

ترکیب‌های همسانگرد کربن/مس

مخترعان: فرانک جی. پولس، ۴۴۲۱، خیابان گرنگر، سن دیگو، کالیفرنیا (ایالات متحده) ۹۲۱۲۶؛ گلن بی. انگل، پووی؛ ولادیمیر آشر تیناسکی، سانته، هر دو کالیفرنیا (ایالات متحده)
صاحب امتیاز: فرانک جی. پولس، سن دیگو، کالیفرنیا (ایالات متحده)

(* توجه: در صورتی که این حق ثبت اختراع مورد اعراض قرار گیرد، زمان آن بر اساس 35 U.S.C. 154(b) به مدت ۰ روز افزایش می‌یابد یا اصلاح می‌شود.

شماره‌ی درخواست: 08/819,290

ثبت شده در: ۱۸ مارس ۱۹۹۷

داده‌های مرتبط با درخواست در ایالات متحده

درخواست تاحدودی‌تمدیدی شماره‌ی 08/654,974 ثبت شده در ۲۸ مه ۱۹۹۶، شماره‌ی ثبت اختراع فعلی 5,886,407؛ درخواست تاحدودی‌تمدیدی شماره‌ی 08/459,700 ثبت شده در ۲ ژوئن ۱۹۹۵، در حال حاضر اعراض شده؛ درخواست تاحدودی‌تمدیدی شماره‌ی PCT/US94/04814 ثبت شده در ۹ مه ۱۹۹۴، در حال حاضر اعراض شده؛ درخواست تمدید شماره‌ی 08/064,225 ثبت شده در ۲۰ مه ۱۹۹۳، شماره‌ی ثبت اختراع فعلی 5,413,751؛ درخواست تاحدودی‌تمدیدی شماره‌ی 08/046,635 ثبت شده در ۱۴ آوریل ۱۹۹۳، در حال حاضر اعراض شده.
درخواست موقت شماره‌ی 60/013,598 ثبت شده در ۱۸ مارس ۱۹۹۶.
طبقه‌بندی بین‌المللی C22C 1/05 :B22F 3/12
C22C 9/00 :C22C 1/10

طبقه‌بندی ایالات متحده 419/11 :75/247 :75/243
419/58 :419/38 :419/23 :419/20 :419/17
419/45
حوزه‌ی جست‌وجو 419/11 :75/243, 247
45 .58 .38 .23 .20 .419/17

منابع مورد اشاره

اسناد مربوط به ثبت اختراع ایالات متحده

3,097,329 * 7/1963	Siemens	317/234
4,083,719 * 4/1978	Arakawa et al.	75/229
4,427,993 * 1/1984	Fichot et al.	357/81
5,086,333 * 2/1992	Osada et al.	357/67
5,413,751 * 5/1995	Polese et al.	419/23
5,686,676 * 11/1997	Jech et al.	75/247

* بررسی شده توسط بازرس

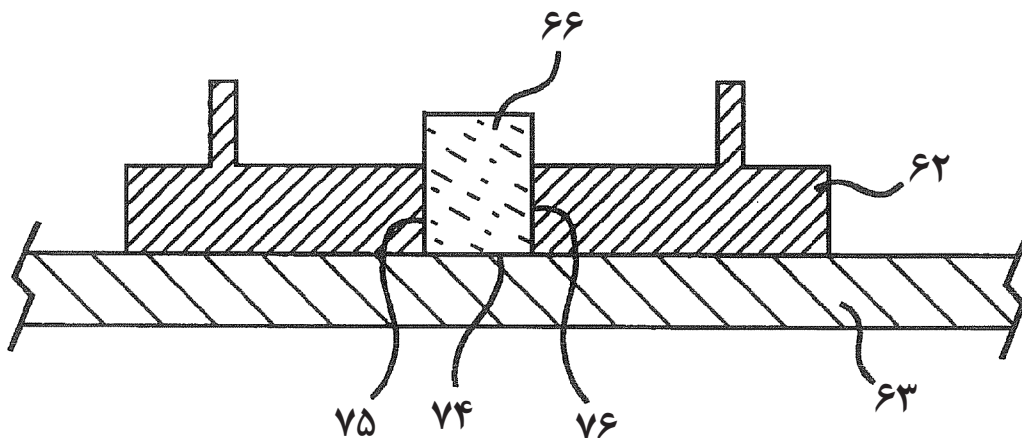
بازرس اولیه - دانیل جی. جنکینز

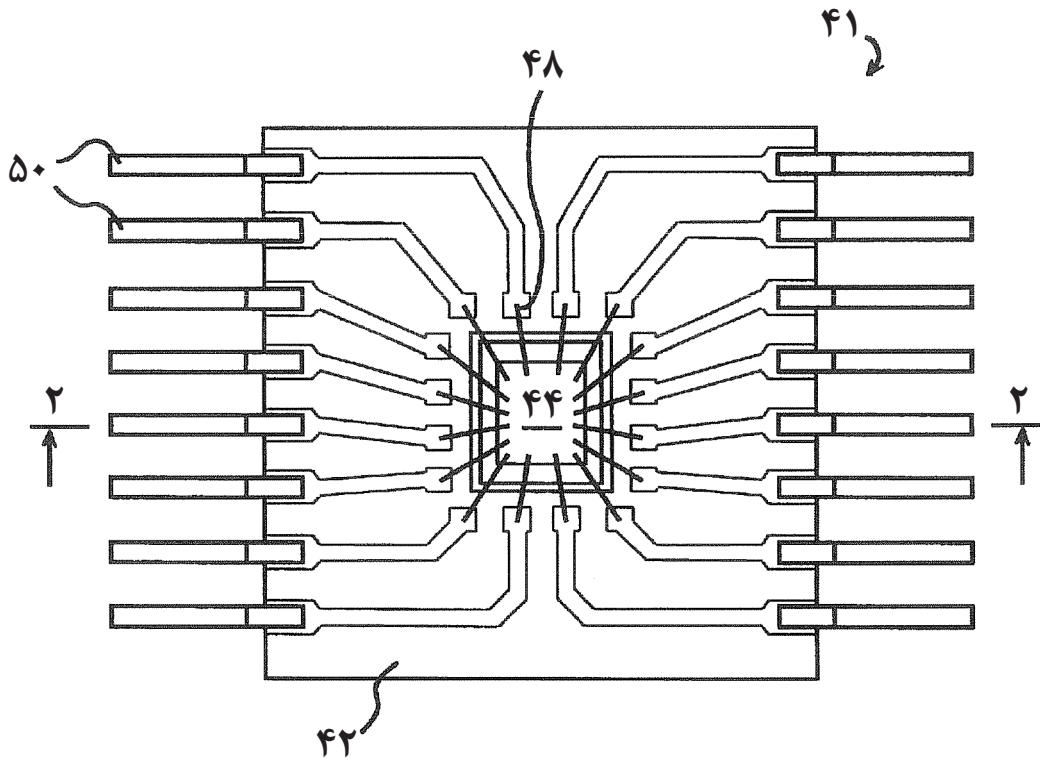
وکیل، کارگزار یا شرکت - هنری جی. ای. چارمسون؛ جان دی. بوشاکا

چکیده

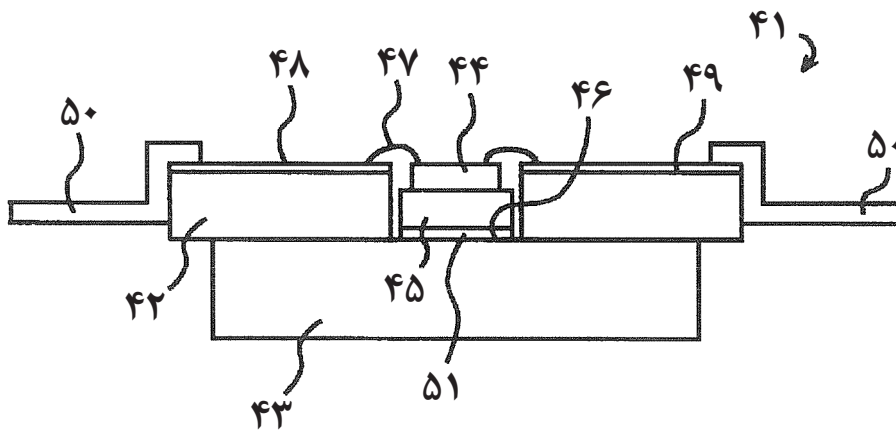
لایه‌ی ریزساخت گرمادایی که ضریب انبساط حرارتی آن به نحوی اصلاح شده است که با مواد به‌کاررفته در ریزساخت که روی آن نصب می‌شود، سازگار باشد، از طریق متالورژی پودری و با استفاده از کاربیدهای به‌دست‌آمده از ترکیب انواع کربن و عوامل مرطوب‌کننده ساخته شده است.

۲۲ ادعا، ۴ برگه‌ی مربوط به شکل‌های ترسیمی

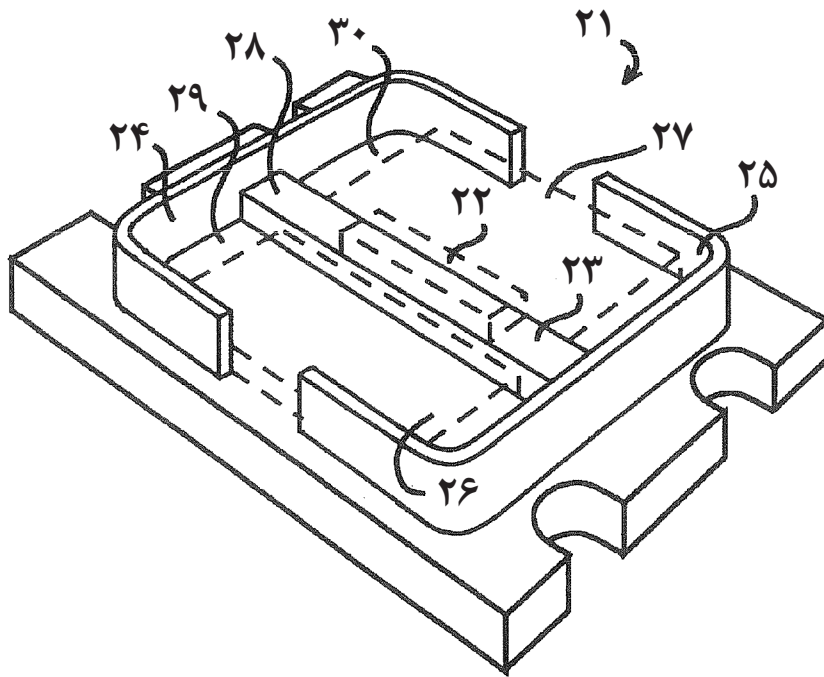




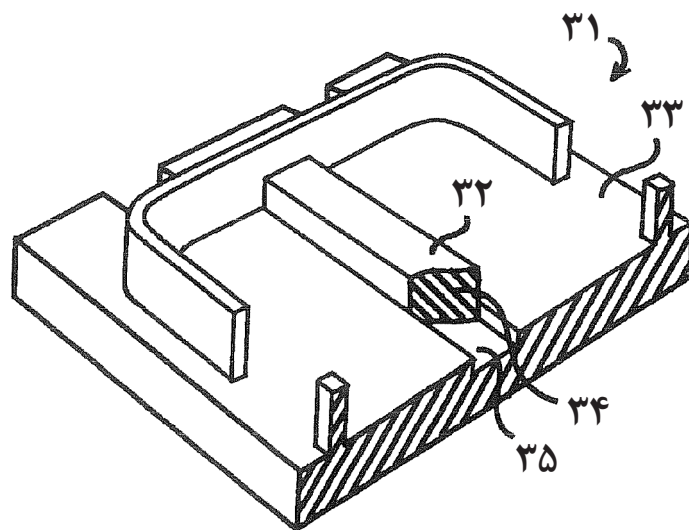
شکل ١



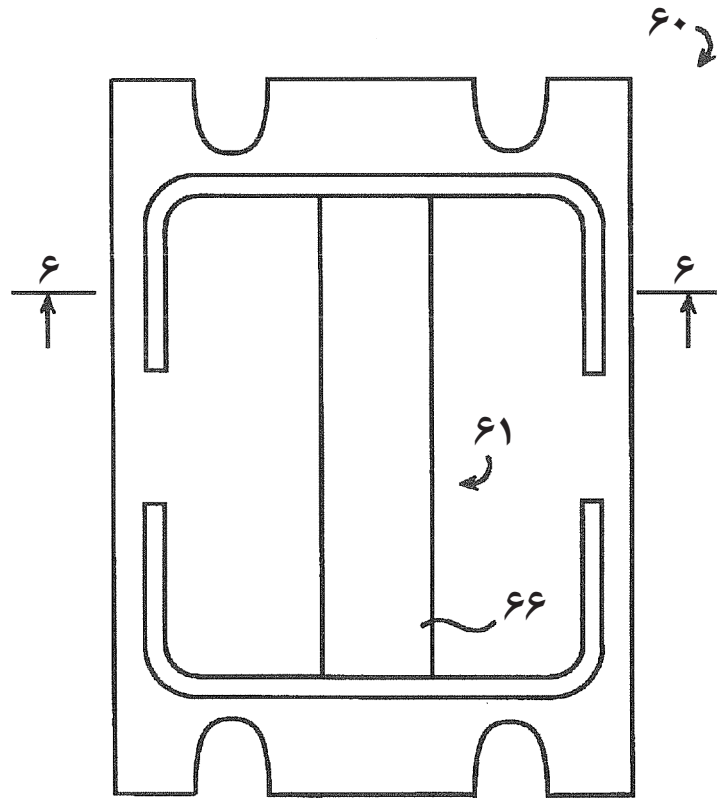
شکل ٢



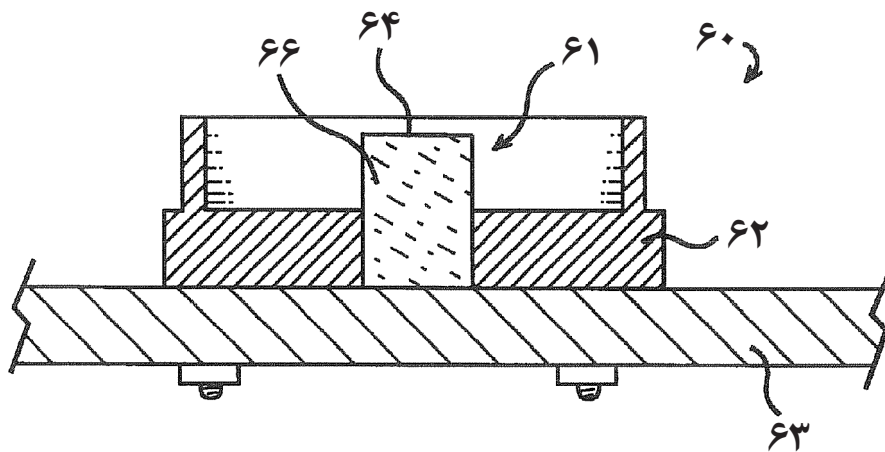
شكل ٣



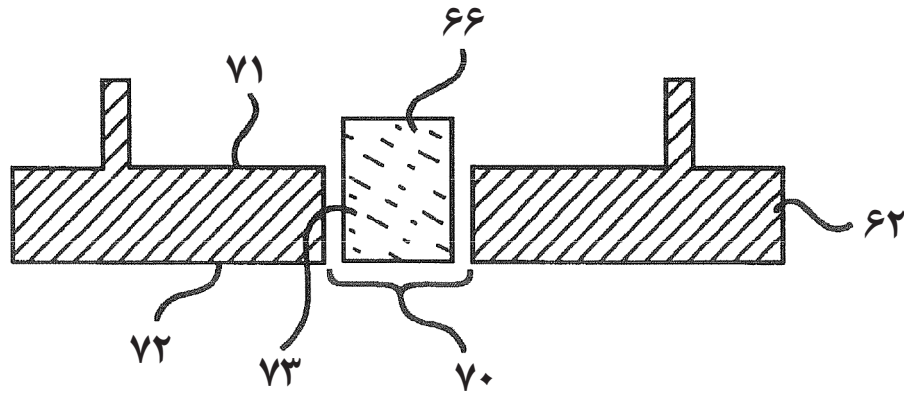
شكل ٤



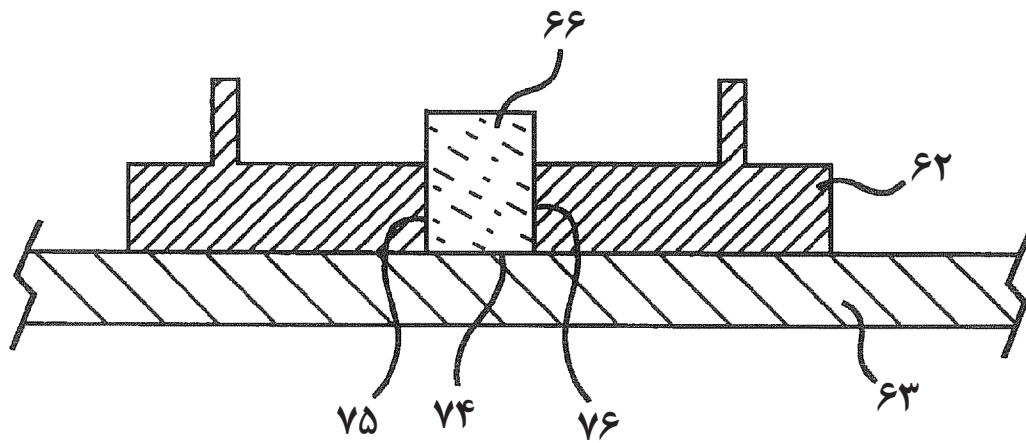
شکل ٥



شکل ٦



شكل ٧



شكل ٨

ترکیب‌های همسانگرد کربن/مس

درخواست پیشین

آلومینیم و نقره دارای وزن خاصی در حدود 9 g/cm^3 و نقطه ذوب کمتر از $1,100$ درجه‌ی سانتی‌گراد بوده، مواد کربنی، وزنی حدود $1/5$ تا $2/5 \text{ g/cm}^3$ دارد و ذوب نمی‌شود، اما در دمای بالای $3,000$ درجه‌ی سانتی‌گراد تصعید می‌شود. در نتیجه تفاوت‌های شدید بین وزن‌ها و نقاط ذوب معین، عدم حلالیت متقابل و عدم مرطوب‌کنندگی مس بر روی کربن، ایجاد ترکیب‌های مس/کربن از طریق روش‌های رایج ذوب دشوار است.

اختراع حاضر در نتیجه تلاش برای به‌کارگیری فرایندی ساده و کاربردی برای ساخت این‌گونه کاربردهای ترکیبات گرمزدا با استفاده از ترکیب متالورژی پودری و تکنیک‌های شکل‌گیری رول حاصل شده است.

به‌علاوه، همان‌طور که در ثبت اختراع ایالات متحده شماره‌ی 4,680,618 کورودا و سایرین افشا شده، مشخص شده است که استفاده از ترکیب مس و سایر فلزات متراکم‌تر، همچون تنگستن یا مولیبدنوم در ساخت سینک‌های حرارتی، لایه‌ها و سایر اجزای گرمزدا ریزساخت‌ها مفید واقع می‌شود. میزان فلزاتی موجود در این ترکیب به نحوی تنظیم شده است که با ضریب انبساط حرارتی مواد به‌کاررفته در ساخت جزء فعال موجود در مدار سازگار باشد.

همان‌طور که در بالا توضیح داده شد، فلز به‌کاررفته در رساناهای الکتریکی که مقاومت الکتریکی پایینی دارند، همچون آلومینیم و مس و طلا، نیز ضریب بالایی از رسانندگی حرارتی را نشان می‌دهند. با این‌همه، این فلزات متوسط بالایی از ضریب انبساط حرارتی را نشان می‌دهند و در نتیجه، تنگستن و مولیبدنوم با ضریب انبساط حرارتی $10^{-6} \times 4/6$ و $10^{-6} \times 6 \times 6$ درجه‌ی سانتی‌گراد و ضریب رسانندگی حرارتی 160 و 146 ، به‌ترتیب به‌عنوان فلزات مورد ترجیح برای ترکیب به‌شمار می‌آید.

اما با اینکه آلومینیم و نقره وزن‌های خاصی کمتر از 9 دارند و نقطه‌ی ذوب آن‌ها کمتر از $1,100$ درجه‌ی سانتی‌گراد است، تنگستن و مولیبدنوم دارای وزن خاص $19/3$ و به‌ترتیب دارای نقطه‌ی ذوب $370/3$ و $2/630$ درجه‌ی سانتی‌گراد هستند.

در نتیجه تفاوت‌های شدید در وزن‌های خاص و نقاط ذوب و عدم حلالیت متقابل فلزاتی همچون مس و تنگستن، شکل‌دادن به ترکیب این دو فلز که با استفاده از فرایندهای ذوب رایج، سطح قابل‌اطمینانی از همگنی را داشته باشد، دشوار است.

همان‌طور که در ثبت اختراع ایالات متحده شماره 5,086,333 Osada et al. افشا شده است، کاربردی‌تر خواهد بود که پودری حاوی متراکم‌ترین مواد، مثلاً تنگستن را فشرده کنیم و جوش بدهیم تا پودر فشرده‌ی پرمغذی به دست آوریم؛ سپس مس ذوب‌شده یا ماده‌ی سبک‌تر دیگری را به داخل این پودر فشرده تزریق کنیم. سپس می‌توان این ماده را به‌صورت صفحه برش داد و به‌شکل سینک حرارتی، اتصال، لایه و سایر اجزای گرمزدا درآورد.

پایه‌ی گرمزداهایی که ریزتراشه‌ها روی آن‌ها نصب می‌شود نیز باید به‌بسته‌بندی یا چارچوبی متصل باشد که معمولاً از سرامیک یا سایر موادی ساخته می‌شود که ضریب انبساط آن متفاوت از مواد نیمه‌رسانای ریزتراشه و پایه‌ی گرمزدا است. تنش حرارتی بین پایه‌ی گرمزدا و چارچوب امکان دارد که پس از عملیات اتصال در مرحله‌ی اخیر، ترک‌ها یا خمیدگی‌هایی را به وجود آورد. این مشکل، در اثر پیشین، همان‌طور که در ثبت اختراع ایالات متحده شماره‌ی 3,097,329 Siemens افشا شده، با استفاده از یک عضو گرمزدا میانی که ترکیب و ضریب انبساط حرارتی آن همواره در سطوح تماس گوناگون تفاوت می‌کند، برطرف شده است.

رویکرد دیگری که در ثبت اختراع ایالات متحده شماره‌ی 4,427,993 Fichot et al. افشا شده، عبارت است از واردکردن شبکه‌ای از مواد اصلاح‌کننده‌ی ضریب انبساط حرارتی درون یکی از سطوح تماس جزء گرمزدا.

هر دوی این رویکردها پیچیده و طاقت‌فرساست و کنترل دقیق ضریب انبساط حرارتی در یک یا دو نقطه‌ی متصل به جزء گرمزدا را میسر نمی‌کند.

این درخواست، مدعی مزایای درخواست موقت شماره‌ی 60/013,598 ثبت‌شده در ۱۸ مارس ۱۹۹۶؛ درخواست تاحدودی‌تمدیدی با شماره‌سریال 08/654,974 ثبت‌شده در ۲۸ مه ۱۹۹۶، شماره‌ی ثبت فعلی 5,886,407؛ درخواست تاحدودی‌تمدیدی با شماره‌سریال 08/459,700 ثبت‌شده در ۲ ژوئن ۱۹۹۵، در حال حاضر اعراض‌شده؛ درخواست تاحدودی‌تمدیدی PCT/US94/04814 ثبت‌شده در ۹ مه ۱۹۹۴، در حال حاضر اعراض‌شده؛ درخواست تمدیدی شماره‌سریال 08/064,255 ثبت‌شده در ۲۰ مه ۱۹۹۳، شماره‌ی ثبت اختراع ایالات متحده 5,414,751 صادرشده در ۹ مه ۱۹۹۵؛ درخواست تاحدودی‌تمدیدی با شماره‌سریال 08/046,635 ثبت‌شده در ۱۴ آوریل ۱۹۹۳، در حال حاضر اعراض‌شده.

زمینه‌ی اختراع

این اختراع با پردازش متالورژی پودری و ساخت بسته‌های میکروالکترونیک و به‌خصوص ساخت انواع عناصر گرمزدايي مرتبط است که دارای انبساط حرارتی سازگار با موادی است که در ساخت ریزساخت استفاده می‌شود.

پیشینه‌ی اختراع

ساخت ریزساخت‌های الکترونیک نیازمند استفاده از لایه‌ها، سینک‌های حرارتی، الکترودها، رساناها، اتصال‌ها، ساختارهای بسته‌بندی و سایر اجزایی است که قادر به گرمزدايي حرارتی هستند و به‌واسطه‌ی بخش‌های فعال ریزساخت یا فرایند لحیم، جوش‌دادن یا آب‌بندی شیشه به وجود می‌آید. به‌علاوه، آن دسته از اجزایی که در ارتباط مستقیم با بخش‌های ریزساخت فعال هستند، باید دارای سطحی از انبساط حرارتی باشند که با گالیم آرسنید، سیلیکون، یا هر ماده‌ی دیگری که در ساخت ریزساخت استفاده می‌شود، سازگار باشد.

موادی همچون مس، نقره، طلا و آلومینیم که رسانندگی گرمایی در آن‌ها به‌حدی بالاست که بتوان گرمزدايي کارآمد را درمورد آن‌ها اعمال کرد نیز دارای انبساط‌های حرارتی بالاتری از موادی چون گالیم آرسنید یا سیلیکون هستند که در ساخت عناصر ریزساخت یا محفظه‌های آن به کار گرفته شود.

همان‌طور که در ثبت اختراع شماره‌ی 4,083,719 Arakawa et al. افشا شد، مشخص شده است که استفاده از ترکیب مس و مواد سبک‌تری همچون فیبر کربن در ساخت سینک‌های حرارتی، لایه‌ها و سایر عناصر گرمزدايي ریزساخت‌ها مفید واقع می‌شود. این نسبت‌های کربن و مس در ترکیب‌ها، به‌نحوی تنظیم شده است که با انبساط حرارتی مواد به‌کاررفته در ساخت عناصر ریزساخت فعال سازگار باشد.

انبساط حرارتی یک ماده، به‌عنوان نسبت تغییر طول در هر درجه‌ی سلسیوس به طول در 0 درجه‌ی سانتی‌گراد تعریف شده است. ضریب انبساط حرارتی (CTE)، معمولاً به‌عنوان ارزش متوسط در طیفی از دماهای گوناگون ارائه می‌شود. فلزات به‌کاررفته در رساناهای الکتریکی همچون آلومینیم، مس، نقره و طلا، دارای مقاومت الکتریکی پایینی است و رسانندگی حرارتی بالایی را نشان می‌دهد. رسانندگی حرارتی، معمولاً به‌صورت W/m^2K محاسبه می‌شود. مس دارای 386 K بوده و نقره دارای 419 K است. با این‌همه، این فلزات دارای انبساط حرارتی بیش از $10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ است. بنابراین، با اینکه مواد دارای رسانندگی بالایی الکتریکی و حرارتی در ساخت اجزای الکتریکی گرمزدا ترجیح داده می‌شوند، باید با مواد رسانایی ترکیب شوند که متوسط انبساط حرارتی پایین‌تری را نشان می‌دهند تا بتوان ترکیبی ساخت که ویژگی انبساط حرارتی آن از نظر کاربردی نزدیک به گالیم آرسنید، سیلیکون و سایر مواد به‌کاررفته در ساخت ریزتراشه‌ها باشد. گروهی متنوع از محصولات کربنی که انبساط‌های حرارتی آن‌ها در حد 1 تا $10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ و ضریب رسانایی آن‌ها در حد 100 تا $600 \text{ W/m}^2\text{K}$ قرار می‌گیرد، موادی عالی برای کنترل رسانندگی حرارتی و نیز انبساط حرارتی در ترکیب‌ها به‌شمار می‌آیند. این در حالی است که مس،

شکل ۵، نمای از بالای یک بسته‌ی گرم‌زادای دستگاه مایکروویو برقی در یکی دیگر از موارد به‌کارگیری اختراع است.

شکل ۶، نمای مقطعی است که به موازات خط ۶-۶ از بسته‌ی شکل ۵ گرفته شده که به محفظه‌ی پشتیبان متصل است.

شکل ۷، نمای انتهایی مقطعی یک بسته‌ی گرم‌زادای دستگاه برقی مایکروویو در حال اجراء، بر اساس یکی از موارد به‌کارگیری اختراع پیش از جوش دادن است.

شکل ۸، مجموعه‌ی شکل ۷ پس از جوش دادن است.

شرح روش تحقق مورد ترجیح در ارتباط با اختراع

روش تحقق مورد ترجیح در فرایند مورد ادعا در خصوص ساخت سینک‌های حرارتی‌ای توصیف خواهد شد که در دستگاه‌های میکروالکترونیک به کار می‌رود. فرایند مشابهی ممکن است در ساخت سایر محصولات که به ویژگی‌های خاصی در خصوص انبساط حرارتی نیاز دارند، استفاده شود.

ترکیب کربن/مس در اختراع حاضر دارای ضریب انبساط حرارتی خطی پایین‌تر از $10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ در دامنه‌ی ۰ تا ۲۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد است که هدف اختراع نیست. هنگامی که ترکیب اختراع حاضر در دمای ۲۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد تا ۸۰۰ درجه حرارت داده می‌شود، دگرشکلی دائمی محقق نمی‌شود. ماتریس مسی از طریق فشردن سازه‌ی ترکیبی از مس و اکسید مس با کربنی مناسب یا پودر گرافیت شکل می‌گیرد و ترکیب فشرده در دمای در حدود نقطه‌ی ذوب مس (1086°C) جوش داده می‌شود. هم‌زمان با افزایش حجم ذرات کربن در ترکیب مورد نظر، ویژگی‌های ترکیب مربوط شبیه ویژگی‌های ذاتی کربن می‌شود. برای افزایش چگالی ترکیب، لازم است پودر ترکیبی را تحت فشاری بالا فشرده کرد. هم ذرات کربن و هم کربن دارای پوشش مسی را می‌توان برای شکل دادن به ترکیب استفاده کرد. حد بالای ۶۰ درصد حجم کربن ترجیح داده می‌شود.

برای بهبود همگنی در ترکیب، پودرهای کربن و مس/اکسید مس با سرعت بالا در واسطی از آب یا الکل هم زده می‌شود.

مس به‌آسانی ذرات کربن را مرطوب نمی‌کند؛ در نتیجه لازم است که عوامل مرطوب‌کننده‌ی اضافه شود تا قابلیت رطوبت آن بهبود یابد. از عوامل مرطوب‌کننده اساساً به‌منظور جوش دادن اشکال کاربیدی ذرات کربن به یکدیگر و ایجاد شبکه‌ای استفاده می‌شود که مس بتواند به آن متصل شود و ترکیب را شکل دهد. عوامل مرطوب‌کننده باید قابلیت انحلال پایینی در مس داشته باشند تا در رسانندگی حرارتی و الکتریکی ترکیب اختلالی ایجاد نکنند.

عوامل مرطوب‌کننده باید کاربیدها را با وجود کربن شکل دهند تا ذرات کربن به‌طرز مؤثری به ذرات مس پیوند بخورند. نقطه‌ی ذوب کاربیدها باید بالاتر از نقطه‌ی ذوب مس باشد و ویژگی‌های فنی کاربیدها باید در دامنه‌ی ۲۰۰ تا ۸۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد بزرگ‌تر از نقطه‌ی ذوب مس باشد که در واقع محدوده‌ی دمایی است که ترکیب‌ها باید بر اساس آن حرارت داده شوند تا به دستگاه‌های ریزساخت جوش داده شوند.

عوامل مرطوب‌کننده‌ی زیر کاربیدهایی را شکل می‌دهند که مناسب پیوند دادن ذرات کربن به شبکه هستند تا ماتریس مسی پذیرفته شود: تیتانیوم (Ti)، زیرکونیوم (Zr)، نیوبیوم (Nb)، وانادیوم (V)، کرومیوم (Cr)، مولیبدوم (Mo) و تنگستن (W). این عوامل مرطوب‌کننده ممکن است به‌صورت انفرادی یا ترکیبی اضافه شوند. عوامل مرطوب‌کننده باید در دامنه‌ی ۳ تا ۸ درصد از حجم ترکیب اضافه شوند.

از آنجا که نقطه‌ی ذوب کربن و عوامل مرطوب‌کننده بالاتر از نقطه‌ی ذوب مس است، ترجیح بر این است که واکنش‌های حالت جامد بین عوامل مرطوب‌کننده و کربن را بهبود بخشیده تا کاربیدهایی پایین‌تر از نقطه‌ی ذوب مس، یعنی ۱۰۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد تشکیل شود. دامنه‌ی حرارتی ۹۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد مطلوب است. ممکن است در این دامنه‌ی حرارتی، بین عوامل مرطوب، همگدازی تشکیل شود. با این‌همه، مایع همگدازی تنها در پوسته‌های

هزینه‌ی فلزاتی همچون تنگستن و مولیبدوم نسبتاً بالاتر از هزینه‌ی مس و آلومینیوم و سایر فلزاتی است که به‌وفور وجود دارد. اجزای گرم‌زاد که از ترکیباتی ساخته شده که در آن فلزی گران‌قیمت همچون تنگستن به‌منظور سازگاری با ضریب انبساط حرارتی به کار رفته، به نظر گران است. هم‌زمان با اینکه توان قدرت نمونه‌های میکروالکترونیک افزایش می‌یابد، به لایه‌های گرم‌زادای بزرگ‌تری احتیاج است. هزینه‌ی مرتبط با لایه‌ها که تحت تأثیر هزینه‌ی فلزات به‌کاررفته در آن‌ها قرار می‌گیرد، نسبتاً بالا باقی می‌ماند؛ در حالی که هزینه‌های مربوط به ریزساخت را می‌توان کنترل کرد و حتی آن‌ها را از طریق استفاده از پیشرفت‌های تکنولوژیکی کاهش داد. مسئله‌ی هزینه‌ی مربوط به لایه‌ها، به‌خصوص در دستگاه‌های برقی مایکروویو که باید در آن‌ها از سینک‌های حرارتی بزرگ و پیشرفته استفاده کرد، مسئله‌ای حاد به شمار می‌آید. در بسیاری از موارد، هزینه‌های مربوط به اجزای گرم‌زاد، درصد بزرگی از کل دستگاه را به خود اختصاص می‌دهد. به همین ترتیب، لازم است روشی مقرون‌به‌صرفه‌تر برای ساخت لایه‌های گرم‌زاد در نمونه‌های میکروالکترونیک با قدرت بالا وجود داشته باشد.

اختراع مورد بحث، در نتیجه‌ی تلاش برای به‌کارگیری فرایندی ساده‌تر، کاربردی‌تر و مقرون‌به‌صرفه‌تر برای ساخت این‌گونه اجزای گرم‌زاد حاصل می‌شود که در آن از روش متالورژی پودر و سایر روش‌های متالورژی استفاده می‌شود. این اختراع، تا حدودی بر مبنای روش‌ها و فرایندهایی قرار گرفته که در درخواست ثبت اختراع شماره‌ی 08/064,255 افشا شده است و تحت عنوان ثبت اختراع ایالات متحده شماره‌ی 5,413,751 مورخ ۱۹۹۵ صادر شده و درخواست و ثبت اختراع آن بدین‌وسیله از طریق ارجاع، در بخش خصوصیات آورده شده است.

چکیده‌ی اختراع

اهداف اصلی و ثانویه‌ی این اختراع آن است که فرایندی ساده و کاربردی برای ساخت سینک‌های حرارتی و سایر اجزای گرم‌زادای دستگاه‌های ریزساخت از ترکیب فلزی دارای ضریب حرارتی بالای گرم‌زدایی و انبساط حرارتی دارای مواد سبک‌تر، اما انبساط حرارتی پایین‌تر به دست آید و این ترکیب همگن باشد و منافذ کمتری داشته باشد ($< 4\%$) و بتوان آن را به‌گونه‌ای تنظیم کرد که انبساط حرارتی مطلوبی را در مجاورت اجزای ریزساخت نشان دهد؛ در حالی که هم‌زمان برخی از سایر گام‌های نهایی تولید دستگاه را از میان می‌برد یا کاهش می‌دهد.

یکی دیگر از اهداف این اختراع آن است که روشی ساده و دقیق برای تنظیم مستقل مناطق سطحی دارای یک لایه‌ی گرم‌زاد در بسته‌های ریزساخت را در اختیار بگذارد.

هدف دیگر این اختراع آن است که هزینه‌ی لایه‌های ریزساخت در دستگاهی برقی را از طریق ترکیب اجزای سینک حرارتی بزرگ که از فلزات ارزان ساخته شده با لایه‌های کوچک‌تر ترکیب‌های سازگار با ضریب انبساط حرارتی کاهش دهد.

این اهداف و سایر اهداف از طریق شکل‌دهی پرسی عناصر گرم‌زادای مورد نظر از پودرهای ترکیبی فشرده‌ی فلز و کربن و سپس جوش دادن آن‌ها برای رسیدن به توزیع همگن کربن و مس در سرتاسر ساختار مربوط به دست می‌آید. سپس ترکیب‌های مذکور را می‌توان روی سینک‌های حرارتی مسی بزرگ‌تر قرار داد.

چکیده‌ی مختصر شکل ترسیمی

شکل ۱، نمای از بالای یک بسته دستگاه ریزساخت مربوط به اختراع، پیش از قرارگرفتن در محفظه است.

شکل ۲، نمای مقطعی است که به موازات خط ۲-۲ از شکل ۱ گرفته شده است.

شکل ۳، نمای کلی سینک حرارتی دستگاه مایکروویو برقی اثر پیشین است.

شکل ۴، نمای متوسط مقطعی یک سینک حرارتی اصلاح‌شده بر اساس اختراع است.

گام ۴: ترکیب فشرده شده در کوره‌ای مناسب قرار می‌گیرد؛ کوره با هیدروژن پُر می‌شود و گرمای آن به مدت ۴ ساعت روی ۸۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد گذاشته می‌شود.

گام ۵: ترکیب مربوط به ابعاد مورد نظر درمی‌آید و سطوح و گوشه‌ها صاف و متقارن می‌شود.

گام ۶: با استفاده از فشار دیفرانسیل هلیوم، آب‌بندی ترکیب‌ها آزمایش می‌شود. پس از اینکه مشخص شد ترکیب، گازبندی شده است، با نیکل پوشانده می‌شود تا فرایند ساخت تکمیل شود.

۲. نمونه‌ی ۱ به‌جز عامل مرطوب‌کننده، زیرکونیوم است.

۳. نمونه‌ی ۱ به‌جز عامل مرطوب‌کننده کرومیوم است.

۴. نمونه‌ی ۱ به‌جز عامل مرطوب‌کننده نیوبیوم است.

۵. نمونه‌ی ۱ به‌جز عامل مرطوب‌کننده مولیبدنوم است.

۶. نمونه‌ی ۱ به‌جز عامل مرطوب‌کننده وانادیوم است.

۷. نمونه‌ی ۱ به‌جز عامل مرطوب‌کننده تنگستن است.

۸. نمونه‌ی ۱ تا ۷ به‌جز مواد مذکور، در الکل مخلوط شده و پیش از فشرده شدن خشک می‌شوند.

۹. نمونه‌ی ۸ به‌جز مواد مذکور، در آب ترکیب شده و پیش از فشرده شدن خشک می‌شوند.

۱۰. نمونه‌ی ۱ تا ۹ به‌جز کُک دانه‌ای نفت، همگرا هستند.

۱۱. نمونه‌های ۱ تا ۹ به‌جز پودر کربن، پوسته‌ی طبیعی گرافیت هستند.

۱۲. نمونه‌های ۱ تا ۹ به‌جز کربن، به‌شکل فیبرهای گرافیتی به‌دست‌آمده از قیر نفت است.

نمونه‌ی ۱۳: پودر اکسید مس، کُک دانه‌ای و فلز تیتانیوم.

گام ۱: از پودر اکسید مس قابل خرید از بازار آزاد، کُک دانه‌ای نفت و پودر تیتانیوم استفاده شده تا ترکیبی که در این روش تحقیق توضیح داده شده است، ساخته شود. پودرهای مذکور در آسیابی مناسب، به ذرات با قطر کمتر از ۱ میکرون دیامتر تبدیل می‌شود. ذرات ریز مس، کُک دانه‌ای و تیتانیوم وزن می‌شوند تا به‌اندازه‌ای برسند که با یکی از نسبت‌هایی که در جدول ۱ به آن‌ها اشاره شد، منطبق باشد.

گام ۲: پنج مخلوط در الکل اتیلیک ریخته شده و به‌دقت با همزنی مناسب مخلوط می‌شود. سپس پودرهای ترکیب‌شده به مدت ۴ ساعت در فری با ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد خشک می‌شود تا الکل آن تبخیر شود و قرصی از مواد ترکیب‌شده شکل گیرد.

گام ۳: قرص مواد با احتیاط به‌صورت خشک، پودر می‌شود و دقت می‌شود تا ذرات آن جدا نشود. پودرهای ترکیب‌شده در قالبی مناسب قرار می‌گیرد تا با جنبه‌های تقریبی محصولی که قرار است ساخته شود، در تناسب باشد. پودرها در دمای اتاق و در ۵ ksi فشرده می‌شوند تا ضخامتی اندکی بیشتر از ضخامت محصولی که قرار است ساخته شود، به دست آید.

گام ۴: ترکیب فشرده شده در کوره‌ای مناسب قرار داده می‌شود؛ کوره با هیدروژن پُر می‌شود و گرمای آن به مدت ۴ ساعت روی ۸۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد گذاشته می‌شود.

گام ۵: ترکیب مربوط به‌صورت ابعاد مورد نظر درمی‌آید و سطوح و گوشه‌ها صاف و متقارن می‌شوند.

گام ۶: با استفاده از فشار دیفرانسیل هلیوم، آب‌بندی ترکیب‌ها آزمایش می‌شود. پس از اینکه مشخص شد ترکیب، گازبندی شده است، با نیکل پوشانده می‌شود تا فرایند ساخت تکمیل شود.

۱۴. نمونه‌های ۱ تا ۱۲ به‌جز مس به‌عنوان نمک اضافه می‌شود.

نازک تشکیل می‌شود و به‌سرعت از میان می‌رود، زیرا فلزات به‌سرعت به کربن واکنش نشان می‌دهند تا کاربیدهایی با نقطه‌ی ذوب بالا را تشکیل دهند.

مخلوط پودرهای ترکیبی ممکن است یا از طریق هم‌زدن سایشی یا غیرسایشی در آب یا الکل یا از طریق روش پیش‌خوشه‌یابی و خشک کردن از طریق اسپری که در ثبت اختراع ایالات متحده شماره‌ی 5,413,751 افشا شده است، انجام شود که بدین‌وسیله به آن اشاره می‌شود.

واکنش‌هایی که در بالا توصیف شد، از نظر نفوذی کنترل شده هستند و در نتیجه ترجیح بر این است که به هر اندازه‌ی ممکن بین ذرات کربن، مواد افزودنی و مس، نقطه یا پوسته‌ی تماس وجود داشته باشد. ذرات کمتر از ۱۰ میکرون چنین شرایطی را فراهم می‌کنند. تراکم تحت فشار بالا، موجب بهبود واکنش‌های حالت جامد می‌شود.

جوش دادن ترکیب‌ها پس از اعمال فشار، در محیط کاهنده، ترجیحاً از طریق به‌کارگیری هیدروژن انجام می‌شود تا از اکسیداسیون کربن و مس جلوگیری شده و اکسید مس (اگر از اکسید کربن استفاده شده است) به مس و آب کاهش یابد و مانع از شکل‌گیری اکسید کربن شود.

به‌منظور کاهش انبساط حرارتی ترکیب مربوط، لازم است که کربن در دامنه‌ی ۲۰ تا ۶۰ درصد در هر حجم به کار گرفته شود. نسبت‌های کربن/عوامل مرطوب‌کننده‌ی زیر، نمونه‌هایی از ترکیب‌های مربوط به اختراع محسوب می‌شوند.

جدول ۱

ارایش ترکیب‌ها					
عامل مرطوب‌کننده		کربن		مس	
W/o	V/o	W/o	V/o	W/o	V/o
۲	۳	۶	۲۰	۹۲	۷۷
۲	۳	۱۰	۳۰	۸۸	۶۷
۲	۳	۱۶	۴۰	۸۲	۵۷
۳	۳	۲۲	۵۰	۷۵	۴۷
۳	۳	۳۰	۶۰	۶۷	۳۷

نمونه‌هایی از اختراع

تعدادی نمونه در ارتباط با اختراع ارائه شده است. این نمونه‌ها از انواع مس یا ترکیب مس با انواع مواد کربنی تشکیل شده که عوامل مرطوب‌کننده نیز به آن‌ها اضافه شده است. نمونه‌ها عبارت است از:

نمونه‌ی ۱. پودر فلز مس، کُک دانه‌ای و فلز تیتانیوم

گام ۱: پودر فلز مس قابل خرید از بازار آزاد، پودر کُک دانه‌ای نفت و پودر تیتانیوم برای ساخت ترکیبی که در این روش تحقیق شرح داده شده، به کار رفته است. پودرهایی که در بالا به آن‌ها اشاره شد، در آسیابی مناسب، به ذرات با قطر کمتر از ۱ میکرون دیامتر آسیاب می‌شوند. ذرات ریز مس و کُک دانه‌ای تیتانیوم وزن می‌شوند تا به‌اندازه‌ای برسند که منطبق با یکی از نسبت‌هایی که در جدول ۱ به آن‌ها اشاره شد.

گام ۲: این ترکیب در الکل اتیلیک ریخته شده و با یک همزن مناسب، به‌خوبی مخلوط می‌شود. سپس، پودرهای ترکیب‌شده در یک فر و در ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت خشک می‌شود تا الکل تبخیر شود و قرصی از مواد مخلوط‌شده به دست آید.

گام ۳: قرص مواد با احتیاط به‌صورت خشک، پودر می‌شود و دقت می‌شود تا ذرات آن جدا نشود. پودرهای ترکیب‌شده در قالبی مناسب قرار می‌گیرد که با ابعاد تقریبی محصولی که قرار است ساخته شود، در تناسب باشد. پودرها در دمای اتاق و در ۵ ksi فشرده می‌شود تا ضخامتی اندکی بیشتر از ضخامت محصولی که قرار است ساخته شود، به دست آید.

قلع، سرب، ژرمانیوم، طلا و نقره و ترکیبات و آلیاژهای به‌دست‌آمده از آن‌ها انتخاب می‌شود. ماده‌ی ثانویه‌ی ترکیب یا آلیاژ فلز ترجیحاً از بین گروهی متشکل از تنگستن، مولیبدوم و کربن و ترکیبات و آلیاژهای به‌دست‌آمده از آن‌ها انتخاب می‌شود.

ذرات سایر فلزات، همچون کبالت و نیکل را نیز می‌توان به ترکیب موردنظر اضافه کرد تا به ضریب انبساط حرارتی خاص و سایر ویژگی‌های مدنظر دست یافت.

ذرات فلز ممکن است از طریق روش‌های شناخته‌شده‌ی متالورژی پودر، مثلاً با کاهش شیمیایی اکسید از فلز ساخته شوند. مشخص شده است که همگنی ترکیب نهایی را می‌توان از طریق ترکیب پودر جریان آزاد ذرات از پیش قالب‌گیری‌شده‌ی فلزات دارای چگالی متفاوت بهبود بخشید. منظور از پودر جریان آزاد آن دسته از پودرهایی است که بدون نیاز به کمک، از طریق جریان سنج که دهانه‌ی ۲/۵۴ میلی‌متری داشته باشد (که در استانداردهای منتشرشده توسط فدراسیون صنعت پودرهای فلزی مشخص شده است) جریان یابد. این گونه قالب‌گیری پیشین را می‌توان با استفاده از اسپری پودرهای خشک انجام داد. ترکیب‌های از پیش قالب‌گیری‌شده را می‌توان از طریق سایر روش‌هایی که منجر به پیوند موقت بین ذرات دارای چگالی متفاوت می‌شود، انجام داد. پیوند مذکور باید نسبتاً پایین باشد تا هنگام اعمال فشار در قالب فشار شکسته شود تا ترکیب همگن‌تری را تشکیل دهد که اندازه‌های ریزتری در مقایسه با اندازه‌ی ذرات داشته باشد.

سپس ترکیب‌های فشرده در کوره و در معرض دمای مناسب قرار می‌گیرد تا موادی که پایین‌ترین نقطه‌ی ذوب و پایین‌ترین وزن را دارند، ذوب شوند. هم‌زمان با ذوب‌شدن ذرات دارای پایین‌ترین وزن (معمولاً مس)، فلز مایع، پوسته‌ای را تشکیل می‌دهد که پیرامون ماده‌ی جامد را که معمولاً تنگستن یا مولیبدوم است، می‌پوشاند و شرایط مرطوب‌کنندگی مناسبی را به وجود می‌آورد. شکل‌گیری پوسته‌ی فلز مایع ذوب‌شده و استفاده از ذرات ریز تنگستن یا مولیبدوم یا کربن کنش سطحی را که به‌عنوان سازکار اصلی حصول تراکم و کاهش منافذ عمل می‌کند، بهبود می‌بخشد. می‌توان با ممانعت از ذوب‌شدن کامل ذرات فلزی که پایین‌ترین نقطه‌ی ذوب را دارند، و صرفاً نرم‌شدن آن‌ها تا حدی که شکل خود را از دست بدهد و به ذرات دیگر بچسبد، نتایج مشابهی را به دست آورد. جوش دادن ترکیبات فشرده‌ی توصیف‌شده، انقباضی در حدود ۱۵٪ را نشان می‌دهد که ویژگی روش ساخت بلوک‌های ترکیب فشرده‌ی نهایی است که شکل لازم برای ساخت سینک حرارتی را دارد، بدون اینکه نیازی به برش‌ها یا پرداخت‌های اضافی باشد. در نتیجه، این فرایند به محتویات به‌راحتی قابل‌استفاده و ارزانی منجر می‌شود که رسانندگی حرارتی مناسبی داشته و با ویژگی‌های مربوط به انبساط حرارتی منطبق باشد.

نمونه

پودر مس و تنگستن انتخاب شد که از نظر وزن، حدود ۱۵ درصد مس و ۸۵ درصد تنگستن داشته (۲۷/۷ درصد و ۷۲/۳ درصد در هر حجم). ترکیب پودر موردنظر از ذرات فلز با قطر متوسط کمتر از ۲ میکرون در دیامتر تشکیل شده بود. ترکیب موردنظر با اسپری خشک و تصفیه شد تا توده‌های همگن و اندک‌متصل‌شده‌ی تنگستن و ذرات مس در دانه‌های با قطر متوسط ۲۰۰ میکرون شکل بگیرد. چنین ترکیب پودری بر اساس خصوصیتی که مخترعان به آن پرداخته و در اینجا افشا شده، توسط سیلوانیا از تواندای پنیسیلوانیا ساخته شده است.

ترکیب موردنظر در دمای اتاق، تحت ۳،۷۴۰ اتمسفر (۵۵،۰۰۰ lbs/in²) با اعمال فشار قالب‌گیری‌شده به‌شکل نهایی ۰/۲۰ cms × ۱/۹ cms × ۱/۹ cms سینک‌های حرارتی موردنظر برای نصب روی میکروالکترونیک‌ها درآمد. پودرهای فشرده‌ی «خام» در کوره‌ای قرار داده شد و به‌مدت دو ساعت با ۱،۱۰۰ تا ۱،۳۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد حرارت داده شد.

پس از سردشدن، محصولات نهایی چگالی ۱۶/۱۵ را در مقایسه با چگالی

نمونه‌ی ۱۵: فلز مس، کُک دانه‌ای با روکش مس و فلز تیتانیوم.

گام ۱: کُک دانه‌ای نفت با روکش مس و پودر تیتانیوم قابل‌خرید از بازار آزاد، برای ساخت ترکیبی که در این روش تحقق شرح داده شده، به کار رفته است. پودرهای کُک دانه‌ای و تیتانیوم، در آسیایی مناسب به ذراتی با قطر کمتر از ۱ میکرون دیامتر تبدیل می‌شود. کُک دانه‌ای با لایه‌ای از مس که با یکی از نسبت‌های مس، کُک دانه‌ای و تیتانیوم که در نمونه‌ی ۱ توضیح داده شده است، برابر باشد، پوشانده می‌شود. مخلوطی از کُک دانه‌ای با روکش مس و فلز تیتانیوم آماده می‌شود.

گام ۲: مخلوط در الکل اتیلیک ریخته شده و به‌خوبی با یک همزن مناسب مخلوط می‌شود. سپس پودرهای ترکیب‌شده، به‌مدت ۴ ساعت در فری با ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد خشک می‌شود تا الکل آن تبخیر شود و قرصی از مواد ترکیب‌شده به دست آید.

گام ۳: سپس قرص مواد با احتیاط به‌صورت خشک پودر شده و دقت می‌شود تا ذرات آن جدا نشود. پودرهای ترکیب‌شده در قالبی مناسب قرار می‌گیرد که با ابعاد تقریبی محصولی که قرار است ساخته شود، تناسب داشته باشد. پودرها در دمای اتاق و در ۵ ksi فشرده می‌شود تا ضخامتی اندکی بیشتر از ضخامت محصولی که قرار است ساخته شود، به دست آید.

گام ۴: ترکیب فشرده‌شده در کوره‌ای مناسب قرار داده می‌شود؛ کوره با هیدروژن پُر می‌شود و گرمای آن به‌مدت ۴ ساعت روی ۸۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد گذاشته می‌شود.

گام ۵: ترکیب مربوطه به ابعاد موردنظر درمی‌آید و سطوح و گوشه‌ها صاف و متقارن می‌شود.

گام ۶: با استفاده از فشار دیفرانسیل هلیوم، آب‌بندی ترکیب‌ها آزمایش می‌شود. پس از اینکه مشخص شد ترکیب، گازبندی شده است، با نیکل پوشانده می‌شود تا فرایند ساخت تکمیل شود.

۱۶. نمونه‌های ۱ تا ۱۵ به‌جز ترکیب خشک یا ترکیب خشک‌شده تحت ۱۶ psi و ۱۵۰۰ و ۸۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، به‌مدت ۴ ساعت تحت حرارت فشرده می‌شود.

شمس به‌دست‌آمده از نمونه‌ی بالا تراش داده می‌شود تا به ابعاد خالص موردنظر برسد و ممکن است با لایه‌ای نازک از مس پوشانده شود تا سطح آن عایق‌بندی شود (و ممکن است این کار انجام نشود). سپس مواد به‌دست‌آمده در ابعاد دقیق موردنیاز صیقل داده می‌شود.

یکی دیگر از روش‌های تحقق اختراع در ارتباط با ساخت سینک‌های حرارتی دستگاه‌های الکتریکی توضیح داده می‌شود. ممکن است در ساخت محصولاتی به کار گرفته شود که ساخت آن‌ها نیازمند ترکیبی از فلزاتی است که وزن‌ها یا دمای ذوب خاص کاملاً متفاوتی دارند.

اصطلاح «رسانندگی حرارتی بالا» شامل آن دسته از موادی می‌شود که ضریب رسانندگی حرارتی بیش از ۱۵۰ دارند.

به همین ترتیب، در خصوص ضریب‌های انبساط حرارتی نیز آن دسته از موادی که دارای انبساط حرارتی پایین‌تر از حدود ۱۰×۱۰^{-۶} درجه‌ی سانتی‌گراد هستند، این‌گونه تعبیر می‌شود که ضریب انبساط حرارتی پایین‌تری دارند. آن دسته از موادی که انبساط حرارتی بالاتر از حدود ۱۲×۱۰^{-۶} درجه‌ی سانتی‌گراد دارند، این‌گونه تعبیر می‌شوند که دارای انبساط حرارتی «بالایی» هستند.

ترکیبی از ذرات حداقل یکی از ماده‌ها، ترکیب یا آلیاژی که دارای ضریب متوسط رسانندگی حرارتی بالای ۲۰۰ باشد و حداقل یک ماده‌ی ثانویه و ترکیب یا آلیاژی که دارای ضریب متوسط انبساط حرارتی کمتر از ۱۰^{-۶}×۷ درجه‌ی سانتی‌گراد باشد، در دمای اتاق با اعمال فشار و با استفاده از فشاری که از ۶،۸۰۴ اتمسفر (۱۰۰،۰۰۰ psi) تجاوز نکند، به‌صورت سینک حرارتی موردنظر قالب‌گیری می‌شود.

ماده‌ی اولیه، ترکیب یا آلیاژ ترجیحاً از میان گروهی متشکل از آلومینیم، مس،

آلومینیم ۴۳ از نظر حرارتی با ضریب انبساط حرارتی ۲۴ پلی آمید یا ساختار پشتیبان اپوکسی ۴۲ سازگار است. ضریب انبساط حرارتی پایه ۴۵ به گونه‌ای تنظیم می‌شود که از نظر حرارتی با ضریب انبساط حرارتی ۴/۲ سیلیکونی که در قالب ۴۴ به کار رفته است، برابر باشد. تنظیم ضریب انبساط حرارتی پایه را می‌توان از طریق انتخاب موادی همچون تنگستن-مس با ضریب انبساط حرارتی ۶/۰ به دست آورد. سایر گزینه‌هایی که در ارتباط با مواد مربوط به پایه وجود دارد، عبارت است از مولیبدوم-مس، گرافیت-مس، گرافیت-آلومینیم، آلومینیم کاربید سیلیکون یا ترکیب‌های به‌دست‌آمده از آن‌ها یا سایر مواد دارای انبساط پایین و رسانندگی حرارتی بالا.

فرض بر این است که روش تحقق اختراع که در ادامه توضیح داده شده، لایه‌ی گرمادای کم‌هزینه‌ای را برای استفاده در دستگاه‌های میکروالکترونیک برقی، همچون آمپلی‌فایرهای میکروویو در اختیار بگذارد. یک سینک حرارتی عادی که در آمپلی‌فایر میکروویو استفاده می‌شود، از ترکیبی ساخته می‌شود که معمولاً از طریق فرایند متالورژی پودری به دست می‌آید. اجزای ریزساخت که در خط نقطه‌چین نشان داده شده، عبارت است از یک آمپلی‌فایر برقی ۲۲ که روی میله‌ی ۲۳ نصب شده باشد و به مرکز سینک حرارتی متصل شده است. میله‌ی سطح بالایی سینک حرارتی را به دو محفظه‌ی ۲۴، ۲۵ تقسیم می‌کند که به گونه‌ای شکل داده شده و ابعاد آن تنظیم شده است که به ترتیب یک گیرنده‌ی ورودی ۲۶ و یک فرستنده‌ی خروجی ۲۷ را در خود جای دهد. آمپلی‌فایر ۲۲ معمولاً یک ترانزیستور اثر میدانی گالیوم آرسنید (GaAs) است که برای گرمادایی حداکثری به‌طور مستقیم روی سطح بالایی ۲۸ میله‌ی ۲۳ قرار گرفته است. بخش‌های ورودی و خروجی ۲۶، ۲۷ معمولاً مدارهای ترکیبی هستند که سطح پایینی آن‌ها به کف ۲۹، ۳۰ محفظه‌های ۲۴، ۲۵ متصل شده است. مواد ترکیبی سینک حرارتی دارای میزانی از ضریب انبساط حرارتی است که از طریق تقسیم مناسب اجزای پودری آن به گونه‌ای تنظیم می‌شود که به طرز قابل توجهی با ضریب انبساط حرارتی GaAs در آمپلی‌فایر ۲۲ منطبق باشد. ترکیب مذکور، معمولاً شامل تنگستن، مولیبدوم و سایر فلزات نسبتاً گران است.

در یک سینک حرارتی ۳۱ مشابه ولی اصلاح شده که در شکل ۴ نشان داده شده است، تنها آمپلی‌فایری که میله یا پایه‌ی ۳۲ را پشتیبانی می‌کند، از یک ترکیب منطبق با ضریب انبساط حرارتی ساخته می‌شود، در حالی که یک صفحه‌ی ۳۳ که به بدنه‌ی سینک حرارتی ۳۱ متصل است، از ماده‌ای به‌وفور در دسترس همچون مس یا آلومینیم یا آلیاژ به‌دست‌آمده از آن که ویژگی انتقال گرمای بالایی دارد، ساخته می‌شود.

ترجیحاً قسمت پایینی ۳۴ میله یا پایه‌ی ۳۲ پشتیبان آمپلی‌فایر در روزه‌ای ۳۵ جای می‌گیرد که به شکل سطح بالایی صفحه‌ی مسی یا آلومینیمی ۳۳ درمی‌آید.

پیوند بین پایه‌ی ۳۲ و صفحه‌ی ۳۳ ترجیحاً از طریق جوش دادن یا لحیم کردن یا بر اساس یکی از روش‌های اتصال‌ی اعمال می‌شود که با روش‌های تحقیقی که پیش‌تر توضیح داده شده، افشا شده است. اتصال انجام‌گرفته باید بتواند دمای ۱۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد (در حدود ۳۰۰ درجه‌ی فارنهایت) را تحمل کند که ممکن است در این نوع دستگاه‌های برقی تولید شود. بنابراین، هر ماده‌ای که در لحیم کردن یا چسباندن به کار می‌رود، باید دمای ذوبی بیش از ۱۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد داشته باشد (تقریباً ۳۵۰ درجه‌ی فارنهایت). این روش استفاده از پایه‌ی متشکل از ترکیب منطبق با ضریب انبساط حرارتی نسبتاً گران بر روی بدنه‌ی سینک حرارتی به‌طور مستقیم بر روی ترانزیستور یا سایر اجزای ریزساخت که گرما باید از آنجا تخلیه شود، می‌تواند روی دیودهای لیزری و سایر اجزای پر قدرت اعمال کرد.

در نتیجه‌ی میزان اندک مواد سازگار با ضریب انبساط حرارتی که در ساخت پایه استفاده می‌شوند، مواد نسبتاً گرانی همچون ترکیب‌هایی که با روش متالورژی پودری شکل گرفته‌اند، در دسترس هستند، مثل ترکیب مس یا آلومینیم با تنگستن، مولیبدوم یا گرافیت. این موضوع همچنین باعث می‌شود که استفاده

۱۶/۴۱ که می‌توان از ترکیب جامد به دست آورد، نشان داد؛ یعنی کمی بیشتر از ۹۸٪ از چگالی نظری آلیاژی که حجم مشابهی داشته باشد.

بررسی محصولات ساخته‌شده بر اساس این نمونه تحت بزرگ‌نمایی $1000 \times$ و محصولات مشابهی که به‌وسیله‌ی قالب‌گیری از طریق اعمال فشار پودر تنگستن و تصفیه‌ی مس ذوب‌شده انجام گرفته، نشان می‌دهد که اختراع مذکور به توزیع بهتر مس، بهبود همگنی و منافذ کمتر ماده‌ی نهایی منجر شده است.

سایر ترکیبات متشکل از تنگستن تا مس با نسبت ۸۰/۲۰ تا ۹۰/۱۰ به شکل مشابهی ساخته شدند که ضریب انبساط حرارتی ۶/۵ تا $10^{-6} \times 10^{-6}$ درجه‌ی سانتی‌گراد را نشان می‌داد که برای انطباق با ضریب انبساط حرارتی گالیوم آرسنید، $A1_0_3$ و سایر موادی که در ساخت بسته‌های میکروالکترونیک استفاده می‌شود، کافی است و در عین حال، ضریب انبساط حرارتی را بین ۱۴۰ و ۱۲۰ W/m^2K نگه می‌دارد.

به‌کارگیری فرایند جوشی که در بالا توضیح داده شد به‌منظور ساخت عناصر مربوط به لایه‌ی گرمادای در دستگاه‌های ریزساخت، اکنون با ارجاع به شکل‌ها توضیح داده می‌شود.

دستگاه ریزساخت ۴۱ از یک ساختار پشتیبانی از اتصال الکتریکی ۴۲ تشکیل شده که خود از لایه‌های مواد نسبتاً ارزان دی‌الکتریکی همچون پولی‌آمید یا سایر دی‌الکتریک‌های پلیمری یا اپوکسی دارای ضریب انبساط بالا تشکیل شده است. ساختار پشتیبان، لایه یا پایه‌ی گرمادای ۴۳ را پشتیبانی می‌کند که از مواد نسبتاً ارزانی ساخته شده است که ضریب انبساط حرارتی کلی و ضریب استاندارد حرارتی بالایی دارد، مثل مس یا آلومینیم. سایر مواد ارزان که رسانندگی حرارتی پایین، اما ضریب انبساط حرارتی بالایی دارند، همچون FR4 نیز ممکن است برای ساختار پشتیبان مناسب باشند.

میکروچیپ یا قالب ۴۴ به‌وسیله‌ی یک پایه‌ی ۴۵ که از سطح بالایی ۴۶ لایه‌ی مربوطه ۴۳ بالا آمده است، پشتیبانی می‌شود. پایه‌ی ۴۵ به‌صورت جدا از پایه‌ی ۴۳ ساخته می‌شود و سپس از طریق لحیم کردن، جوش مقاومت، فشرده‌سازی، یعنی عملیات نفوذی سرد تحت فشار زیاد یا با استفاده از یک لایه‌ی موقت ۵۱ از چسب پلیمر رسانای حرارت که حاوی ذرات فلز است، ساخته می‌شود. لایه‌ی موقت می‌تواند ورقه‌ای از مس، آلومینیم، نقره، طلا یا هر آلیاژی از این فلزات باشد که ضخامت آن بیش از ۵۰۰ میکرون نبوده و شامل انحرافی نباشد که ممکن است در نتیجه‌ی فرایند لحیم‌کاری یا جوشکاری بین پایه‌ی ۴۵ و لایه به وجود آمده باشد. این ورقه را می‌توان لحیم کرد، جوش داد یا با استفاده از چسب به لایه‌ی ۴۳ پایه‌ی ۴۵ یا هر دوی آن‌ها چسباند.

مجموعه‌ای از اتصالات سیم ۴۷، نقاط اتصال قالب را به پوسته‌ی فلزکاری شده‌ی ۴۸ که روی سطح ۴۹ یا درون بدنه‌ی ساختار پشتیبان ۴۲ قرار گرفته است، متصل می‌کند. پوسته‌ی فلزکاری شده به تعدادی هادی ۵۰ متصل می‌شود که از ساختار پشتیبان امتداد یافته‌اند.

به‌منظور کاهش و توزیع فشار مکانیکی در نقطه‌ی اتصال اجزای گوناگون دستگاه، این اجزا از موادی ساخته شده که دارای ضریب‌های انبساط حرارتی متناسب با ضریب‌های انبساط حرارتی موادی هستند که در اجزای اتصال مجاور به کار رفته است. بر این اساس، بخش اعظم لایه‌ی ۴۳ دارای انبساط حرارتی مشابه ضریب انبساط حرارتی ساختار پشتیبان دی‌الکتریک ۴۲ است؛ در حالی که پایه‌ی ۴۵ دارای میزانی از ضریب انبساط حرارتی است که بر اساس فرایندی که در بالا توضیح داده شد، انتخاب یا تنظیم شده است تا اساساً از نظر حرارتی با مواد نیمه‌رسانای چینی ۴۴ که به آن متصل می‌شود و از آن پشتیبانی می‌کند، سازگار باشد.

باید به این نکته توجه داشت که نیازی نیست ضریب انبساط حرارتی دو جزء مجاور دقیقاً یکسان باشد، بلکه باید به‌طور قابل توجهی سازگار یا به‌حدی نزدیک باشد که از خمیدگی یا جاداشدن لایه‌ها در نتیجه‌ی انبساط اجزا در طول تغییر دمای در حدود ۲۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، معمولاً از ۵۵- درجه تا ۲۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد جلوگیری شود. برای مثال، ضریب انبساط حرارتی ۲۴ یک لایه‌ی

ادعاهای ما:

۱. یک ترکیب کربن گرمادای به طرز قابل توجهی همگن که از موارد زیر تشکیل شده است:

غلیظسازی مس؛

غلیظسازی کربنی که اساساً از ذراتی از کربن تشکیل شده باشد که اندازه‌ی آن‌ها بیشتر از ۱۰ میکرون نباشد؛

غلیظسازی عامل مرطوب‌کننده؛

بر این اساس، تغلیظسازی‌های مذکور به نحوی تنظیم می‌شوند که ترکیب موردنظر دارای میزانی از انبساط حرارتی باشد که به طرز قابل توجهی با انبساط حرارتی ریزساخت مذکور سازگار باشد و به موجب آن تفاوت‌های موجود در انبساط اجزای ریزساخت و بسته‌بندی آن به حدی کوچک شود که از جداشدن در وضعیت‌هایی که هنگام کار کردن دستگاه پیش می‌آید، جلوگیری شود.

۲. ترکیب ادعای ۱ که ضریب انبساط حرارتی غیرمستقیم آن، در دامنه‌ی ۰ تا ۲۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، کمتر از $10^{-6} \times 12$ درجه‌ی سانتی‌گراد است.

۳. ترکیب ادعای ۱ که دارای منافذی کمتر از ۴٪ است.

۴. ترکیب ادعای ۱ که میزان تراکم کربن مذکور در آن بین ۲۰ تا ۶۰ درصد از حجم ترکیب مذکور را تشکیل می‌دهد.

۵. ترکیب ادعای ۱ که میزان تراکم عامل مرطوب‌کننده‌ی بین ۳ تا ۸ درصد از حجم ترکیب مذکور را تشکیل می‌دهد.

۶. ترکیب ادعای ۱ که عامل مرطوب‌کننده در آن تشکیل شده است از:

نخستین فلز که می‌تواند کاربیدی را در دمایی کمتر از ۱,۰۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد شکل دهد.

۷. ترکیب ادعای ۱ که عامل مرطوب‌کننده در آن تشکیل شده است از:

نخستین فلز که قادر است در دمایی بین ۹۰۰ تا در حدود ۱۰۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، کاربرد را شکل دهد.

۸. ترکیب ادعای ۶ که نخستین فلز مذکور در آن از میان گروهی متشکل از موارد زیر انتخاب شده است:

تیتانیوم، زیرکونیوم، نیوبیوم، وانادیوم، کرومیوم، مولیبدوم و تنگستن.

۹. فرایندی برای ساخت یک ترکیب به طرز قابل توجه همگن گرمادای که انبساط حرارتی آن با اجزای ریزساخت سازگار باشد. این فرایند عبارت است از:

ترکیب نخستین ذرات متشکل از کربن، سپس دومین ذرات متشکل از مس و ذرات متشکل از عامل مرطوب‌کننده در یک همزن؛

خشک کردن ترکیب مذکور به شکل یک قرص؛

پودر کردن مخلوط خشک مذکور تا به صورت قرص دربیاید؛

فشرده کردن مخلوط و جوش دادن ترکیب فشرده در محیط کاهنده.

۱۰. فرایند ادعای ۹ که عبارت است از:

ریختن ذرات مذکور در الکل اتیلیک، پیش از مرحله‌ی مخلوط کردن و

خشک کردن ترکیب مذکور تا الکل آن تبخیر شود.

۱۱. فرایند ادعای ۹ که در آن ترکیب مذکور دارای ضریب انبساط حرارتی غیرمستقیمی که در دمایی ۰ تا ۲۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، دمایی کمتر از $10^{-6} \times 12$ درجه‌ی سانتی‌گراد داشته باشد.

۱۲. فرایند ادعای ۹ که در آن ترکیب مذکور، منافذی کمتر از ۴٪ دارد.

۱۳. فرایند ادعای ۹ که بین ۲۰ تا در حدود ۶۰ درصد از ترکیب مذکور در آن را کربن تشکیل می‌دهد.

۱۴. فرایند ادعای ۹ که در آن غلظت عامل مرطوب‌کننده‌ی مذکور بین ۳ و در حدود ۸ درصد از ترکیب موردنظر را تشکیل می‌دهد.

از الماس، ترکیب‌های به دست آمده از الماس یا سایر مواد گران قیمت با قابلیت رسانندگی بالای گرما، به شکل مقرون به صرفه‌ای به کار گرفته شود.

باید توجه داشت که چنانچه برای اتصال میله به صفحه از جوش مقاومتی استفاده می‌شود، ممکن است سطح مشترک میله و صفحه دچار دگرشکلی شده و اندکی از فلزات روی سطوح مجاور پاشیده شود. این پاشیدگی و دگرشکلی را می‌توان از طریق پرداخت سینک حرارتی پس از اتمام جوش کاری برطرف کرد. البته، انجام دادن این کار ممکن است اصلاحاتی جزئی در ساختارها را بطلبد تا از بین بردن مواد در طول پرداخت، آسان تر شود.

در یک روش تحقق جایگزین ۶۰ بسته‌ی گرمادای ریزساخت برقی که در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است، یک پایه‌ی پشتیبان آمپلی‌فایر دارای رسانندگی حرارتی بالا ۶۱ تا صفحه‌ی ۶۲ ادامه می‌یابد و به محفظه‌ی ۶۳ متصل می‌شود که سینک حرارتی در طول عملیات به آن متصل شده است. این تنظیمات به خصوص مناسب مواردی است که شامل چپ‌هایی می‌شود که گرمای بالایی تولید می‌کنند یا مواردی که نیازمند رسانندگی حرارتی بالایی هستند.

درست مثل روش تحقق پیشین، پایه‌ی ۶۱ از موادی تشکیل شده که سطح رویی آن ۶۴ دارای میزانی از ضریب انبساط حرارتی است که به طرز قابل توجهی با ضریب انبساط حرارتی سطح آمپلی‌فایر که بقیه‌ی اجزا به آن متصل می‌شوند، سازگار است.

برای مثال، در آمپلی‌فایر GaAs، پایه‌ی ۶۱ از ماده‌ای با رسانندگی حرارتی بالا و انبساط پایین ساخته شده است؛ همچون الماس، گرافیت یا سایر کربن‌های با رسانندگی حرارتی بالا یا ترکیب گرافیت-فلز، همچون گرافیت-آلومینیم یا گرافیت-مس یا مواد از نوع کاربید آلومینیم-سیلیکون. صفحه‌ی ۶۲ از ماده‌ای نسبتاً ارزان تر با انبساط پایین ساخته می‌شود؛ مثل مس-تنگستن، مس-مولیبدوم یا ترکیب گرافیت-فلز.

با ادامه دادن پایه‌ی ۶۱ تا صفحه‌ی ۶۲، گرما در مقایسه با صفحه، مستقیماً تر به محفظه‌ی با ظرفیت گرمایی بالای ۶۳ منتقل می‌شود. در واقع، زمانی که گرما باید نخست از طریق صفحه‌ای با رسانندگی حرارتی یا ظرفیت گرمایی پایین منتقل شود، از رسانندگی بالای پایه‌ای که از الماس ساخته شده است، به طور کامل بهره‌برداری نمی‌شود.

اکنون به شکل‌های ۷ و ۸ اشاره می‌کنیم که به یکی از روش‌های تحقق جایگزین برای ساخت سینک حرارتی دستگاه‌های میکروالکترونیک برقی اشاره کرده است. صفحه‌ی سینک حرارتی بر اساس فرایند متالورژی پودری که در بالا توضیح داده شد، ساخته می‌شود که به موجب آن، جوش دادن باعث کوچک شدن صفحه می‌شود. صفحه‌ی ۶۲ در حالت از پیش جوش داده شده (که در شکل ۷ نشان داده شده است)، دارای دهانه‌ی ۷۰ است که از سطح رویی ۷۱ صفحه تا سطح زیرین ۷۲ آن ادامه پیدا کرده است. دهانه اندازه‌گیری می‌شود تا بخشی از ۷۳ پایه‌ی ۶۶ بتواند وارد آن شود. اگر پایه‌ی ۶۶ فلز کاری شده باشد، ممکن است در حالی که پایه به دهانه ۷۰ گیر داده شده است، از طریق جوش دادن به صفحه‌ی ۶۲ متصل شود. عمل جوش دادن باعث می‌شود مواد پودری فشرده‌ای که صفحه را تشکیل می‌دهند، کوچک شوند و در نتیجه، اندازه‌ی دهانه تا حدی کاهش می‌یابد که با دیواره‌های ۷۶، ۷۵ بخشی از پایه که به داخل دهانه متصل شده است، برخورد کند و پایه به گونه‌ای محکم سر جای خود قرار گیرد.

پایه به گونه‌ای در داخل دهانه قرار می‌گیرد که سطح پایینی ۷۴ در دسترس باشد و بتوان آن را به محفظه‌ی با ظرفیت بالای گرمایی ۶۳ متصل کرد.

با اینکه در روش تحقق اختراعی که پیش تر توضیح داده شد، می‌توان اصلاحاتی را انجام داد، سایر روش‌های تحقق نیز ممکن است؛ در صورتی که ایده‌ای که ورای اختراع قرار گرفته، عملی شود و از دامنه‌ی ادعاهای پیوستی چندان فاصله نگیرد.

۱۵. فرایند ادعای ۹ که در آن هرکدام از ذرات تشکیل‌دهنده‌ی کربن در بزرگ‌ترین اندازه‌ی خود، کمتر از حدود ۲۰ میکرون هستند.
۱۶. فرایند ادعای ۹ که در آن عامل مرطوب‌کننده تشکیل شده است از: نخستین فلز که قادر به تشکیل کاربید در دمای کمتر از ۱,۰۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد باشد.
۱۷. فرایند ادعای ۹ که در آن عامل مرطوب‌کننده تشکیل شده باشد از: نخستین فلز که قادر به تشکیل کاربید در دمایی بین ۹۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد باشد.
۱۸. ادعای فرایند ۱۶ که نخستین فلز مذکور از میان گروهی متشکل از موارد زیر انتخاب شده است:
تیتانیوم، زیرکونیوم، نیوبیوم، وانادیوم، کرومیوم، مولیبدنوم و تنگستن.
۱۹. فرایند ادعای ۹ که در آن، ذرات مذکور که از کربن تشکیل شده‌اند، ضخامتی بیش از ۱ میکرون ندارند.
۲۰. فرایند ادعای ۹ که در آن ذرات مذکور که از مس تشکیل شده‌اند، ذرات اکسید مس هستند.
۲۱. فرایند ادعای ۱۰ که در آن ذرات مذکور که از کربن تشکیل شده‌اند، ذرات کُک دانه‌ای نفت هستند که ضخامتی بیش از ۱ میکرون ندارند.
۲۲. فرایند ساخت یک ترکیب به طرز قابل توجه همگن گرمازدا که دارای ضریب انبساطی سازگار با اجزای ریزساخت است، این فرایند عبارت است از:
برقراری پیوند میان مجموعه‌ای از ذرات کربن که ضخامتی بیش از ۱۰ میکرون نداشته باشند با مجموعه‌ای از ذرات مس و در نتیجه، منجر شدن به تعدادی ذرات پیوندخورده؛
مخلوط کردن ذرات پیوندخورده و مجموعه‌ای از ذرات عامل مرطوب‌کننده در یک همزن؛
فشرده‌ساختن ترکیب مذکور تحت فشاری که به اندازه‌ای کافی باشد که تعدادی از پیوندها را در هم بشکند و در نتیجه یک ترکیب فشرده را تشکیل دهد و
جوش دادن ترکیب فشرده‌ی مذکور در محیط کاهنده.