



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 89153

(13) C2

(51) МПК (2009)

H05K 1/00

H05K 1/05

H05K 7/20

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

## (54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ ТЕПЛОПРОВІДНОЇ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ З ТЕРМОКОМПЕНСАЦІЄЮ

1

2

(21) а200908209

(22) 04.08.2009

(24) 25.12.2009

(46) 25.12.2009, Бюл.№ 24, 2009 р.

(72) МЕЛЕХ ГЕОРГІЙ СТЕПАНОВИЧ, ЗАЛІЗКО  
ВІКТОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ, ТАТАРИНОВ КОНС-  
ТЯНТИН КОНСТЯНТИНОВИЧ, ОЛІЯРНИК БОГ-  
ДАН ОЛЕКСІЙОВИЧ, БОНДАРУК АРТУР БОГДА-  
НОВИЧ, ГРИНЬКОВИЧ ОРЕСТ СТЕПАНОВИЧ,  
СМУЛКА ІГОР СТЕПАНОВИЧ(73) ЛЬВІВСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РАДІО-  
ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

(56) SU 1621192, 15.01.1991, H05K 7/20.

JP 11008450, 12.01.1999, H05K 1/05.

UA 72844 C2, 15.04.2005, H05K 1/00, H05K 1/05.

US 4677252, Jun.30, 1987, H05K 1/00, H05K 1/05.

JP 2006318986, 24.11.2006, H05K 1/02, H05K 7/20.

JP 8018225, 19.01.1996, C09J 20/10, H05K 1/05.

JP 3261197, 21.11.1991, H05K 1/02, H05K 1/05.

GB 2135525, 30 Aug. 1984, H05K 1/18, H05K 7/20.

US 5093761, Mar.3, 1992, H05K 1/11, H05K 1/14.

US 4882454, Nov.21, 1989, H05K 1/00.

(57) Спосіб виготовлення теплопровідної друкова-  
ної плати з термокомпенсацією, який включає  
утворення її структури шляхом послідовного роз-

міщення щонайменше на одній стороні металевої основи відповідно першого адгезиву, еластичного матеріалу, другого адгезиву та друкованої плати з попередньо сформованим на ній рисунком комутаційних провідників, з наступним з'єднанням утворених елементів структури між собою шляхом дії температури і тиску, який відрізняється тим, що рисунок формують щонайменше на двошаровій друкованій платі і на сформовані комутаційні провідники рисунку плати, зі сторони металевої основи, наносять шар металу, твердість якого по Бринелю складає  $15 \div 100$  МПа, а як адгезив, розміщений між еластичним матеріалом і друкованою платою, використовують матеріал з твердістю по Бринелю  $\leq 15$  МПа в діапазоні температур  $+90 \div +190$  °C, при цьому твердість металу, нанесеного на комутаційні провідники рисунку плати, є більшою за твердість адгезиву, розміщеного між еластичним матеріалом і друкованою платою, та меншою за твердість еластичного матеріалу при температурі  $+90 \div +190$  °C, а сумарна товщина адгезивів та розміщеного між ними еластичного матеріалу більша або рівна висоті комутаційних провідників з нанесеним на них шаром металу з низькою твердістю.

Спосіб відноситься до радіоелектроніки, а саме до технологічних способів виготовлення теплопровідних друкованих плат з термокомпенсацією, які піддаються дії теплових, ударних і вібраційних навантажень.

Відомий спосіб виготовлення друкованої теплопровідної комутаційної плати для термоелектричних пристроїв (1), в якому на одну сторону металевої основи за допомогою теплопровідного клею припресовують комутаційну друковану плату.

Недоліком такого способу є відсутність термокомпенсації, а також утворення після пресування при високій температурі в плівковому клеї крихкості, що приводить до його розтріскування, розколювання.

Відомий спосіб виготовлення друкованої плати (2), який включає утворення її структури шляхом нанесення і приклеювання, що найменше, на одну сторону металевої основи еластичного матеріалу з високими діелектричними параметрами з наступним нанесенням на нього електропровідного матеріалу і приклеюванням його, формування рисунку друкованої плати на електропровідному матеріалі.

Недоліком даного способу є висока трудоемність за рахунок використання технології пошарового нарощування шарів та складність поопераційного контролю за технологічним процесом, а також складність технологічного процесу за рахунок використання рідинних компонентів ізоляційних шарів, розкид температурних і часових режи-

(13) C2

(11) 89153

(19) UA

мів в процесі формування кожного з шарів, неможливість виконання паралельно технологічних операцій, невисокий процент виходу придатних плат.

Найбільш близьким по технічній суті до запропонованого способу є спосіб виготовлення друкованої плати з термокомпенсацією (3), який включає утворення її структури шляхом нанесення, щонайменше, на одну сторону металевої основи еластичного матеріалу з наступним розміщенням на ньому матеріалу з високими діелектричними параметрами, попереднє формування рисунку на друкованій платі, з наступним встановленням її на матеріал з високими діелектричними параметрами, розміщення між металевою основою і еластичним матеріалом з однієї сторони і еластичним матеріалом з іншої сторони адгезиву, з'єднання утвореної структури між собою шляхом дії на неї температури і тиску, при цьому матеріал з високими діелектричними параметрами має теплопровідність в межах 0,8-2,5Вт/мК, а як еластичний матеріал використовують матеріал з модулем пружності в межах 15Мпа-20Гпа в діапазоні температур +150-+200°C, а як матеріал з високими діелектричними параметрами використовують матеріал, стійкий до органічних розчинників.

Недоліком даного способу є:

- високий тепловий опір, який обумовлений відносно великою віддаллю між провідниками рисунку плати та теплопровідною основою, що зменшує максимально допустиму густину струму в провідниках і унеможливорює ефективну розводку плати при великих енергетичних навантаженнях на обмежених площах і високій інтеграції схеми;

- висока собівартість готової плати за рахунок використання дорогого матеріалу з високими діелектричними параметрами з теплопровідністю 0,8-2,5Вт/мК;

- обмеженість використання друкованої плати з термокомпенсацією у високочастотних схемах, що обумовлено гетерогенною структурою теплопровідних органічних матеріалів з високими адгезійними властивостями;

- відсутність врахування твердості матеріалу та розміщення його в залежності від твердості при створенні структури пакету, в процесі пресування приводить до збільшення імовірності продавлення провідниками еластичної прокладки і як наслідок до утворення короткого замикання між провідниками і металевою основою, що зменшує вихід придатних плат.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалити спосіб виготовлення теплопровідної друкованої плати з термокомпенсацією за рахунок зміни технологічного процесу шляхом нанесення на комутаційні провідники плати, зі сторони металевої основи, шару металу з низькою твердістю, а також врахування твердості матеріалу та розміщення його в залежності від твердості при створенні структури пакету, дозволить зменшити відстань між провідниками та металевою основою, що в свою чергу зменшить тепловий опір між комутаційними провідниками і металевою основою, і також зменшить імовірність продавлення провідниками еластичної прокладки і дозволить збільшити густину струмів в комутаційних провідниках плати

при розводці плати на обмеженій площі при високій інтеграції схеми, дозволить зменшити відстань між провідниками плати, що розширить експлуатаційні можливості при одночасному збільшенні виходу придатних плат, а також дозволить використовувати плати в умовах дій ударних і вібраційних навантажень та високих температур при збереженні високої надійності.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі виготовлення теплопровідної друкованої плати з термокомпенсацією, який включає утворення її структури шляхом послідовного розміщення, щонайменше, на одній стороні металевої основи відповідно адгезиву, еластичного матеріалу, адгезиву та друкованої плати з попередньо сформованим на ній рисунком комутаційних провідників, з наступним з'єднанням утвореної структури між собою шляхом дії температури і тиску, згідно винаходу, рисунок формують, щонайменше, на двохшаровій друкованій платі і на сформовані комутаційні провідники рисунку плати, зі сторони металевої основи, наносять шар металу твердість якого по Бринелю складає 15÷100Мпа, а якості адгезиву, розміщеного між еластичним матеріалом і друкованою платою, використовують матеріал з твердістю по Бринелю ≤15Мпа в діапазоні температур +90÷+190°C, при цьому твердість металу нанесеного на комутаційні провідники рисунку плати є більшою за твердість адгезиву, розміщеного між еластичним матеріалом і друкованою платою та меншою за твердість еластичного матеріалу при температурі +90÷+190°C, а сумарна товщина адгезивів та розміщеного між ними еластичного матеріалу більша або рівна висоті комутаційних провідників з нанесеним на них шаром металу з низькою твердістю.

Збільшення щільності компоновки та збільшення робочих частот електронних пристроїв породжує проблеми мінімізації повних опорів ланок живлення та заземлення і збільшення густини струмів, що протікають через комутаційні провідники друкованих плат.

Значення струмів, допустимих для друкованих комутаційних провідників обумовлюється заданими тепловими режимами. Для надійної роботи друкованих плат необхідно, щоб нагрів комутаційного провідника під дією струму не приводив до фізико - хімічних змін, як в комутаційних провідниках, так і в прилеглому діелектрику, що контактує з ними. Як відомо, критичне значення струму в комутаційному провіднику, при лінійному режимі, який є граничним між сталим та нестійким режимами нагріву визначається наступним чином (4)

$$I_{кр} = 1/\sqrt{R_0 F \alpha} \quad (A)$$

де:  $I_{кр}$  - критичне значення струму провідника;

$R_0$  - початковий опір провідника;

$F$  - термічний опір, що визначає умови передачі тепла від провідника;

$\alpha$  - температурний коефіцієнт металу провідника.

Згідно (4), критична густина струму залежить від  $F$ , чим менший термічний опір, тим більший струм може пропускати через себе провідник.

Згідно літератури (5),

$$F(R_n) = \int dx / \lambda L_1 L_2 = \ell_2 - \ell_1 / \lambda L_1 L_2 = \sigma / \lambda A_n \quad (B)$$

де в нашому випадку:

$\lambda$  - коефіцієнт теплопровідності діелектрика;

$A_n$  - площа провідника;

$\ell_2 - \ell_1 = \sigma$  - відстань між провідником та металеву основою;

$L_1$  - довжина провідника;

$L_2$  - ширина провідника.

Виходячи з формул (А, В), термічний опір при відстані між провідниками і металеву основою  $30\mu$  і  $\lambda$  еластичної прокладки  $0,25\text{Вт/мК}$  буде таким самим, як і при використанні теплопровідного матеріалу з  $\lambda = 2,5\text{Вт/мК}$  і  $\sigma=0,3\text{мм}$ , при тому, що робочий радіочастотний діапазон гомогенних органічних адгезивів значно ширший ніж у теплопровідних плівкових клеїв.

Нанесення на комутаційні провідники плати, розміщених зі сторони металеву основи металу з твердістю по Бринелю  $15\div 100\text{МПа}$  та використання еластичної прокладки з твердістю по Бринелю  $20\div 200\text{МПа}$  при температурі  $+90 \div +190^\circ\text{C}$ , при формуванні структури під тиском, значно зменшує імовірність продавлення провідниками еластичної прокладки і утворення короткого замикання з металеву основою.

Використання як адгезив матеріалу з твердістю по Бринелю  $\leq 15\text{МПа}$  при температурі  $+90\div +190^\circ\text{C}$  в процесі пресування сприяє витисканню адгезиву з під провідників і зменшенню відстані між провідниками та металеву основою, яка фактично регулюється товщиною еластичної прокладки, що приводить до зменшення теплового опору (А).

Використання сумарної товщини адгезивів та розміщеного між ними еластичного матеріалу більшою або рівною висоті провідників з нанесеним на них шаром металу з низькою твердістю, дозволяє повністю заповнити міжпровідниковий простір адгезивом та еластичною прокладкою, що сприяє зменшенню теплового опору та збільшенню виходу придатних плат.

Зменшення теплового опору дозволяє збільшити густину струмів комутаційних провідників і як наслідок збільшити щільність компоновки елементної бази.

Таким чином, запропонований спосіб виготовлення теплопровідної друкованої плати з термокомпенсацією дозволяє суттєво збільшити густину струмів, що протікають через комутаційні провідники друкованої плати і відповідно збільшити щільність компоновки елементної бази, що суттєво для бортової апаратури, яка має обмеження по вазі та об'єму і працює в умовах дії ударних і вібраційних навантажень та при підвищених температурах, а також розширити частотний діапазон роботи друкованої плати при одночасному збереженні термокомпенсуючих властивостей, що сприяє розширенню експлуатаційних можливостей.

Технічний ефект винаходу полягає в розширенні сфери застосування та експлуатаційних можливостей, збільшенню виходу придатних плат та зменшенню собівартості виготовлення за рахунок виключення з складу структури плати теплопровідного матеріалу з теплопровідністю в межах  $0,8-2,5\text{Вт/мК}$ .

На Фіг.1 зображений розріз структури пакета теплопровідної друкованої плати з термокомпенсацією.

На Фіг.2 зображений розріз зібраного набору структури пакета теплопровідної друкованої плати з термокомпенсацією перед пресуванням.

На Фіг.3 зображений вигляд А Фіг.1.

Теплопровідна друкована плата з термокомпенсацією (Фіг.1) складається з металеву основи 1, адгезиву 2, еластичного матеріалу 3, адгезиву 4, твердість якого по Бринелю  $\leq 15\text{МПа}$ , шару металу 5 твердість якого по Бринелю складає  $15\div 100\text{МПа}$  нанесеного на комутаційні провідники 6 двошарову друкованої плати 7 з боку металеву основи 1.

Спосіб здійснюють наступним чином.

Попередньо виготовляють, наприклад з матеріалу LF-9222R PYRALUX RA з товщиною мідної фольги  $75\mu$ , за відомими технологіями (наприклад тентінг, або субтрактивному процесам) двошарову, або багатошарову плату 7 (Фіг.1, 2, 3), після чого на комутаційні провідники 6, які розміщені з боку металеву основи 1, відомими методами, (наприклад напильником, гарячого лудіння, гальванічним, тощо), наносять метал 5, наприклад сплав  $\text{Sn-Pb}$  ( $60\% - 40\%$ ) товщиною  $15\mu$  і твердістю по Бринелю  $25\text{МПа}$  при температурі  $+100^\circ\text{C}$ , після чого утворюють структуру плати (Фіг.2) шляхом збирання пакету заготовок в наступному порядку: металеву основа 1 (наприклад алюмінієвий сплав АМГ 2 ГОСТ 21631-76), адгезив 2 (наприклад LF0100 PYRALUX WA/A) товщиною  $25\mu$  і твердістю по Бринелю  $3\text{МПа}$  при температурі  $100^\circ\text{C}$ , еластичний матеріал 3 (наприклад плівка полімідна ПМ-14/50 ТУ6-05-952-74) товщиною  $8\mu$  і твердістю  $40\text{МПа}$  при температурі  $100^\circ\text{C}$ , адгезив 4 (наприклад LF0300 PYRALUX WA/A) товщиною  $75\mu$  і твердістю  $3\text{МПа}$  при температурі  $100^\circ\text{C}$ , попередньо виготовлена двошарова друкована плата 7, яка направлена комутаційними провідниками 5 з нанесеними на них шаром металу 5 в бік металеву основи

1. Утворену структуру піддають термокомпенсації при тиску  $5\div 40\text{кг/см}^2$  і температурі  $+90\div +190^\circ\text{C}$  протягом  $0,5\div 3$  годин, в процесі чого відбувається зм'ягчення адгезивів 2, 4, продавлення комутаційними провідниками 6 з нанесеними на них металом 5, шару адгезиву 4 і частково адгезиву 2, заповнення розм'ягченим адгезивом 4 простору між комутаційними провідниками 6 та з'єднання всіх елементів структури теплопровідної друкованої плати з термокомпенсацією між собою, причому відстань між комутаційними провідниками 6 і металеву основою 1 (Фіг.3) фактично регулюється товщиною еластичного матеріалу 3 (Фіг.2).

Література:

1. А.С. СРСР №1664090, кл.Н01L35/34, 1989.
2. Патент США №4677252, кл.Н05K1/05, 1987.
3. Патент України №72844, кл.Н05K1/00, Н05K1/05, Н05K7/20, 2005.
4. Медведев А.М. «Надежность и контроль качества печатного монтажа» М. «Радио и связь». 1986, с.38.
5. Дульнев Г.Н. «Тепло и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре» М.Высшая школа. 1984, с.31.

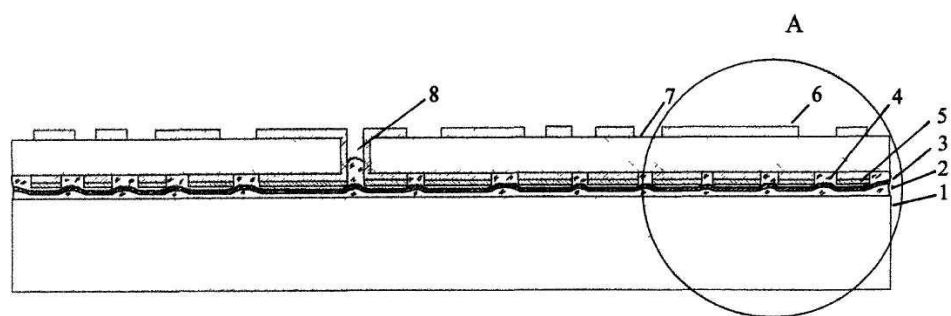


Fig. 1

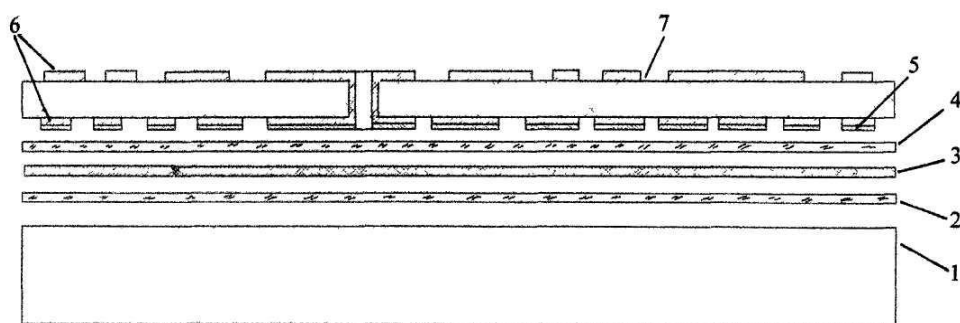


Fig. 2

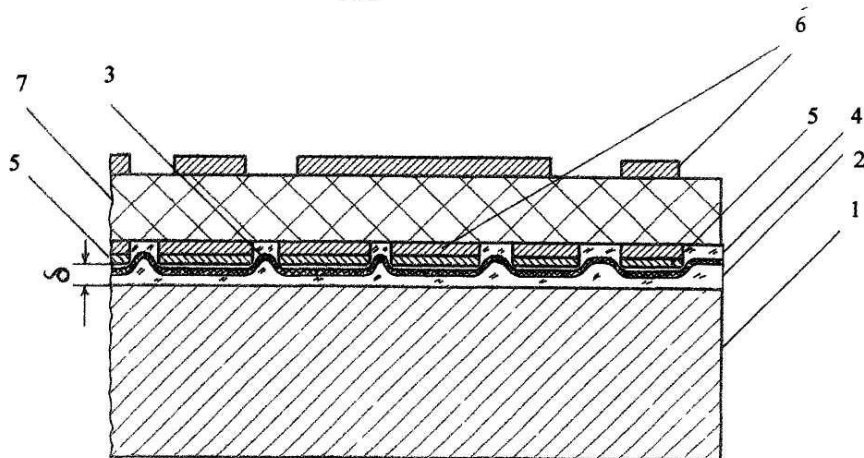


Fig. 3