рівень температури інтегральних схем, що підвищує їх надійність та заводозахищеність апаратури електронного блока з мікрозборкою.

Для негайного вилучення та заміни мікрозборки в умовах експлуатації достатньо висунути її із направляючих пазів блока та вставити замість неї справну. Щільність каналів охолодження блока та потік холодної води в них при цьому не порушуються і не перериваються, що значно підвищує ремонтпридатність пристрою.

Завдяки тому, що еквівалентний діаметр каналів охолодження в плиті 15 електронного блока є значно більшим, наприклад 5 мм, у порівнянні з еквівалентним діаметром мікроканалів у пристрої-прототипі, який, як правило, не перевищує 1 ці, енерговитрати на прокачку теплоносія по каналах охолодження блока значно зменшуються.

Таким чином, запропонований пристрій є новим, промислово придатним і забезпечує підвищення ефективності охолодження, зниження енерговитрат на прокачку теплоносія та підвищення ремонтпридатності мікрозборки електронного блока в умовах експлуатації.



Фіг. 1

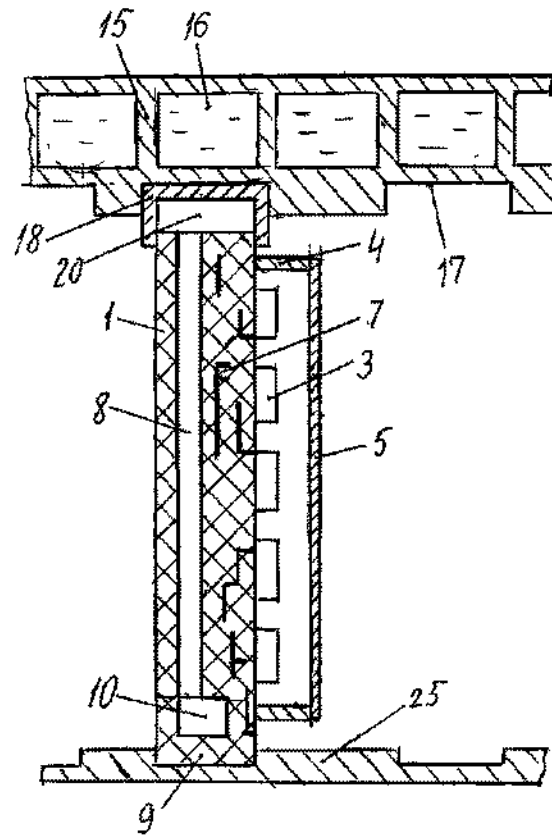


Fig. 2

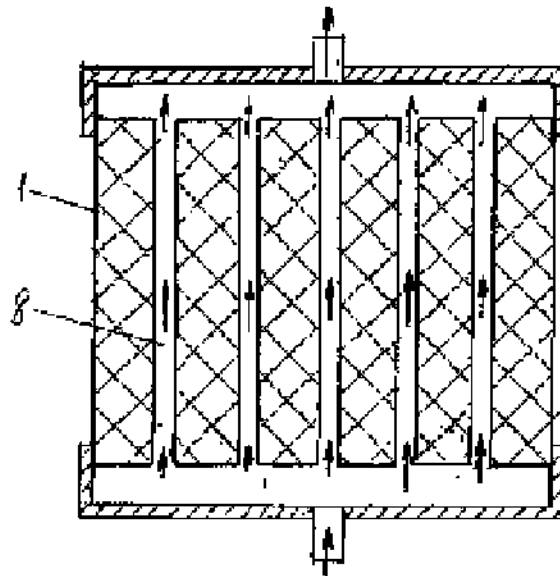


Fig. 3

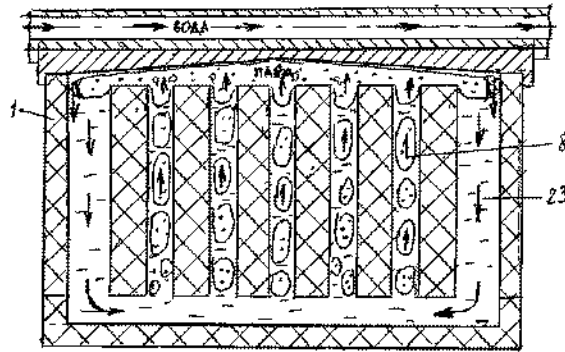


Fig. 4