



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ



1-0045157

(51)^{2020.01} **B23K 35/00; B23K 1/008; C22C 13/02; (13) B**
B23K 35/02; B23K 35/26; B23K 1/00

(21) 1-2021-07788

(22) 08/05/2020

(86) PCT/US2020/032116 08/05/2020

(87) WO2020/227638 12/11/2020

(30) 2019103830543 09/05/2019 CN; 16/518,180 22/07/2019 US

(45) 25/04/2025 445

(43) 25/02/2022 407A

(71) INDIUM CORPORATION (US)

111 Business Park Drive, Utica, New York 13502, United States of America

(72) ZHANG, Hongwen (US); CHEN, Fen (CN); MUTUKU, Francis (KE); GENG, Jie (CN); LEE, Ning-Cheng (US).

(74) Công ty TNHH Lê & Lê (LE & LE)

(54) CHẤT HÀN KHÔNG CHỨA CHÌ, PHƯƠNG PHÁP SỬ DỤNG CHẤT HÀN VÀ
MỖI HÀN ĐƯỢC TẠO THÀNH TỪ PHƯƠNG PHÁP NÀY

(21) 1-2021-07788

(57) Sáng chế đề cập đến chất hàn hỗn hợp không chứa chì thích hợp cho các ứng dụng hàn nhiệt độ thấp đến nhiệt độ trung bình. Chất hàn không chứa chì có thể gồm: một lượng bột hợp kim hàn thứ nhất nằm trong khoảng từ 44 % khối lượng đến 83 % khối lượng, bột hợp kim hàn thứ nhất chứa Sn; một lượng bột hợp kim hàn thứ hai nằm trong khoảng từ 5 % khối lượng đến 44 % khối lượng, bột hợp kim hàn thứ hai chứa Sn, trong đó bột hợp kim hàn thứ nhất có nhiệt độ đường lỏng thấp hơn nhiệt độ đường rắn của bột hợp kim hàn thứ hai; và phần còn lại là chất trợ dung. Chất hàn có thể được sử dụng để nung chảy lại ở nhiệt độ đỉnh thấp hơn nhiệt độ đường rắn của bột hàn có nhiệt độ đường rắn cao hơn nhưng cao hơn nhiệt độ nóng chảy của bột hàn có nhiệt độ đường rắn thấp hơn.

Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến phương pháp sử dụng chất hàn và mối hàn được tạo thành từ phương pháp này.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến chất hàn hỗn hợp không chứa chì thích hợp cho các ứng dụng hàn nhiệt độ thấp đến nhiệt độ trung bình. Chất hàn không chứa chì có thể gồm: một lượng bột hợp kim hàn thứ nhất nằm trong khoảng từ 44 % khối lượng đến 83 % khối lượng, bột hợp kim hàn thứ nhất chứa Sn; một lượng bột hợp kim hàn thứ hai nằm trong khoảng từ 5 % khối lượng đến 44 % khối lượng, bột hợp kim hàn thứ hai chứa Sn, trong đó bột hợp kim hàn thứ nhất có nhiệt độ đường lỏng thấp hơn nhiệt độ đường rắn của bột hợp kim hàn thứ hai; và phần còn lại là chất trợ dung. Chất hàn có thể được sử dụng để nung chảy lại ở nhiệt độ đỉnh thấp hơn nhiệt độ đường rắn của bột hàn có nhiệt độ đường rắn cao hơn nhưng cao hơn nhiệt độ nóng chảy của bột hàn có nhiệt độ đường rắn thấp hơn.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Ngành công nghiệp điện tử đang hướng tới thu nhỏ hóa các linh kiện với số lượng ngày càng tăng các thiết kế bao gói trong hệ thống tích hợp (SIP). Trong một số thiết kế SIP, có thể mong muốn bước hàn liên quan đến chảy ngược nhiều lần để kết nối các linh kiện với nhau thành một kết cấu. Để giảm nguy cơ nấu chảy lại chất hàn trong lần chảy lại tiếp theo (ví dụ, sau lần chảy lại đầu tiên), có thể cần các chất hàn có nhiệt độ nóng chảy khác nhau. Các chất hàn SnAgCu có nhiệt độ nóng chảy khoảng 217°C thường được sử dụng cho kết nối hàn giai đoạn đầu tiên. Đối với kết nối hàn giai đoạn

thứ hai, nhiệt độ nóng chảy của chất hàn có thể cần phải thấp hơn đáng kể so với nhiệt độ nóng chảy của chất hàn SnAgCu. Thông thường, sự chênh lệch ít nhất 30°C được mong đợi để cho phép quá trình nung chảy lại ở giai đoạn thứ hai tiếp tục mà không gây ra sự nấu chảy lại mối hàn kết nối trước đó được hình thành với chất hàn SnAgCu. Đối với kết nối hàn giai đoạn thứ ba, nhiệt độ nóng chảy của chất hàn phải thấp hơn nhiệt độ nóng chảy của chất hàn ở mức thứ hai.

Các chất hàn nhiệt độ thấp hiện tại được ngành công nghiệp công nhận bao gồm Sn-In eutecti có nhiệt độ đường rắn khoảng 118°C , và Bi-Sn eutecti và các chất tương tự đã biến tính có nhiệt độ đường rắn khoảng 139°C . Sn-In eutecti và hợp kim Sn-In biến tính mềm hơn nhiều so với các hợp kim SnAgCu truyền thống. Hợp kim biến tính Bi-Sn eutecti và Bi-Sn gần eutecti có bản chất giòn vì sự tồn tại của hàm lượng Bi cao. Ngoài ra, nhiệt độ nóng chảy của hai hợp kim này có thể quá thấp để cho phép cả hai hệ thống hợp kim tồn tại với yêu cầu về độ tin cậy ở cấp độ bo mạch là 125°C .

Công nghệ liên kết pha lỏng tạm thời (TLPB) nhằm đạt được nhiệt độ nấu chảy lại cao hơn của mối nối hàn thông qua việc hình thành các hợp chất liên kim loại (IMC) giữa các hợp kim có nhiệt độ nóng chảy thấp và các hợp kim có nhiệt độ nóng chảy cao. Trong thiết kế TLPB, giai đoạn nóng chảy thấp được tiêu thụ hầu hết hoặc thậm chí hoàn toàn trong quá trình nung chảy lại để đạt được mục tiêu nhiệt độ nóng chảy cao. Sự hình thành IMC giao diện trên bề mặt của các hợp kim có độ nóng chảy cao và sự tăng trưởng IMC liên tục đến với cả hợp kim nóng chảy thấp và hợp kim nóng chảy cao trong quá trình nung chảy lại.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Việc triển khai sáng chế hướng đến chất hàn hỗn hợp không chứa chì thích hợp cho các ứng dụng hàn nhiệt độ thấp đến nhiệt độ trung bình. Chất hàn có thể bao gồm ít nhất hai hợp kim bột hàn có nhiệt độ đường rắn khác nhau đáng kể. Chất hàn có thể được thiết kế để nấu chảy lại ở nhiệt độ đỉnh thấp hơn nhiệt độ đường rắn của bột hàn có nhiệt độ đường rắn cao hơn nhưng trên nhiệt độ nóng chảy của bột hàn thấp hơn.

Chất hàn hỗn hợp không chứa chì được mô tả ở đây có thể giải quyết nhu cầu về chất hàn có nhiệt độ nóng chảy thấp và nhiệt độ nóng chảy trung bình đáng tin cậy, bao gồm cả những chất hàn bền và dễ uốn. Ví dụ, các chất hàn có nhiệt độ nóng chảy thấp hơn của Sn-In eutecti và các biến tính của chúng, Bi-Sn và các biến tính của chúng, Sn-In-Ag và Bi-Sn-Ag có thể được trộn với các hợp kim hàn giàu Sn (ví dụ: SnAg, SnCu, SnAgCu, SnSb, v.v.) và các biến tính của chúng để tạo thành chất hàn. Trong quá trình nung chảy lại, hợp kim hàn có nhiệt độ nóng chảy thấp hơn sẽ tan chảy trước tiên, và có thể lan ra bề mặt để làm ướt và phản ứng với quá trình kim loại hóa bề mặt để tạo thành các IMC giao diện. Hợp kim hàn có nhiệt độ nóng chảy cao hơn (ví dụ, SnAg, SnCu, SnAgCu, SnSb, SnAgSb, SnAgCuSb, SnAgCuBi, SnAgCuBiSb, v.v.) có thể liên tục hòa tan vào chất hàn nóng chảy vì cả hợp kim hàn có nhiệt độ nóng chảy thấp hơn và nhiệt độ nóng chảy cao hơn đều bao gồm một lượng đáng kể Sn.

Sự hòa tan liên tục của Sn từ chất hàn giàu Sn vào chất hàn nóng chảy có thể thay đổi thành phần đáng kể. Do đó, nhiệt độ chất lỏng có thể tăng khi hàm lượng Sn tăng lên đối với cả hệ thống chất hàn Sn-In và Bi-Sn. Với sự hòa tan đủ Sn trong quá trình nấu chảy lại, chế phẩm có thể di chuyển vào vùng dung dịch rắn giàu Sn từ vùng

eutecti. Sau đó, nhiệt độ nấu chảy lại của ma trận kết hợp có thể chịu nhiệt độ đường rắn của dung dịch rắn, nhiệt độ này tăng lên khi hàm lượng Sn tăng lên.

Bột hàn có nhiệt độ nóng chảy cao hơn còn lại có thể bị giữ lại trong chất nền dung dịch rắn nếu nó không được hòa tan hoàn toàn trong quá trình nấu chảy lại. Bột hàn có nhiệt độ nóng chảy cao hơn còn sót lại có thể vẫn còn ở dạng cụm được nhúng trong chất nền. Sự tồn tại của các cụm này có thể nâng cao hiệu suất cơ học của chất nền. Tùy thuộc vào các hợp kim được chọn, mỗi lần nấu chảy lại có thể thể hiện sự kết hợp của giá trị từ cả hai loại bột thành phần.

Ngược lại với công nghệ TLPB, các phương án được mô tả ở đây không cần phải dựa vào sự hình thành IMC để tăng nhiệt độ nóng chảy. Không mong đợi rằng các pha IMC giao diện sẽ hình thành trên bề mặt của hợp kim hàn có nhiệt độ nóng chảy cao hơn. Thay vào đó, chất hàn có thể được nung chảy lại ở nhiệt độ đỉnh tương đối thấp hơn, trong khi bột hợp kim hàn có nhiệt độ nóng chảy cao hơn liên tục được hòa tan vào hợp kim hàn có nhiệt độ nóng chảy thấp hơn để tạo thành dung dịch lỏng đồng nhất. Sự hòa tan của bột hàn có nhiệt độ nóng chảy cao hơn vào chất nấu chảy có nhiệt độ nóng chảy thấp hơn có thể tiếp tục trong toàn bộ quá trình nấu chảy lại. Trong thiết kế, tỷ lệ của bột thành phần và kích thước bột có thể được kiểm soát để cho phép sự tồn tại của các cụm pha nóng chảy cao còn lại sau khi nấu chảy lại và đông đặc, điều này sẽ cải thiện việc cải thiện hiệu suất cơ học.

Trong một phương án, chất hàn không chỉ gồm có: một lượng bột hợp kim hàn thứ nhất nằm trong khoảng giữa 44 % khối lượng và 83 % khối lượng, bột hợp kim hàn

thứ nhất chứa Sn; một lượng bột hợp kim hàn thứ hai nằm trong khoảng từ 5 % khối lượng đến 44 % khối lượng, bột hợp kim hàn thứ hai chứa Sn, trong đó bột hợp kim hàn thứ nhất có nhiệt độ đường lỏng thấp hơn nhiệt độ đường rắn của bột hợp kim hàn thứ hai; và phần còn lại là chất trợ dung.

Trong một số phương án, bột hợp kim hàn thứ nhất là In-Sn, Bi-Sn, hợp kim In-Sn, hoặc hợp kim Bi-Sn.

Trong một số phương án, bột hợp kim hàn thứ nhất là In-Sn-Ag, In-Sn-Cu, hoặc In-Sn-Ag-Cu. Trong các phương án cụ thể, bột hợp kim hàn thứ nhất là một trong những thành phần sau: 10 % khối lượng đến 52 % khối lượng In, 0,1 % khối lượng đến 3,8 % khối lượng Ag, và phần còn lại là Sn; 10 % khối lượng đến 52 % khối lượng In, 0,1 % khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, và phần còn lại là Sn; và 10 % khối lượng đến 52 % khối lượng In, 0,1 đến 3,8 % khối lượng Ag, 0,1 đến 1,2 % khối lượng Cu, và phần còn lại là Sn.

Trong một số phương án, bột hợp kim hàn thứ nhất là Bi-Sn-Ag, Bi-Sn-Cu, hoặc Bi-Sn-Ag-Cu. Trong các phương án cụ thể, bột hợp kim hàn thứ nhất là một trong các thành phần sau: 40 % khối lượng đến 65 % khối lượng Bi, 0,1 % khối lượng đến 2 % khối lượng Ag, với phần còn lại là Sn; 40 % khối lượng đến 65 % khối lượng Bi, 0,1 % khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, với phần còn lại là Sn; và 40 % khối lượng đến 65 % khối lượng Bi, 0,1 % khối lượng đến 2 % khối lượng Ag, 0,1 % khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, với phần còn lại là Sn.

Trong các phương án cụ thể, bột hợp kim hàn thứ nhất là $52\text{In}48\text{Sn}$ hoặc $58\text{Bi}42\text{Sn}$.

Trong một số phương án, bột hợp kim hàn thứ nhất bao gồm một hoặc nhiều chất pha tạp sau với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng bột hợp kim hàn thứ nhất: Sb, Bi, Ni, Co, Mn, P, và Zn.

Trong một số phương án, bột hợp kim hàn thứ hai là Sn-Ag, Sn-Cu, Sn-Ag-Cu, Sn-Sb, hợp kim Sn-Ag, hợp kim Sn-Cu, hợp kim Sn-Ag-Cu, hoặc hợp kim Sn-Sb.

Trong một số phương án, bột hợp kim hàn thứ hai là Sn-Ag, Sn-Cu, Sn-Ag-Cu, hợp kim Sn-Ag, hợp kim Sn-Cu, hoặc hợp kim Sn-Ag-Cu. Trong các phương án cụ thể, bột hợp kim hàn thứ hai là một trong những thành phần sau: Sn-Ag-X (X= Sb, Bi, In, Ni, Co, Mn, P và Zn) gồm 0,1 % khối lượng đến 3,8 % khối lượng Ag, 0,001 % khối lượng đến 10 % khối lượng of X, và phần còn lại là Sn; Sn-Cu-X (X= Sb, Bi, In, Ni, Co, Mn, P và Zn) gồm 0,1 % khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, 0,001 % khối lượng đến 10 % khối lượng X, và phần còn lại là Sn; và Sn-Ag-Cu-X (X= Sb, Bi, In, Ni, Co, Mn, P và Zn) gồm 0,1 % khối lượng đến 3,8 % khối lượng Ag, 0,1 % khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, 0,001 % khối lượng đến 10 % khối lượng X, và phần còn lại là Sn.

Trong các phương án cụ thể, bột hợp kim hàn thứ hai là $96,5\text{Sn}3,5\text{Ag}$, $99,3\text{Sn}0,7\text{Cu}$, $95,5\text{Sn}3,8\text{Ag}0,7\text{Cu}$, hoặc $96,5\text{Sn}3,0\text{Ag}0,5\text{Cu}$.

Trong một số phương án, bột hợp kim hàn thứ hai là Sn-Sb hoặc Sn-Sb-Y (Y= Ag, Cu, Bi, In, Ni, Co, Mn, P và Zn).

Trong các phương án cụ thể, bột hợp kim hàn thứ hai gồm có 0,5 % khối lượng đến 10 % khối lượng Sb, và phần còn lại là Sn.

Trong các phương án cụ thể, bột hợp kim hàn thứ hai là Sn-Sb-Y (Y= Ag, Cu, Bi, In, Ni, Co, Mn, P và Zn) gồm có 0,5 % khối lượng đến 10 % khối lượng Sb, 0,001 % khối lượng đến 5 % khối lượng Y, và phần còn lại là Sn.

Trong một phương án, phương pháp bao gồm: đặt một chất hàn không chì giữa các thành phần để tạo thành một cụm lắp ráp, chất hàn gồm có: một lượng bột hợp kim hàn thứ nhất nằm trong khoảng giữa 44 % khối lượng và 83 % khối lượng, bột hợp kim hàn thứ nhất bao gồm Sn; một lượng bột hợp kim hàn thứ hai nằm trong khoảng giữa 5 % khối lượng đến 44 % khối lượng, bột hợp kim hàn thứ hai bao gồm Sn, trong đó bột hợp kim hàn thứ nhất có nhiệt độ chất lỏng thấp hơn nhiệt độ chất rắn của bột hợp kim hàn thứ hai; và phần còn lại là chất trợ dung; và hàn nóng chảy lại cụm lắp ráp để tạo thành mối hàn, trong đó mối hàn đã hình thành có nhiệt độ đường lỏng cao hơn nhiệt độ hàn nóng lại đỉnh được sử dụng trong quá trình hàn lại.

Trong một số phương án của phương pháp, trong quá trình hàn lại, bột hợp kim hàn thứ hai hòa tan một phần vào dạng nóng chảy của bột hợp kim hàn thứ nhất. Trong một số phương án của phương pháp, trong quá trình hàn lại, bột hợp kim hàn thứ hai không tạo thành hợp chất liên kim với dạng nóng chảy của bột hợp kim hàn thứ nhất.

Trong một số phương án của phương pháp, mỗi hàn được tạo thành có nhiệt độ đường rắn cao hơn nhiệt độ đường rắn của bột hợp kim hàn thứ nhất.

Trong một số phương án của phương pháp, bột hợp kim hàn thứ nhất là In-Sn, Bi-Sn, hợp kim In-Sn, hoặc hợp kim Bi-Sn; và bột hợp kim hàn thứ hai là Sn-Ag, Sn-Cu, Sn-Ag-Cu, Sn-Sb, hợp kim Sn-Ag, hợp kim Sn-Cu, hợp kim Sn-Ag-Cu, hoặc hợp kim Sn-Sb.

Trong một phương án, mỗi hàn được tạo thành bởi quy trình, quy trình này bao gồm: đặt một chất hàn không chì giữa các thành phần để tạo thành một cụm lắp ráp, chất hàn gồm có: một lượng bột hợp kim hàn thứ nhất nằm trong khoảng giữa 44 % khối lượng và 83 % khối lượng, bột hợp kim hàn thứ nhất bao gồm Sn; một lượng bột hợp kim hàn thứ hai nằm trong khoảng giữa 5 % khối lượng và 44 % khối lượng, trong đó bột hợp kim hàn thứ nhất có nhiệt độ chất lỏng thấp hơn nhiệt độ chất rắn của bột hợp kim hàn thứ hai, bột hợp kim hàn thứ hai bao gồm Sn; và phần còn lại là chất trợ dung; và hàn nóng chảy lại cụm lắp ráp để tạo thành mỗi hàn, trong đó mỗi hàn đã hình thành có nhiệt độ chất lỏng cao hơn nhiệt độ hàn nóng chảy lại đỉnh được sử dụng trong quá trình hàn lại.

Các dấu hiệu và khía cạnh khác của sáng chế sẽ trở nên rõ ràng từ mô tả chi tiết sau đây, được thực hiện cùng với các hình vẽ kèm theo, ví dụ minh họa các dấu hiệu phù hợp với các phương án của sáng chế. Bản chất kỹ thuật không nhằm mục đích giới hạn phạm vi của sáng chế, phạm vi sáng chế được xác định duy nhất bởi các yêu cầu bảo hộ kèm theo đây.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sáng chế được bộc lộ ở đây, theo một hoặc nhiều phương án khác nhau, được mô tả chi tiết với tham chiếu đến các hình vẽ kèm theo. Các hình vẽ được cung cấp chỉ nhằm mục đích minh họa và chỉ mô tả cách triển khai ví dụ. Hơn nữa, cần lưu ý rằng để rõ ràng và dễ minh họa, các yếu tố trong các hình vẽ không nhất thiết phải được vẽ theo tỷ lệ.

FIG. 1 minh họa quy trình hàn chảy lại bằng cách sử dụng chất hàn, theo các phương án triển khai sáng chế.

FIG. 2 minh họa hình thái của mối hàn được hình thành bằng cách hàn nóng chảy lại một chất hàn bao gồm bột $77,2\text{Sn}20\text{In}2,8\text{Ag}$ và bột $\text{Sn}3,0\text{Ag}0,5\text{Cu}$, theo các phương án triển khai sáng chế.

FIG. 3 là biểu đồ thể hiện các đường cong đo nhiệt lượng quét vi sai (DSC) từ các khối cầu chất hàn được nung chảy lại ở nhiệt độ cao nhất là 200°C bằng cách sử dụng: (i) chất hàn $77,2\text{Sn}20\text{In}2,8\text{Ag}$; và (ii) chất hàn hỗn hợp bao gồm chất hàn $77,2\text{Sn}20\text{In}2,8\text{Ag}$ và chất hàn $\text{Sn}3,0\text{Ag}0,5\text{Cu}$.

FIG. 4A là hình ảnh hiển vi cho thấy cấu trúc vi mô của mối hàn giữa hai miếng Cu được tạo thành bằng cách hàn nóng chảy lại một chất hàn bao gồm bột $57\text{Bi}42\text{Sn}1\text{Ag}$ và bột $\text{Sn}3,0\text{Ag}0,5\text{Cu}$, theo các phương án triển khai sáng chế.

FIG. 4B là hình ảnh hiển vi cho thấy cấu trúc vi mô của mối hàn giữa hai miếng Cu được tạo thành bằng cách hàn nóng chảy lại chất hàn $57\text{Bi}42\text{Sn}1\text{Ag}$.

FIG. 5 là biểu đồ thể hiện các đường cong DSC từ các khối cầu chất hàn được nung chảy lại ở nhiệt độ cao nhất là 170°C bằng cách sử dụng: (i) chất hàn 57Bi42Sn1Ag; và (ii) chất hàn hỗn hợp bao gồm chất hàn 57Bi42Sn1Ag và chất hàn Sn3,0Ag0,5Cu.

Các hình vẽ không nhằm mục đích bao gồm toàn diện hoặc giới hạn sáng chế ở dạng chính xác được bộc lộ. Cần hiểu rằng sáng chế có thể được thực hiện với những biến thể và thay đổi, và công nghệ được bộc lộ chỉ bị giới hạn bởi các yêu cầu bảo hộ và các đương lượng của chúng.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế đề cập đến bột hàn hỗn hợp cho các ứng dụng hàn. Bột hàn hỗn hợp có thể đặc biệt thích hợp cho các ứng dụng hàn nhiệt độ thấp đến nhiệt độ trung bình (ví dụ: các ứng dụng hàn có nhiệt độ hàn đỉnh, thấp hơn đáng kể so với nhiệt độ nóng chảy của chất hàn SnAgCu truyền thống, cụ thể là bằng hoặc thấp hơn 200°C). Theo các cách triển khai được mô tả ở đây, bột hàn có thể bao gồm ít nhất hai hợp kim bột hàn có nhiệt độ đường rắn khác nhau đáng kể. Bột hàn có thể được thiết kế để nấu chảy lại ở nhiệt độ đỉnh thấp hơn nhiệt độ đường rắn của bột hàn có nhiệt độ đường rắn cao hơn nhưng trên nhiệt độ nóng chảy của bột hàn thấp hơn.

Trong quá trình nung chảy lại, bột hàn có nhiệt độ đường rắn thấp hơn có thể tan chảy hoàn toàn. Đồng thời, bột hàn có nhiệt độ đường rắn cao hơn có thể hòa tan một phần vào chất hàn nóng chảy trong quá trình nung chảy lại. Sau khi hóa cứng, mối hàn có thể bao gồm một giao diện liền mạch giữa chất nền và bột hàn còn lại có nhiệt độ

đường rắn cao hơn. Lượng còn lại của bột hàn có nhiệt độ đường rắn cao hơn được nhúng trong chất nền chất hàn với giao diện liền mạch có thể cải thiện hiệu suất cơ học bằng cách hoạt động như các pha gia cường tại chỗ mà không có điểm kỳ dị giao diện.

Theo các cách triển khai, bột hàn có nhiệt độ đường rắn cao hơn có thể có ít nhất một nguyên tố cấu thành chính cũng là nguyên tố cấu thành chính trong bột hàn có nhiệt độ đường rắn thấp hơn. Điều này có thể cho phép hòa tan liên tục bột hàn có nhiệt độ đường rắn cao hơn vào dung dịch lỏng và loại bỏ nhu cầu hình thành IMC bề mặt giữa bề mặt của bột hàn có nhiệt độ đường rắn cao hơn và dung dịch lỏng.

Nhiệt độ đường lỏng của mối hàn được tạo thành bởi hỗn hợp bột hàn theo sáng chế có thể cao hơn nhiều so với nhiệt độ đường lỏng của bột hàn có nhiệt độ đường rắn thấp hơn vì sự hòa tan một phần của bột hàn có nhiệt độ đường rắn cao hơn. Trong một số phương án, mối hàn thậm chí có thể có nhiệt độ đường rắn cao hơn nhiệt độ đường rắn của bột hàn có nhiệt độ đường rắn thấp hơn. Nhờ các cách triển khai được mô tả ở đây, chất hàn có thể nóng chảy lại ở nhiệt độ đỉnh tương đối thấp trong khi mối nối được nung chảy lại có thể đạt được nhiệt độ đường lỏng hoặc thậm chí nhiệt độ đường rắn gần bằng hoặc cao hơn nhiệt độ nóng chảy đỉnh.

FIG. 1 minh họa quy trình hàn luyện lại bằng cách sử dụng kem hàn 100 phù hợp với việc triển khai sáng chế. Kem hàn 100 bao gồm chất trợ dung (không được minh họa), bột hàn 110 có nhiệt độ đường rắn $T_m(A)$, và bột hàn 120 có nhiệt độ đường rắn $T_m(B)$, ở đây $T_m(B)$ lớn hơn $T_m(A)$. Như được mô tả bởi FIG. 1, nhiệt độ nóng chảy

đỉnh vượt quá nhiệt độ đường lỏng của bột hàn 110 nhưng thấp hơn nhiệt độ đường rắn của bột hàn 120.

Trước khi chảy lại, kem hàn 100 có thể được đặt giữa các bộ phận 200 và 300 để tạo thành một tổ hợp. Ví dụ, kem hàn 100 có thể được đặt giữa hai miếng đệm (ví dụ, miếng đệm Cu). Ví dụ khác, kem hàn 100 có thể được đặt trên bộ phận 200 là một chất nền (ví dụ, chất nền Cu hoặc Ni), và bộ phận 300 là một thiết bị (ví dụ, khuôn) có thể được đặt trên kem hàn 100 để tạo thành một tổ hợp. Khi nhiệt độ nung chảy lại tăng lên vượt quá $T_m(A)$, bột hàn 110 có nhiệt độ đường rắn $T_m(A)$ sẽ bắt đầu nóng chảy, trở thành chất hàn nóng chảy 111. Chất hàn nóng chảy 111 sẽ bắt đầu lan rộng và ướt trên bề mặt liên kết của các bộ phận 200 và 300. Ví dụ, chất hàn nóng chảy có thể ướt trên bề mặt nối và phản ứng với sự kim loại hóa bề mặt để tạo thành các hợp chất liên kim loại giao diện (IMC). Đồng thời, bột 120 ở nhiệt độ đường rắn cao hơn bắt đầu hòa tan vào chất hàn nóng chảy. Khi tiếp tục nung chảy, chất hàn nóng chảy 111 sẽ tan chảy hoàn toàn và trở thành cấu trúc lỏng 112 trong khi bột ở nhiệt độ đường rắn cao hơn tiếp tục hòa tan vào chất hàn nóng chảy, tạo thành dung dịch lỏng đồng nhất. Sự hòa tan liên tục của bột hàn 120 có thể làm thay đổi đáng kể thành phần của dung dịch lỏng.

Khi tổ hợp được làm mát, chất lỏng nóng chảy đông đặc lại, và mối hàn 150 được hình thành giữa các bộ phận 200 và 300. Đủ lượng bột 120 có thể vẫn được nhúng sau khi hàn nóng lại ở dạng các cụm tăng cường 202. Sau khi đông đặc, mối hàn 150 có thể hình thành với hình thái của các cụm được nhúng 202 bên trong ma trận hàn, cung cấp sự củng cố về phía ma trận này.

Do sự hòa tan của bột 120, mỗi nôi 150 có thể thể hiện nhiệt độ chất lỏng gần bằng hoặc thậm chí cao hơn nhiệt độ nấu chảy lại đỉnh. Trong một số phương án, mỗi nôi 150 có thể cũng có nhiệt độ đường rắn cao hơn nhiệt độ đường rắn của bột 110 (tức là, cao hơn $T_m(A)$).

Trái ngược với công nghệ TLPB có thể đạt được nhiệt độ nấu chảy lại mỗi nôi hàn cao hơn thông qua việc hình thành các IMC, thiết kế hiện tại không yêu cầu sự hình thành bất kỳ IMC nào giữa bột hàn 110 ở dạng nóng chảy và bột hàn 120 ở dạng rắn. Thay vào đó, chất hàn có thể được nung chảy lại ở nhiệt độ nóng chảy lại cao nhất để bột có điểm nóng chảy cao hơn hòa tan liên tục và một phần vào bột điểm nóng chảy thấp hơn được nấu chảy để tạo thành dung dịch lỏng đồng nhất trong quá trình nấu chảy lại. Không có giao diện không liên tục nào có thể được tạo ra. Thay vào đó, bột hàn 120 còn lại có thể tạo thành các cụm 202 với chất nền nôi cung cấp sự gia cố cho mỗi nôi hàn 150. Vùng chuyển tiếp giữa các cụm này và chất nền có thể có cùng một gradient thành phần do sự khác biệt về thành phần của bột 110 và 120. Sự tồn tại của vùng chuyển tiếp này có thể giảm thiểu các hiệu ứng giao diện và giảm nguy cơ giao diện yếu do sự tăng trưởng IMC. Tỷ lệ của bột cấu thành và kích thước bột có thể được kiểm soát để cho phép sự tồn tại của các cụm pha nóng chảy cao còn lại sau khi nung chảy lại và đông cứng, điều này sẽ cải thiện hiệu suất cơ học.

Theo các phương án khác nhau của sáng chế, chất hàn hỗn hợp không chứa chì có thể bao gồm một lượng bột hợp kim hàn ở nhiệt độ đường rắn thấp hơn nằm trong khoảng từ 44% khối lượng đến 83% khối lượng, một lượng bột hợp kim hàn ở nhiệt độ chất rắn cao hơn nằm trong khoảng từ 5% khối lượng đến 44% khối lượng, và phần

còn lại là chất trợ dung. Như đã lưu ý ở trên, bột hàn có nhiệt độ đường rắn cao hơn có thể có ít nhất một thành phần chính giống như trong bột hàn có nhiệt độ đường rắn thấp hơn, cho phép hòa tan liên tục bột hàn có nhiệt độ đường rắn cao hơn vào dung dịch lỏng trong quá trình hàn nóng chảy lại.

Theo một số phương án, hợp kim hàn có nhiệt độ đường rắn thấp hơn có thể là hợp kim In-Sn, Bi-Sn, hợp kim In-Sn, hoặc hợp kim Bi-Sn. Trong một số phương án, hợp kim hàn có nhiệt độ đường rắn thấp hơn có thể là eutecti In-Sn (52In48Sn) hoặc eutecti Bi-Sn (58Bi42Sn).

Hợp kim In-Sn có thể là In-Sn-Ag, In-Sn-Cu, hoặc In-Sn-Ag-Cu. Trong các phương án In-Sn-Ag, hợp kim có thể chứa từ 10 % khối lượng đến 52 % khối lượng In, 0,1 % khối lượng đến 3,8 % khối lượng Ag, còn lại là Sn. Trong một số phương án In-Sn-Cu, hợp kim có thể chứa từ 10 % khối lượng đến 52 % khối lượng In, 0,1 % khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, còn lại là Sn. Trong một số phương án In-Sn-Ag-Cu, hợp kim có thể chứa từ 10 % khối lượng đến 52 % khối lượng In, 0,1 đến 3,8 % khối lượng Ag, 0,1 đến 1,2 % khối lượng Cu, còn lại là Sn. Trong một số phương án, các hợp kim In-Sn, In-Sn-Ag, In-Sn-Ag, In-Sn-Cu, và In-Sn-Ag-Cu có thể có một hoặc nhiều tạp chất. Các tạp chất có thể bao gồm Sb, Bi, Ni, Co, Mn, P và Zn. Các tạp chất có thể chiếm khoảng từ 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng .

Hợp kim Bi-Sn có thể là Bi-Sn-Ag, Bi-Sn-Cu, hoặc Bi-Sn-Ag-Cu. Trong một số phương án Bi-Sn-Ag, hợp kim có thể chứa từ 40 % khối lượng đến 65 % khối lượng Bi, 0,1 % khối lượng đến 2 % khối lượng Ag, còn lại là Sn. Trong một số phương án

Bi-Sn-Cu, hợp kim có thể chứa từ 40 % khối lượng đến 65 % khối lượng Bi, 0,1 % khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, còn lại là Sn. Trong một số phương án Bi-Sn-Ag-Cu, hợp kim có thể chứa từ 40 % khối lượng đến 65 % khối lượng Bi, 0,1 % khối lượng đến 2 % khối lượng Ag, 0,1 % khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, còn lại là Sn. Trong một số phương án, các hợp kim Bi-Sn, Bi-Sn-Ag, Bi-Sn-Cu, và Bi-Sn-Ag-Cu có thể có một hoặc nhiều tạp chất. Tạp chất có thể bao gồm Sb, In, Ni, Co, Mn, P và Zn. Các tạp chất có thể chiếm khoảng từ 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng .

Theo một số phương án, hợp kim hàn có nhiệt độ đường rắn cao hơn có thể là Sn-Ag, Sn-Cu, Sn-Ag-Cu, hợp kim Sn-Ag, hợp kim Sn-Cu, hoặc hợp kim Sn-Ag-Cu. Trong một số phương án, hợp kim hàn có nhiệt độ đường rắn cao hơn có thể là Sn-Ag euctecti (96,5Sn3,5Ag), Sn-Cu euctecti (99,3Sn0,7Cu), hoặc Sn-Ag-Cu euctecti (95,5Sn3,8Ag0,7Cu) hoặc Sn-Ag-Cu gần-euctecti (96,5Sn3,0Ag0,5Cu).

Trong một số phương án, hợp kim hàn có nhiệt độ đường rắn cao hơn có thể là Sn-Ag, Sn-Cu, hoặc hợp kim Sn-Ag-Cu có một hoặc nhiều tạp chất. Tạp chất có thể bao gồm Sb, Bi, In, Ni, Co, Mn, P và Zn. Trong một số phương án, hợp kim hàn có nhiệt độ đường rắn cao hơn là Sn-Ag-X (X= Sb, Bi, In, Ni, Co, Mn, P và Zn) chứa từ 0,1 % khối lượng đến 3,8 % khối lượng Ag, 0,001 % khối lượng đến 10 % khối lượng X, còn lại là Sn. Trong một số phương án, hợp kim hàn có nhiệt độ đường rắn cao hơn là Sn-Cu-X (X= Sb, Bi, In, Ni, Co, Mn, P và Zn) chứa từ 0,1 % khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, 0,001 % khối lượng đến 10 % khối lượng X, còn lại là Sn. Trong một số phương án, hợp kim hàn có nhiệt độ đường rắn cao hơn là Sn-Ag-Cu-X (X= Sb, Bi, In, Ni, Co, Mn, P và Zn) chứa từ 0,1 % khối lượng đến 3,8 % khối lượng Ag, 0,1 %

khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, 0,001 % khối lượng đến 10 % khối lượng X, còn lại là Sn.

Theo một số phương án, hợp kim hàn có nhiệt độ đường rắn cao hơn có thể là Sn-Sb hoặc Sn-Sb-Y ($Y = \text{Ag, Cu, Bi, In, Ni, Co, Mn, P và Zn}$). Trong các phương án Sn-Sb, hợp kim có thể chứa từ 0,5 % khối lượng đến 10 % khối lượng Sb, còn lại là Sn. Trong các phương án Sn-Sb-Y ($Y = \text{Ag, Cu, Bi, In, Ni, Co, Mn, P và Zn}$), hợp kim có thể chứa từ 0,5 % khối lượng đến 10 % khối lượng Sb, 0,001 % khối lượng đến 5 % khối lượng Y, còn lại là Sn.

Theo một số phương án về chất hàn hỗn hợp có chất hàn giàu Sn và hợp kim Sn-In, chất hàn giàu Sn có thể cứng hơn hợp kim Sn-In. Sự tồn tại của các cụm chất hàn giàu Sn trong chất nền Sn-In có thể cứng hơn mối nối hàn.

Theo một số phương án về chất hàn hỗn hợp có chất hàn giàu Sn và hợp kim Bi-Sn, chất hàn giàu Sn có thể có độ bền tương đương nhưng dẻo hơn Bi-Sn. Sự tồn tại của các cụm chất hàn giàu Sn trong chất nền Bi-Sn có thể duy trì độ bền mối hàn nhưng cải thiện độ dẻo. Ngoài ra, sự tồn tại của các cụm giàu Sn có thể cản trở sự phân bố Bi vì sự khuếch tán Bi vào chất hàn giàu Sn nóng chảy chậm hơn nhiều như được mô tả trong Fig. 4A.

FIG. 2 minh họa hình thái của mối nối hàn được hình thành bằng cách hàn lại một chất hàn bao gồm bột $77,2\text{Sn}20\text{In}2,8\text{Ag}$ và bột $\text{Sn}3,0\text{Ag}0,5\text{Cu}$, theo một số phương án của sáng chế. Trong ví dụ này, mối nối ở giữa hai miếng đệm Cu. Mối nối được nóng chảy lại ở nhiệt độ đỉnh 200°C , cao hơn nhiệt độ đường rắn của $77,2\text{Sn}20\text{In}2,8\text{Ag}$

(114°C) nhưng thấp hơn nhiệt độ đường rắn của $\text{Sn}_{3,0}\text{Ag}_{0,5}\text{Cu}$ (217°C). Trong ví dụ này, Các cụm giàu Sn được bao quanh bởi chất nền InSn được xác định rõ ràng bằng ánh xạ EDX.

FIG. 3 là biểu đồ thể hiện các đường cong đo nhiệt lượng quét vi sai (DSC) từ các khối cầu hàn được nung chảy lại ở nhiệt độ cao nhất là 200°C bằng cách sử dụng: (i) chất hàn $77,2\text{Sn}_{20}\text{In}_{2,8}\text{Ag}$; và (ii) chất hàn hỗn hợp gồm chất hàn $77,2\text{Sn}_{20}\text{In}_{2,8}\text{Ag}$ và chất hàn $\text{Sn}_{3,0}\text{Ag}_{0,5}\text{Cu}$. Như đã thể hiện, đỉnh nóng chảy thấp xung quanh 114°C đại diện cho chất hàn $77,2\text{Sn}_{20}\text{In}_{2,8}\text{Ag}$ trong khi không có đỉnh của chất hàn hỗn hợp. Nhiệt độ đường rắn của các khối cầu hàn được nóng chảy lại từ chất hàn hỗn hợp cao hơn, khoảng 190°C. Nhiệt độ đường lỏng của chất hàn $77,2\text{Sn}_{20}\text{In}_{2,8}\text{Ag}$ bằng khoảng 194°C trong khi nhiệt độ đường lỏng của chất hàn hỗn hợp bằng khoảng 205°C, thậm chí cao hơn nhiệt độ chảy lại đỉnh.

FIG. 4A là hình ảnh hiển vi cho thấy cấu trúc vi mô của mối hàn giữa hai miếng đệm Cu được hình thành bằng cách hàn nóng chảy lại chất hàn gồm bột $57\text{Bi}_{42}\text{Sn}_{1}\text{Ag}$ và bột $\text{Sn}_{3,0}\text{Ag}_{0,5}\text{Cu}$, theo các phương án của sáng chế. Trong ví dụ này, mối hàn được nóng chảy lại ở nhiệt độ đỉnh bằng 170°C, cao hơn nhiệt độ đường rắn của $57\text{Bi}_{42}\text{Sn}_{1}\text{Ag}$ (139°C) nhưng thấp hơn nhiệt độ đường rắn của $\text{Sn}_{3,0}\text{Ag}_{0,5}\text{Cu}$ (217°C). Phần lớn pha giàu Bi (vùng sáng) trong mối nối được làm giàu giữa các cụm giàu Sn để tạo thành các ranh giới giàu Bi, mặc dù Bi vẫn bị khuếch tán vào các cụm giàu Sn trong quá trình nấu chảy lại và kết tủa dưới dạng các hạt bên trong cụm.

FIG. 4B là hình ảnh hiển vi cho thấy cấu trúc vi mô của mối hàn giữa hai miếng đệm Cu được hình thành bằng cách hàn nóng chảy lại chất hàn 57Bi42Sn1Ag. Bằng cách so sánh, mối hàn được tạo thành bởi chất hàn 57Bi42Sn1Ag thể hiện cấu trúc vi mô đồng nhất thay vì ranh giới rõ ràng giữa các vùng giàu Sn và giàu Bi được thể hiện trong FIG. 4A. Ngoài ra, hình thái IMC bề mặt của mối hàn được hình thành với bột hàn hỗn hợp khác với hình thái của mối hàn được tạo thành với chất hàn 57Bi42Sn1Ag. Thay vì hình thành các IMC giao diện liên tục cho 57Bi42Sn1Ag như được mô tả trong Fig. 4B, mối nối trong Fig. 4A hiển thị các sò IMC được tách biệt dọc theo giao diện liên kết. Ngay cả IMC cũng được thâm nhập vào bề mặt tấm đệm Cu. Ngoài ra, Bi hiếm khi được nhìn thấy ở bề mặt liên kết của mối nối của bột hàn hỗn hợp trong khi pha Bi được làm giàu dọc theo bề mặt liên kết cho mối nối của chất hàn 57Bi42Sn1Ag.

FIG. 5 là biểu đồ thể hiện đường cong DSC từ các khối cầu hàn được nóng chảy lại ở nhiệt độ đỉnh 170°C bằng cách sử dụng: (i) chất hàn 57Bi42Sn1Ag; và (ii) chất hàn hỗn hợp gồm chất hàn 57Bi42Sn1Ag và chất hàn Sn3,0Ag0,5Cu. Sau khi nóng chảy lại, nhiệt độ đường rắn cho cả hai khối cầu là như nhau khoảng 137°C. Ngược lại, khối cầu hàn từ chất hàn hỗn hợp thể hiện nhiệt độ đường lỏng khoảng 192°C, cao hơn nhiều nhiệt độ nóng chảy đỉnh 170°C.

Bảng 1, dưới đây, minh họa các thành phần ví dụ của bột hàn hỗn hợp không chứa chì trong đó hợp kim hàn có nhiệt độ đường rắn thấp hơn là 77,2Sn-20In-2,8Ag và hợp kim hàn có nhiệt độ đường rắn cao hơn là hợp kim hàn giàu Sn, theo các phương án của sáng chế.

Bảng 1

77,2Sn20In2,8Ag	96,5Sn3,0Ag0,5Cu	Sn5Sb	Sn3,2Ag0,5Cu5,5Sb	Sn3,5Ag	Chất trợ dung
80 % khối lượng	8 % khối lượng				12 % khối lượng
75 % khối lượng	13 % khối lượng				12 % khối lượng
70 % khối lượng	18 % khối lượng				12 % khối lượng
65 % khối lượng	23 % khối lượng				12 % khối lượng
60 % khối lượng	28 % khối lượng				12 % khối lượng
55 % khối lượng	33 % khối lượng				12 % khối lượng
50 % khối lượng	38 % khối lượng				12 % khối lượng
44 % khối lượng	44 % khối lượng				12 % khối lượng
80 % khối lượng		8 % khối lượng			12 % khối lượng
75 % khối lượng		13 % khối lượng			12 % khối lượng
70 % khối lượng		18 % khối lượng			12 % khối lượng
65 % khối lượng		23 % khối lượng			12 % khối lượng
60 % khối lượng		28 % khối lượng			12 % khối lượng
55 % khối lượng		33 % khối lượng			12 % khối lượng
50 % khối lượng		38 % khối lượng			12 % khối lượng

44 % khối lượng		44 % khối lượng			12 % khối lượng
80 % khối lượng			8 % khối lượng		12 % khối lượng
75 % khối lượng			13 % khối lượng		12 % khối lượng
70 % khối lượng			18 % khối lượng		12 % khối lượng
65 % khối lượng			23 % khối lượng		12 % khối lượng
60 % khối lượng			28 % khối lượng		12 % khối lượng
55 % khối lượng			33 % khối lượng		12 % khối lượng
50 % khối lượng			38 % khối lượng		12 % khối lượng
44 % khối lượng			44 % khối lượng		12 % khối lượng
80 % khối lượng				8 % khối lượng	12 % khối lượng
75 % khối lượng				13 % khối lượng	12 % khối lượng
70 % khối lượng				18 % khối lượng	12 % khối lượng
65 % khối lượng				23 % khối lượng	12 % khối lượng
60 % khối lượng				28 % khối lượng	12 % khối lượng
55 % khối lượng				33 % khối lượng	12 % khối lượng
50 % khối lượng				38 % khối lượng	12 % khối lượng
44 % khối lượng				44 % khối lượng	12 % khối lượng

Bảng 2, dưới đây, minh họa các thành phần ví dụ của bột hàn hỗn hợp không chứa chì trong đó hợp kim hàn có nhiệt độ đường rắn thấp hơn là 57Bi-42Sn-1Ag và hợp kim hàn có nhiệt độ đường rắn cao hơn là hợp kim hàn giàu Sn, theo các phương án của sáng chế.

Bảng 2

57Bi42Sn1Ag	96,5Sn3,0Ag0,5Cu	Sn5Sb	Sn3,2Ag0,5Cu5,5Sb	Sn3,5Ag	Chất trợ dung
80 % khối lượng	8 % khối lượng				12 % khối lượng
75 % khối lượng	13 % khối lượng				12 % khối lượng
70 % khối lượng	18 % khối lượng				12 % khối lượng
65 % khối lượng	23 % khối lượng				12 % khối lượng
60 % khối lượng	28 % khối lượng				12 % khối lượng
55 % khối lượng	33 % khối lượng				12 % khối lượng
50 % khối lượng	38 % khối lượng				12 % khối lượng
44 % khối lượng	44 % khối lượng				12 % khối lượng
80 % khối lượng		8 % khối lượng			12 % khối lượng
75 % khối lượng		13 % khối lượng			12 % khối lượng
70 % khối lượng		18 % khối lượng			12 % khối lượng
65 % khối lượng		23 % khối lượng			12 % khối lượng
60 % khối lượng		28 % khối lượng			12 % khối lượng
55 % khối lượng		33 % khối lượng			12 % khối lượng
50 % khối lượng		38 % khối lượng			12 % khối lượng
44 % khối lượng		44 % khối lượng			12 % khối lượng
80 % khối lượng			8 % khối lượng		12 % khối lượng

75 % khối lượng			13 % khối lượng		12 % khối lượng
70 % khối lượng			18 % khối lượng		12 % khối lượng
65 % khối lượng			23 % khối lượng		12 % khối lượng
60 % khối lượng			28 % khối lượng		12 % khối lượng
55 % khối lượng			33 % khối lượng		12 % khối lượng
50 % khối lượng			38 % khối lượng		12 % khối lượng
44 % khối lượng			44 % khối lượng		12 % khối lượng
80 % khối lượng				8 % khối lượng	12 % khối lượng
75 % khối lượng				13 % khối lượng	12 % khối lượng
70 % khối lượng				18 % khối lượng	12 % khối lượng
65 % khối lượng				23 % khối lượng	12 % khối lượng
60 % khối lượng				28 % khối lượng	12 % khối lượng
55 % khối lượng				33 % khối lượng	12 % khối lượng
50 % khối lượng				38 % khối lượng	12 % khối lượng
44 % khối lượng				44 % khối lượng	12 % khối lượng

Bảng 3, dưới đây, minh họa các thành phần ví dụ của bột hàn hỗn hợp không chứa chì trong đó hợp kim hàn có nhiệt độ đường rắn thấp hơn là 48In-52Sn và hợp kim hàn có nhiệt độ đường rắn cao hơn là hợp kim hàn giàu Sn, theo các phương án của sáng chế.

Bảng 3

48In52Sn	96,5Sn3,0Ag0,5Cu	Sn5Sb	Sn3,2Ag0,5Cu5,5Sb	Sn3,5Ag	Flux
80 % khối lượng	8 % khối lượng				12 % khối lượng
75 % khối lượng	13 % khối lượng				12 % khối lượng
70 % khối lượng	18 % khối lượng				12 % khối lượng
65 % khối lượng	23 % khối lượng				12 % khối lượng
60 % khối lượng	28 % khối lượng				12 % khối lượng
55 % khối lượng	33 % khối lượng				12 % khối lượng
50 % khối lượng	38 % khối lượng				12 % khối lượng
44 % khối lượng	44 % khối lượng				12 % khối lượng
80 % khối lượng		8 % khối lượng			12 % khối lượng
75 % khối lượng		13 % khối lượng			12 % khối lượng
70 % khối lượng		18 % khối lượng			12 % khối lượng
65 % khối lượng		23 % khối lượng			12 % khối lượng
60 % khối lượng		28 % khối lượng			12 % khối lượng
55 % khối lượng		33 % khối lượng			12 % khối lượng
50 % khối lượng		38 % khối lượng			12 % khối lượng
44 % khối lượng		44 % khối lượng			12 % khối lượng
80 % khối lượng			8 % khối lượng		12 % khối lượng

75 % khối lượng			13 % khối lượng		12 % khối lượng
70 % khối lượng			18 % khối lượng		12 % khối lượng
65 % khối lượng			23 % khối lượng		12 % khối lượng
60 % khối lượng			28 % khối lượng		12 % khối lượng
55 % khối lượng			33 % khối lượng		12 % khối lượng
50 % khối lượng			38 % khối lượng		12 % khối lượng
44 % khối lượng			44 % khối lượng		12 % khối lượng
80 % khối lượng				8 % khối lượng	12 % khối lượng
75 % khối lượng				13 % khối lượng	12 % khối lượng
70 % khối lượng				18 % khối lượng	12 % khối lượng
65 % khối lượng				23 % khối lượng	12 % khối lượng
60 % khối lượng				28 % khối lượng	12 % khối lượng
55 % khối lượng				33 % khối lượng	12 % khối lượng
50 % khối lượng				38 % khối lượng	12 % khối lượng
44 % khối lượng				44 % khối lượng	12 % khối lượng

Trong khi các phương án khác nhau của sáng chế đã được mô tả ở trên, cần hiểu rằng chúng chỉ được trình bày dưới dạng ví dụ và không có giới hạn. Tương tự như vậy, các sơ đồ khác nhau có thể mô tả một kiến trúc ví dụ hoặc cấu hình khác cho sáng chế, được thực hiện để hỗ trợ việc hiểu các dấu hiệu và chức năng có thể được bao gồm trong sáng chế. Sáng chế không bị giới hạn đối với các cấu trúc hoặc cấu hình ví dụ minh họa, nhưng các dấu hiệu mong muốn có thể được triển khai bằng cách sử dụng nhiều cấu trúc và cấu hình thay thế khác nhau. Thật vậy, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này biết rõ việc thay thế các cấu hình và phân vùng chức năng, logic hoặc vật lý như thế nào để triển khai các tính năng mong muốn của sáng chế. Ngoài ra, vô số tên mô-đun cấu thành khác nhau ngoài những tên mô tả ở đây có thể được áp dụng cho các phân vùng khác nhau. Ngoài ra, liên quan đến sơ đồ dòng, mô tả hoạt động và yêu cầu bảo hộ về phương pháp, thứ tự các bước được trình bày ở đây sẽ không bắt buộc phải triển khai các phương án khác nhau để thực hiện chức năng đã nêu theo cùng một thứ tự trừ khi ngữ cảnh quy định khác.

Mặc dù sáng chế được mô tả ở trên theo các phương án và cách triển khai ví dụ khác nhau, nhưng cần hiểu rằng các dấu hiệu, khía cạnh và chức năng khác nhau được mô tả trong một hoặc nhiều phương án riêng lẻ không bị giới hạn về khả năng áp dụng của chúng đối với phương án cụ thể mà chúng được mô tả, nhưng thay vào đó có thể được áp dụng, một mình hoặc trong các kết hợp khác nhau, với một hoặc nhiều phương án khác của sáng chế, cho dù các phương án đó có được mô tả hay không và liệu các dấu hiệu đó có được trình bày như là một phần của phương án được mô tả hay không.

Do đó, chiều rộng và phạm vi của sáng chế không nên bị giới hạn bởi bất kỳ phương án nào trong số các phương án được mô tả ở trên.

Các thuật ngữ và cụm từ được sử dụng trong tài liệu này, và các biến thể của chúng, trừ khi được nêu rõ ràng khác, nên được hiểu là kết thúc mở thay vì giới hạn. Như các ví dụ ở trên: thuật ngữ “bao gồm” nên được hiểu là “bao gồm, không giới hạn” hoặc tương tự; thuật ngữ “ví dụ” được sử dụng để cung cấp các ví dụ mẫu về mục đang thảo luận, không phải là một danh sách đầy đủ hoặc hạn chế của mục đó; thuật ngữ “một” nên được hiểu có nghĩa là “ít nhất một”, “một hoặc nhiều” hoặc tương tự; và các tính từ như “thông thường”, “truyền thống”, “bình thường”, “tiêu chuẩn”, “đã biết” và các thuật ngữ có nghĩa tương tự không được hiểu là giới hạn mục được mô tả trong một khoảng thời gian nhất định hoặc một mục có sẵn như thời gian nhất định, nhưng thay vào đó nên được hiểu là bao gồm các công nghệ thông thường, truyền thống, bình thường hoặc tiêu chuẩn có thể có sẵn hoặc được biết đến ngay bây giờ hoặc bất kỳ lúc nào trong tương lai. Tương tự như vậy, khi tài liệu này đề cập đến các công nghệ rõ ràng hoặc được biết đến bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật, thì những công nghệ đó bao gồm những công nghệ rõ ràng hoặc được biết đến bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật ở hiện tại hoặc bất kỳ lúc nào trong tương lai.

Sự hiện diện của các từ và cụm từ mở rộng như “một hoặc nhiều”, “ít nhất”, “nhưng không giới hạn ở” hoặc các cụm từ tương tự khác trong một số trường hợp sẽ không được hiểu rằng trường hợp hẹp hơn là dành cho hoặc bắt buộc trong những trường hợp mà cụm từ mở rộng như vậy có thể vắng mặt. Việc sử dụng thuật ngữ “mô-

đun” không ngụ ý rằng các thành phần hoặc chức năng được mô tả hoặc được yêu cầu bảo hộ là một phần của mô-đun đều được định cấu hình trong một gói chung. Thật vậy, bất kỳ hoặc tất cả các thành phần khác nhau của mô-đun, dù là logic điều khiển hay các thành phần khác, có thể được kết hợp trong một gói duy nhất hoặc được duy trì riêng biệt và có thể được phân phối thêm trong nhiều nhóm hoặc gói hoặc trên nhiều vị trí.

Ngoài ra, các phương án khác nhau được nêu trong tài liệu này được mô tả dưới dạng sơ đồ khối, lưu đồ và các hình minh họa ví dụ khác. Như sẽ trở nên rõ ràng đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật sau khi đọc tài liệu này, các phương án được minh họa và các phương án thay thế khác nhau của chúng có thể được triển khai mà không bị giới hạn trong các ví dụ minh họa. Ví dụ: sơ đồ khối và mô tả kèm theo của chúng không nên được hiểu là bắt buộc một kiến trúc hoặc cấu hình cụ thể.

Yêu cầu bảo hộ

1. Chất hàn không chứa chì, gồm có:

một lượng bột hợp kim hàn thứ nhất nằm trong khoảng từ 44 % khối lượng đến 83 % khối lượng, bột hợp kim hàn thứ nhất được chọn từ nhóm gồm có:

10 % khối lượng đến 52 % khối lượng In, 0,1 % khối lượng đến ít hơn 3,0 % khối lượng Ag, tùy ý, 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng Sb, Bi, Ni, Co, Mn, P, hoặc Zn, và phần còn lại là Sn;

10 % khối lượng đến 52 % khối lượng In, 0,1 % khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, tùy ý, 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng Sb, Bi, Ni, Co, Mn, P, hoặc Zn, và phần còn lại là Sn;

10 % khối lượng đến 52 % khối lượng In, 0,01 % khối lượng đến 3,8 % khối lượng Ag, 0,1 đến 1,2 % khối lượng Cu, tùy ý, 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng Sb, Bi, Ni, Co, Mn, P, hoặc Zn, và phần còn lại là Sn;

52In48Sn;

40 % khối lượng đến 65 % khối lượng Bi, 0,1 % khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, tùy ý, 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng Sb, In, Ni, Co, Mn, P, hoặc Zn, và phần còn lại là Sn; và

40 % khối lượng đến 65 % khối lượng Bi, 0,1 % khối lượng đến 2 % khối lượng Ag, 0,1 % khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, tùy ý, 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng Sb, In, Ni, Co, Mn, P, hoặc Zn, và phần còn lại là Sn;

một lượng bột hợp kim hàn thứ hai nằm trong khoảng từ 5 % khối lượng đến 44 % khối lượng, bột hợp kim hàn thứ hai được chọn từ nhóm gồm có Sn—Ag, Sn—

Cu, Sn—Ag—Cu, Sn—Sb, hợp kim Sn—Ag, hợp kim Sn—Cu, hợp kim Sn—Ag—Cu, và hợp kim Sn—Sb, trong đó bột hợp kim hàn thứ nhất có nhiệt độ đường lỏng thấp hơn nhiệt độ đường rắn của bột hợp kim hàn thứ hai; và
còn lại là chất trợ dung.

2. Chất hàn theo điểm 1, trong đó bột hợp kim hàn thứ nhất là một trong những thành phần sau:

10 % khối lượng đến 52 % khối lượng In, 0,1 % khối lượng đến ít hơn 3,0 % khối lượng Ag, tùy ý, 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng Sb, Bi, Ni, Co, Mn, P, hoặc Zn, và phần còn lại là Sn;

10 % khối lượng đến 52 % khối lượng In, 0,1 % khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, tùy ý, 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng Sb, Bi, Ni, Co, Mn, P, hoặc Zn, và phần còn lại là Sn; và

10 % khối lượng đến 52 % khối lượng In, 0,01 đến 3,8 % khối lượng Ag, 0,1 đến 1,2 % khối lượng Cu, tùy ý, 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng Sb, Bi, Ni, Co, Mn, P, hoặc Zn, và phần còn lại là Sn .

3. Chất hàn theo điểm 1, trong đó bột hợp kim hàn thứ nhất là một trong những thành phần sau:

40 % khối lượng đến 65 % khối lượng Bi, 0,1 % khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, tùy ý, 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng Sb, In, Ni, Co, Mn, P, hoặc Zn, với phần còn lại là Sn; và

40 % khối lượng đến 65 % khối lượng Bi, 0,1 % khối lượng đến 2 % khối lượng Ag, 0,1 % khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, tùy ý, 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng Sb, In, Ni, Co, Mn, P, hoặc Zn, với phần còn lại là Sn.

4. Chất hàn theo điểm 1 trong đó bột hợp kim hàn thứ nhất là $52\text{In}48\text{Sn}$.
5. Chất hàn theo điểm 1, trong đó bột hợp kim hàn thứ nhất bao gồm 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng Sb, Bi, In, Ni, Co, Mn, P, hoặc Zn.
6. Chất hàn theo điểm 1, trong đó bột hợp kim hàn thứ hai là Sn-Ag, Sn-Cu, Sn-Ag-Cu, hợp kim Sn-Ag, hợp kim Sn-Cu, hoặc hợp kim Sn-Ag-Cu.
7. Chất hàn theo điểm 6, trong đó bột hợp kim hàn thứ hai là một trong những chất sau:

Sn-Ag-X (X= Sb, Bi, In, Ni, Co, Mn, P hoặc Zn) gồm có 0,1 % khối lượng đến 3,8 % khối lượng Ag, 0,001 % khối lượng đến 10 % khối lượng X, và phần còn lại là Sn;

Sn-Cu-X (X= Sb, Bi, In, Ni, Co, Mn, P hoặc Zn) gồm có 0,1 % khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, 0,001 % khối lượng đến 10 % khối lượng X, và phần còn lại là Sn; và

Sn-Ag-Cu-X (X= Sb, Bi, In, Ni, Co, Mn, P hoặc Zn) gồm có 0,1 % khối lượng đến 3,8 % khối lượng Ag, 0,1 % khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, 0,001 % khối lượng đến 10 % khối lượng X, và phần còn lại là Sn.

8. Chất hàn theo điểm 6, trong đó bột hợp kim hàn thứ hai là $96,5\text{Sn}3,5\text{Ag}$, $99,3\text{Sn}0,7\text{Cu}$, $95,5\text{Sn}3,8\text{Ag}0,7\text{Cu}$, hoặc $96,5\text{Sn}3,0\text{Ag}0,5\text{Cu}$.
9. Chất hàn theo điểm 1, trong đó bột hợp kim hàn thứ hai là Sn-Sb hoặc Sn-Sb-Y (Y= Ag, Cu, Bi, In, Ni, Co, Mn, P hoặc Zn).
10. Chất hàn theo điểm 9, trong đó bột hợp kim hàn thứ hai gồm 0,5 % khối lượng đến 10 % khối lượng Sb, và phần còn lại là Sn.
11. Chất hàn theo điểm 9, trong đó bột hợp kim hàn thứ hai là Sn-Sb-Y (Y= Ag, Cu, Bi, In, Ni, Co, Mn, P hoặc Zn) gồm có 0,5 % khối lượng đến 10 % khối lượng Sb, 0,001 % khối lượng đến 5 % khối lượng Y, và phần còn lại là Sn.
12. Phương pháp sử dụng chất hàn, bao gồm:
đặt chất hàn không chứa chì ở giữa các thành phần để tạo thành một cụm lắp ráp, chất hàn gồm có:
một lượng bột hợp kim hàn thứ nhất nằm trong khoảng từ 44 % khối lượng đến 83 % khối lượng, bột hợp kim hàn thứ nhất được chọn từ nhóm gồm có:
10 % khối lượng đến 52 % khối lượng In, 0,1 % khối lượng đến ít hơn 3,0 % khối lượng Ag, tùy ý, 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng Sb, Bi, Ni, Co, Mn, P, hoặc Zn, và phần còn lại là Sn;
10 % khối lượng đến 52 % khối lượng In, 0,1 % khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, tùy ý, 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng Sb, Bi, Ni, Co, Mn, P, hoặc Zn, và phần còn lại là Sn;

10 % khối lượng đến 52 % khối lượng In, 0,01 % khối lượng đến 3,8 % khối lượng Ag, 0,1 đến 1,2 % khối lượng Cu, tùy ý, 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng Sb, Bi, Ni, Co, Mn, P, hoặc Zn, và phần còn lại là Sn;

52In48Sn;

40 % khối lượng đến 65 % khối lượng Bi, 0,1 % khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, tùy ý, 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng Sb, In, Ni, Co, Mn, P, hoặc Zn, và phần còn lại là Sn; và

40 % khối lượng đến 65 % khối lượng Bi, 0,1 % khối lượng đến 2 % khối lượng Ag, 0,1 % khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, tùy ý, 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng Sb, In, Ni, Co, Mn, P, hoặc Zn, và phần còn lại là Sn;

một lượng bột hợp kim hàn thứ hai nằm trong khoảng từ 5 % khối lượng đến 44 % khối lượng, bột hợp kim hàn thứ hai được chọn từ nhóm gồm có Sn—Ag, Sn—Cu, Sn—Ag—Cu, Sn—Sb, hợp kim Sn—Ag, hợp kim Sn—Cu, hợp kim Sn—Ag—Cu, và hợp kim Sn—Sb, trong đó bột hợp kim hàn thứ nhất có nhiệt độ đường lỏng thấp hơn nhiệt độ đường rắn của bột hợp kim hàn thứ hai; và

phần còn lại là chất trợ dung; và

hàn nóng chảy lại cụm lắp ráp ở nhiệt độ hàn nóng chảy lại cao nhất thấp hơn nhiệt độ đường rắn của bột hợp kim hàn thứ hai và cao hơn nhiệt độ đường lỏng của hợp kim hàn thứ nhất để tạo thành mối nối hàn, trong đó trong suốt quá trình hàn nóng chảy lại, bột hợp kim hàn thứ hai hòa tan một phần thành dạng nóng chảy của bột hợp kim hàn thứ nhất, và trong đó mối nối hàn được tạo thành có nhiệt độ đường

lỏng cao hơn nhiệt độ hàn nóng chảy lại cao nhất được sử dụng trong quá trình hàn nóng chảy lại.

13. Phương pháp theo điểm 12, trong đó trong quá trình hàn chảy lại, bột hợp kim hàn thứ hai không tạo thành hợp chất trung gian với dạng nóng chảy của bột hợp kim hàn thứ nhất.

14. Phương pháp theo điểm 13, trong đó: mỗi hàn tạo thành có nhiệt độ đường rắn cao hơn nhiệt độ đường rắn của bột hợp kim hàn thứ nhất.

15. Mỗi hàn được tạo bởi phương pháp sử dụng chất hàn, phương pháp này bao gồm:

đặt chất hàn không chỉ giữa các thành phần để tạo thành một cụm lắp ráp, chất hàn bao gồm:

một lượng bột hợp kim hàn thứ nhất nằm trong khoảng từ 44 % khối lượng đến 83 % khối lượng, bột hợp kim hàn thứ nhất được chọn từ nhóm gồm có:

10 % khối lượng đến 52 % khối lượng In, 0,1 % khối lượng đến ít hơn 3,0 % khối lượng Ag, tùy ý, 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng Sb, Bi, Ni, Co, Mn, P, hoặc Zn, và phần còn lại là Sn;

10 % khối lượng đến 52 % khối lượng In, 0,1 % khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, tùy ý, 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng Sb, Bi, Ni, Co, Mn, P, hoặc Zn, và phần còn lại là Sn;

10 % khối lượng đến 52 % khối lượng In, 0,01 % khối lượng đến 3,8 % khối lượng Ag, 0,1 đến 1,2 % khối lượng Cu, tùy ý, 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng Sb, Bi, Ni, Co, Mn, P, hoặc Zn, và phần còn lại là Sn;

52In48Sn;

40 % khối lượng đến 65 % khối lượng Bi, 0,1 % khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, tùy ý, 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng Sb, In, Ni, Co, Mn, P, hoặc Zn, và phần còn lại là Sn; và

40 % khối lượng đến 65 % khối lượng Bi, 0,1 % khối lượng đến 2 % khối lượng Ag, 0,1 % khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, tùy ý, 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng Sb, In, Ni, Co, Mn, P, hoặc Zn, và phần còn lại là Sn;

một lượng bột hợp kim hàn thứ hai nằm trong khoảng từ 5 % khối lượng đến 44 % khối lượng, trong đó bột hợp kim hàn thứ nhất có nhiệt độ đường lỏng thấp hơn nhiệt độ đường rắn của bột hợp kim hàn thứ hai, bột hợp kim hàn thứ hai được chọn từ nhóm bao gồm Sn—Ag, Sn—Cu, Sn—Ag—Cu, Sn—Sb, hợp kim Sn—Ag, hợp kim Sn—Cu, hợp kim Sn—Ag—Cu, và hợp kim Sn—Sb; và phần còn lại là chất trợ dung; và

hàn nóng chảy lại cụm lắp ráp ở nhiệt độ hàn nóng chảy lại cao nhất thấp hơn nhiệt độ đường rắn của bột hợp kim hàn thứ hai và trên nhiệt độ đường lỏng của hợp kim hàn thứ nhất để tạo thành mối hàn, trong đó trong quá trình hàn nóng chảy lại, bột hợp kim hàn thứ hai hòa tan một phần vào dạng nóng chảy của bột hợp kim hàn thứ nhất, và

trong đó mỗi hàn được tạo thành có nhiệt độ đường lỏng cao hơn nhiệt độ hàn nóng chảy lại cao nhất được sử dụng trong quá trình hàn nóng chảy lại.

16. Chất hàn theo điểm 2, trong đó bột hợp kim hàn thứ nhất là 10 % khối lượng đến 52 % khối lượng In, 0,1 % khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, tùy ý, 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng Sb, Bi, Ni, Co, Mn, P, hoặc Zn, và phần còn lại là Sn.

17. Chất hàn theo điểm 2, trong đó bột hợp kim hàn thứ nhất là 10 % khối lượng đến 52 % khối lượng In, 0,01 đến 3,8 % khối lượng Ag, 0,1 đến 1,2 % khối lượng Cu, tùy ý, 0,001 % khối lượng đến 3 % khối lượng Sb, Bi, Ni, Co, Mn, P, hoặc Zn, và phần còn lại là Sn.

18. Chất hàn theo điểm 16, trong đó bột hợp kim hàn thứ nhất là 10 % khối lượng đến 52 % khối lượng In, 0,1 % khối lượng đến 1,2 % khối lượng Cu, và phần còn lại là Sn.

19. Chất hàn theo điểm 17, trong đó bột hợp kim hàn thứ nhất là 10 % khối lượng đến 52 % khối lượng In, 0,01 đến 3,8 % khối lượng Ag, 0,1 đến 1,2 % khối lượng Cu, và phần còn lại là Sn.

1/5

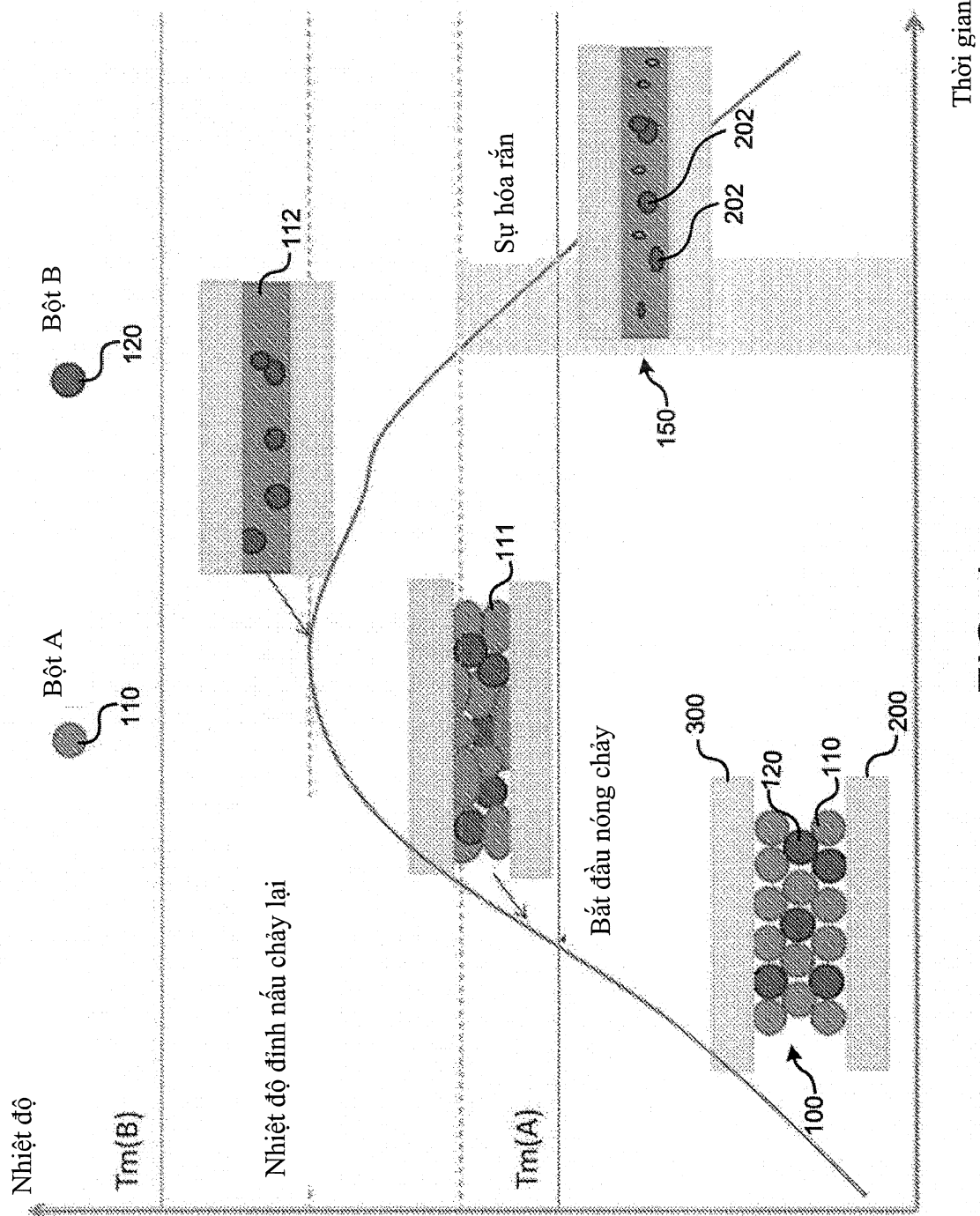


FIG. 1

2/5

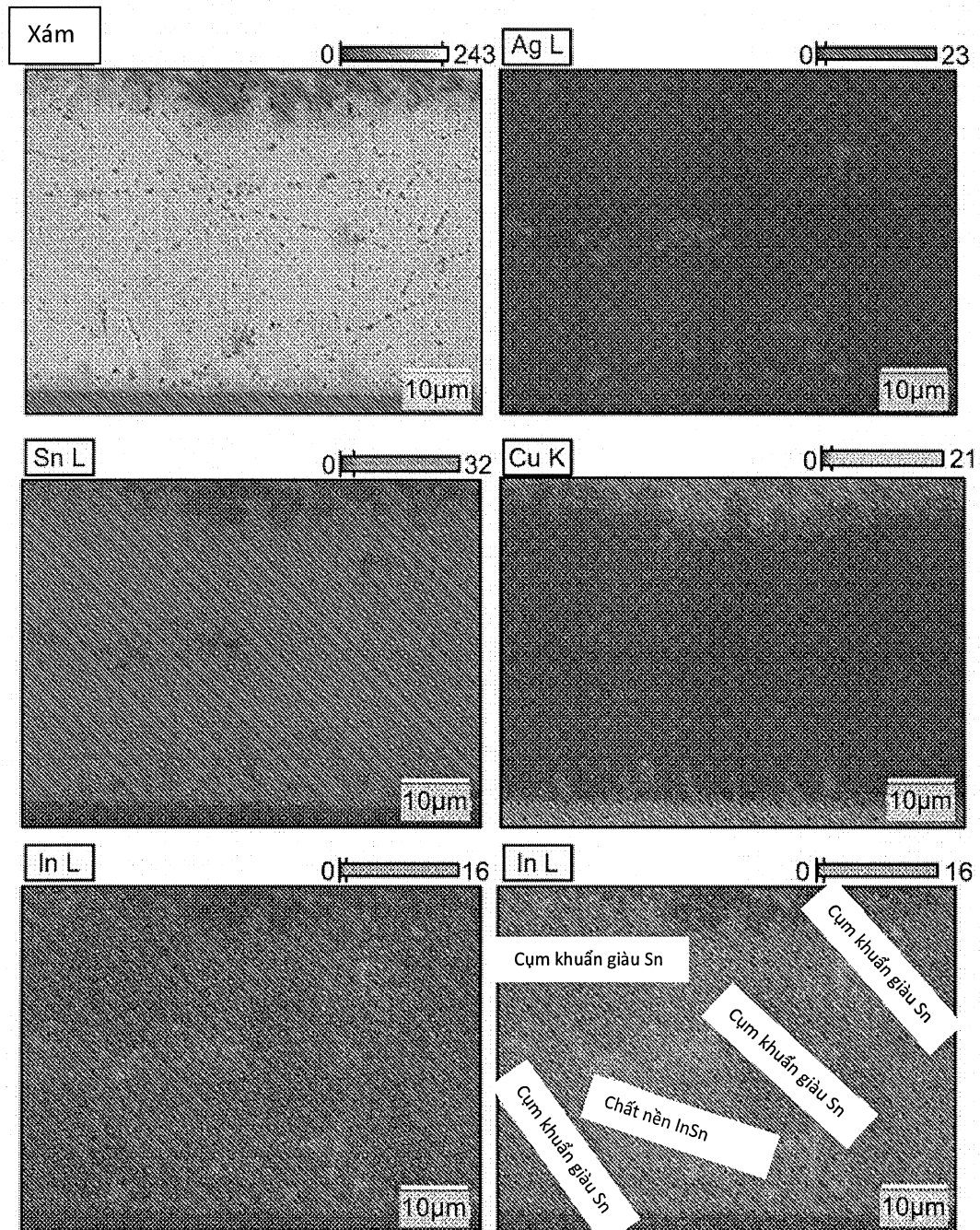


FIG. 2

3/5

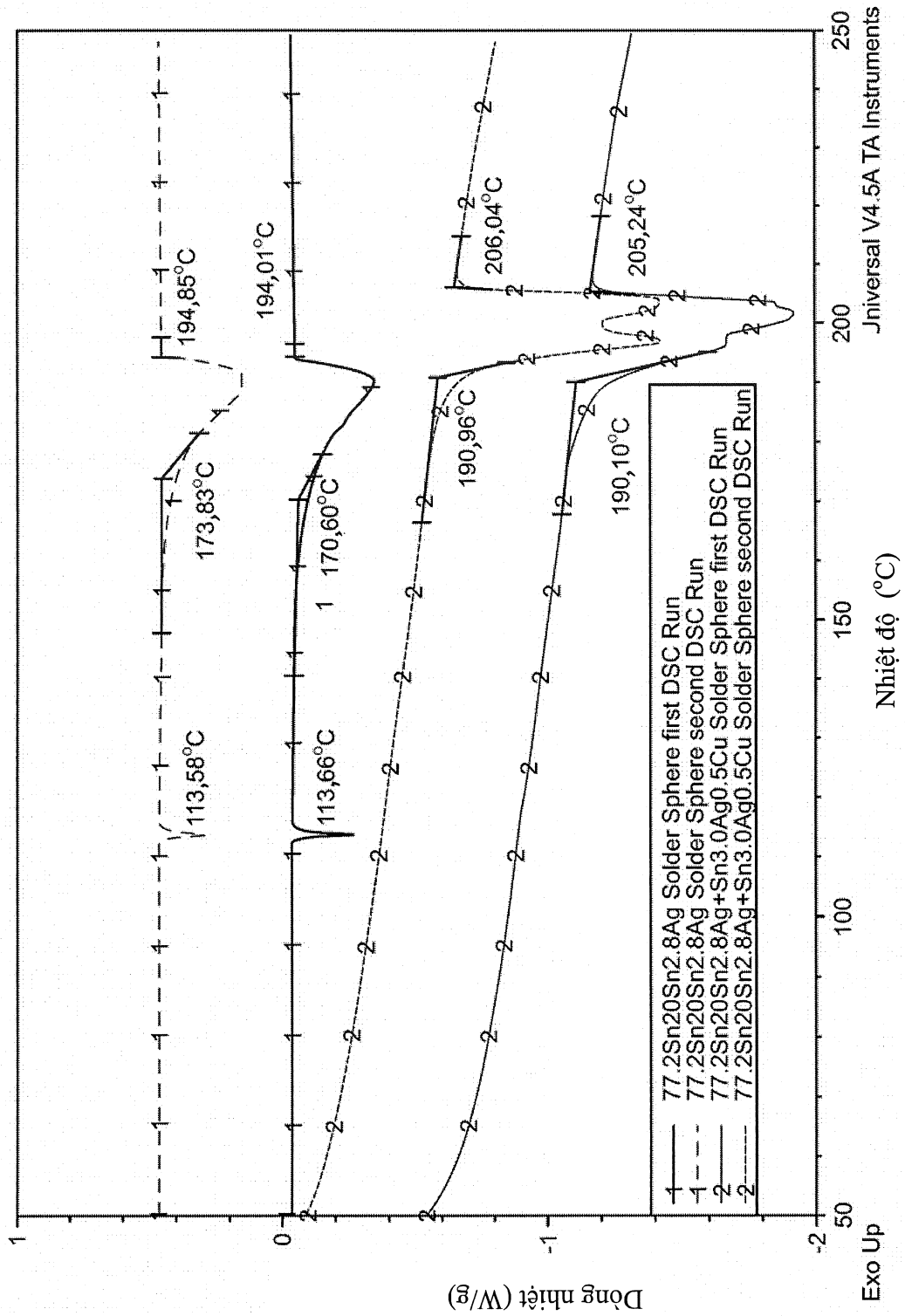


FIG. 3

4/5

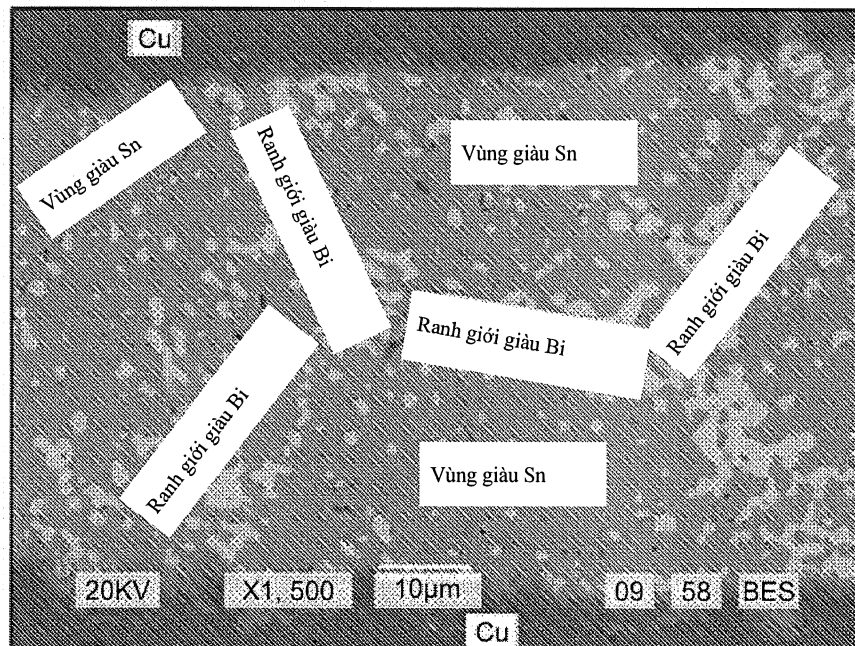


FIG. 4A

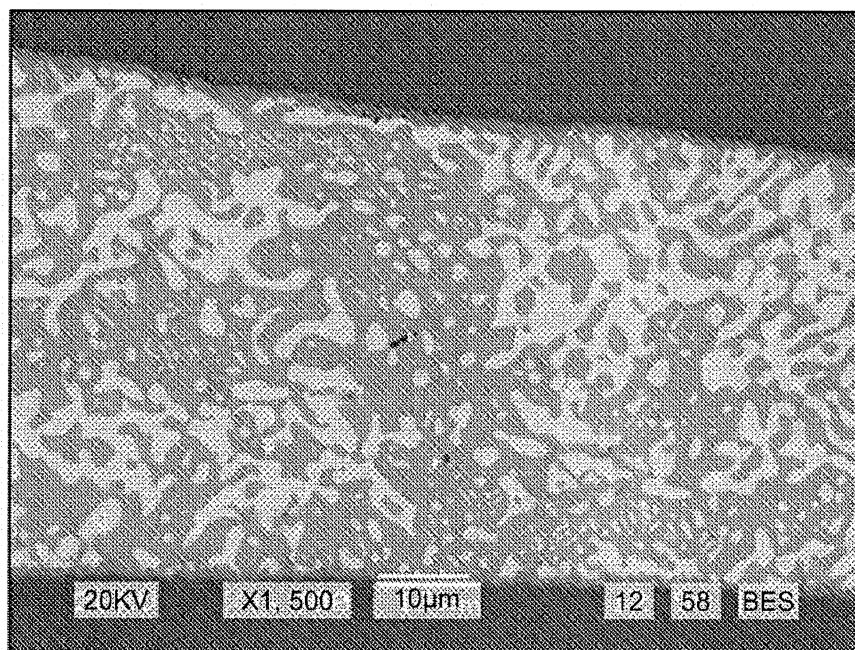


FIG. 4B

5/5

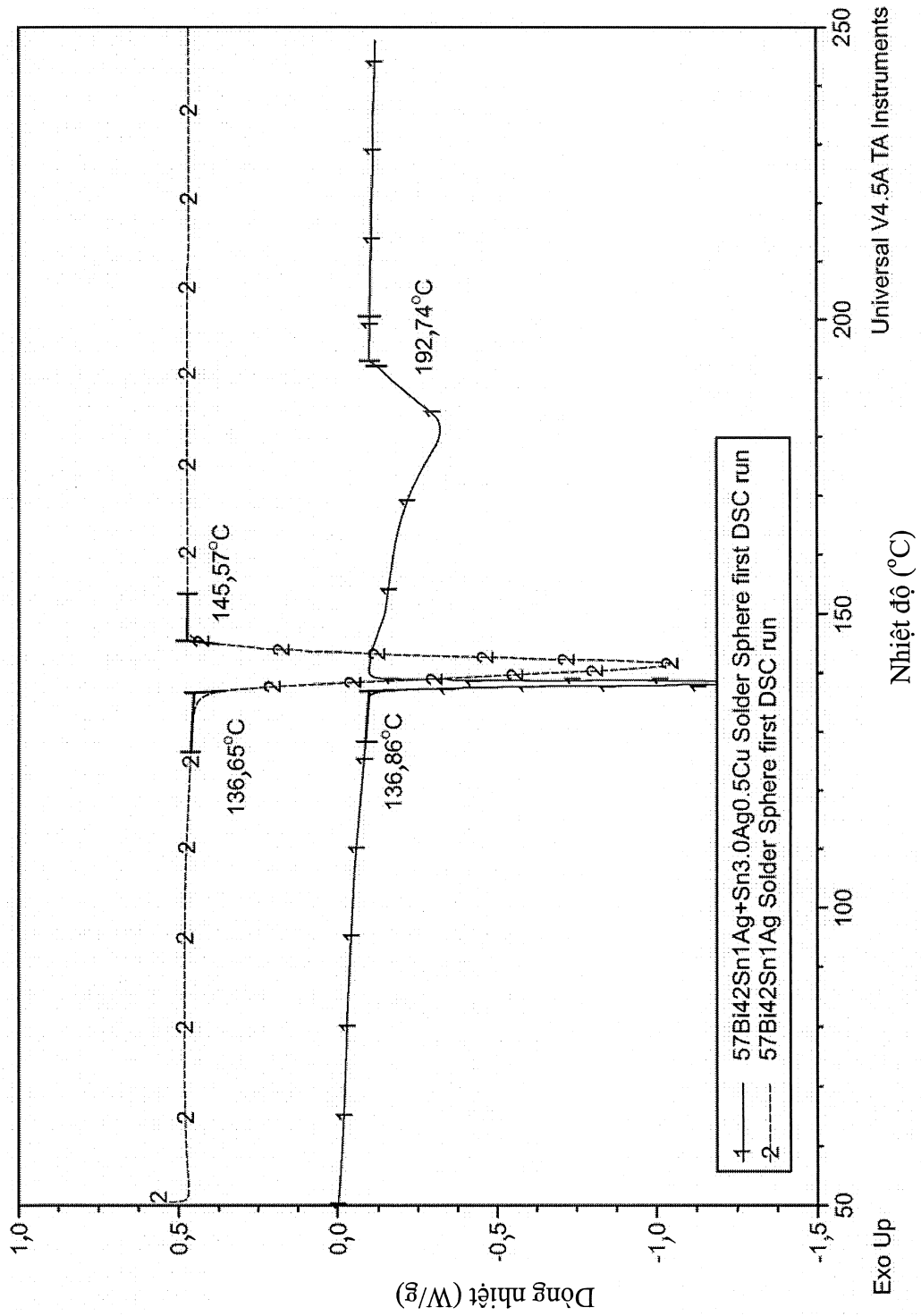


FIG. 5