



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

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

(11)



1-0052826

(51)<sup>2022.01</sup> B23K 35/26; B23K 35/02; H01L 21/00; (13) B  
C22C 12/00; C22C 13/00; C22C 13/02;  
B23K 1/20; B23K 35/362

(21) 1-2022-07475

(22) 29/04/2021

(86) PCT/US2021/029871 29/04/2021

(87) WO 2021/222548 A1 04/11/2021

(30) 63/017,469 29/04/2020 US

(45) 27/10/2025 451

(43) 27/03/2023 420A

(73) INDIUM CORPORATION (US)

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

(72) ZHANG, Hongwen (US); LYTWYNEC, Samuel (US); WANG, Huaguang (CN);  
GENG, Jie (CN); MUTUKU, Francis M. (KE); LEE, Ning-Cheng (US).

(74) Công ty TNHH Lê & Lê (LE & LE)

(54) CHẤT HÀN KHÔNG CHỨA CHÌ VỚI HỖN HỢP BỘT HÀN DÙNG CHO CÁC  
ỨNG DỤNG NHIỆT ĐỘ CAO, PHƯƠNG PHÁP SỬ DỤNG CHẤT HÀN VÀ MỐI  
NỐI HÀN ĐƯỢC TẠO RA TỪ PHƯƠNG PHÁP NÀY

(21) 1-2022-07475

(57) Sáng chế đề cập đến chất hàn không chứa chì với bột hàn hỗn hợp đặc biệt thích hợp cho các ứng dụng hàn nhiệt độ cao liên quan đến nhiều hoạt động hàn lại cấp độ bo mạch. Trong một phương án, chất hàn bao gồm 10 % khối lượng đến 90 % khối lượng bột hợp kim hàn thứ nhất, bột hợp kim hàn thứ nhất bao gồm hợp kim hàn SnSbCuAg có tỉ lệ % khối lượng Sn:Sb nằm trong khoảng từ 0,75 đến 1,1; 10 % khối lượng đến 90 % khối lượng bột hợp kim hàn thứ hai, bột hợp kim hàn thứ hai bao gồm hợp kim hàn Sn gồm ít nhất 80 % khối lượng Sn; và phần còn lại là chất trợ dung.

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

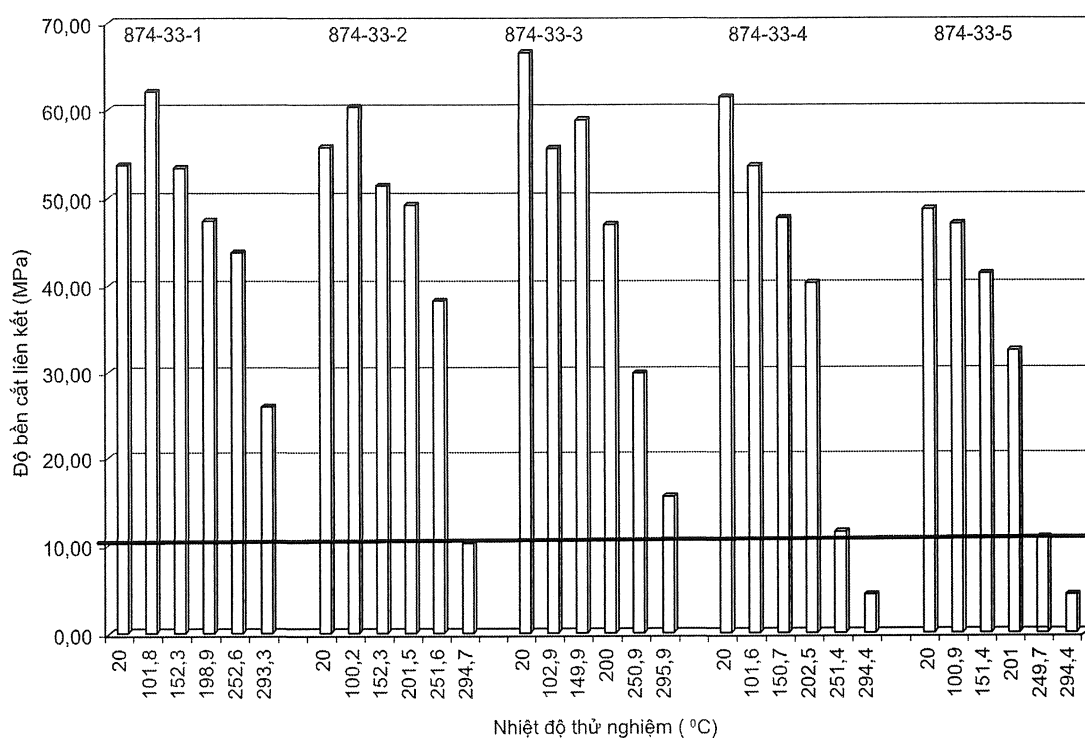


FIG. 3

## **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề cập đến chất hàn không chứa chì.

## **Tình trạng kỹ thuật của sáng chế**

Chì (Pb) sinh ra từ việc thải bỏ các cụm lắp ráp điện tử được coi là nguy hại đối với môi trường và sức khỏe con người. Các quy định ngày càng nghiêm cấm việc sử dụng các chất hàn dựa trên Pb trong các ngành công nghiệp kết nối điện tử và đóng gói điện tử. Chỉ thị về hạn chế các chất nguy hiểm (RoHS) ngày 1 tháng 7 năm 2006 đã dẫn đến việc thay thế thành công hợp kim hàn SnPb bằng hợp kim hàn không chứa Pb. Các chất hàn trên cơ sở SnAg, SnCu, và SnAgCu (SAC) đã trở thành chất hàn phổ biến để tạo thành kết nối trong các ngành công nghiệp bán dẫn và điện tử. Tuy nhiên, sự phát triển của chất hàn không chứa Pb ở nhiệt độ nóng chảy cao để thay thế những chất hàn chứa chì cao thông thường (ví dụ, Pb-5Sn & Pb-5Sn-2,5Ag) vẫn còn ở giai đoạn đầu.

Một cách sử dụng phổ biến của chất hàn có nhiệt độ nóng chảy cao là gắn khuôn cho các thiết bị / linh kiện gắn bề mặt bán dẫn trong đó chip sẽ được liên kết giữa các dây dẫn hoặc vào khung dẫn. Các thành phần / thiết bị gắn bề mặt này sau đó được sử dụng trong một hoặc nhiều quy trình hàn cấp độ bo mạch tiếp theo. Ví dụ, khuôn silicon được hàn vào khung dẫn bằng cách sử dụng chất hàn có nhiệt độ nóng chảy cao để tạo thành bộ phận lắp ráp. Sau đó, thiết bị (có thể được bao gói hoặc không), được gắn vào bảng mạch in (PWB) bằng cách hàn nóng chảy lại cấp độ bo mạch. Cùng một bảng có thể được tiếp xúc với nhiều lần hàn nóng chảy lại. Trong toàn bộ quá trình, kết nối bên trong giữa khuôn silicon và khung dây dẫn phải được duy trì tốt. Điều này đòi hỏi chất hàn có nhiệt độ nóng chảy cao phải chống lại nhiều quá trình hàn nóng chảy lại mà không gây ra bất kỳ lỗi chức năng nào.

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, pha nóng chảy thấp được tiêu thụ hầu hết hoặc thậm chí hoàn toàn trong quá trình nóng 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 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**

Một số phương án theo sáng chế hướng đến chất hàn không chứa chì với bột hàn hỗn hợp đặc biệt thích hợp cho các ứng dụng hàn nhiệt độ cao liên quan đến nhiều hoạt động hàn lại cấp độ bo mạch.

Trong một phương án, chất hàn bao gồm: 10 % khối lượng đến 90 % khối lượng bột hợp kim hàn thứ nhất, bột hợp kim hàn thứ nhất gồm hợp kim hàn SnSbCuAg mà có tỉ lệ % khối lượng của Sn:Sb bằng 0,75 đến 1,1; 10 % khối lượng đến 90 % khối lượng bột hợp kim hàn thứ hai, bột hợp kim hàn thứ hai gồm có hợp kim hàn Sn gồm ít nhất 80 % khối lượng Sn; và phần còn lại là chất trợ dung.

Trong một số phương án, chất hàn bao gồm 50 % khối lượng đến 90 % khối lượng bột hợp kim hàn thứ nhất, 10 % khối lượng đến 50 % khối lượng bột hợp kim hàn thứ hai, và phần còn lại là chất trợ dung. Trong một số phương án, chất hàn bao gồm 75 % khối lượng đến 90 % khối lượng bột hợp kim hàn thứ nhất, 10 % khối lượng đến 25 % khối lượng bột hợp kim hàn thứ hai, và phần còn lại là chất trợ dung.

Trong một số phương án, chất hàn bao gồm ít hơn 50 % khối lượng bột hợp kim hàn thứ nhất, nhiều hơn 50 % khối lượng bột hợp kim hàn thứ hai, và phần còn lại là chất trợ dung.

Trong một số phương án, nhiệt độ rắn của bột hợp kim hàn thứ nhất nằm trong khoảng từ 300°C đến 360°C, và trong đó nhiệt độ rắn của bột hợp kim hàn thứ hai nằm trong khoảng từ 200°C đến 250°C. Trong một số phương án, nhiệt độ rắn của bột hợp kim hàn thứ hai nằm trong khoảng từ 215°C đến 245°C. Trong một số phương án, nhiệt độ lỏng của bột hợp kim hàn thứ nhất không lớn hơn 360°C. Trong một số phương án,

hiệu độ lỏng của bột hợp kim hàn thứ hai không lớn hơn 250°C. Trong một số phương án, hiệu độ lỏng của bột hợp kim hàn thứ hai không lớn hơn 245°C.

Trong một số phương án, bột hợp kim hàn thứ nhất bao gồm: 4 % khối lượng đến 10 % khối lượng Cu; 4 % khối lượng đến 20 % khối lượng Ag; tùy ý, 0,5 % khối lượng Bi, Co, In, Ge, Ni, P, hoặc Zn hoặc ít hơn; và phần còn lại là Sn và Sb với tỉ lệ nằm trong khoảng từ 0,75 đến 1,1.

Trong một số phương án, bột hợp kim hàn thứ hai là SnAg, SnCu, SnAgCu, SnSb, SnAgCuSb, SnAgY (Y= Bi, Co, Ge, In, Ni, P, Sb, hoặc Zn), SnCuY(Y= Bi, Co, Ge, In, Ni, P, Sb, hoặc Zn), SnAgCuY (Y= Bi, Co, Ge, In, Ni, P, Sb, hoặc Zn), hoặc SnAgCuSbY (Y= Bi, Co, Ge, In, Ni, P, Sb, hoặc Zn).

Trong một số phương án, bột hợp kim hàn thứ hai bao gồm 0,1 đến 4 % khối lượng Ag, 0,1 đến 1 % khối lượng Cu, hoặc 0,1 đến 11 % khối lượng Sb. Trong một số phương án, bột hợp kim hàn thứ hai bao gồm 0,1 đến 4 % khối lượng Ag, 0,1 đến 1 % khối lượng Cu, và 0,1 đến 11 % khối lượng Sb.

Trong một số phương án, bột hợp kim hàn thứ hai được pha tạp với Bi, Co, Ge, In, Ni, P, Sb, hoặc Zn.

Trong một số phương án, tỉ lệ giữa sự hấp thụ nhiệt từ đỉnh nóng chảy thứ nhất của chất hàn và sự hấp thụ nhiệt từ đỉnh nóng chảy thứ hai của chất hàn là 0,15 hoặc nhỏ hơn.

Trong một phương án, phương pháp bao gồm: áp chất hàn giữa chất nền và thiết bị để tạo thành một cụm lắp ráp, trong đó chất hàn bao gồm: 10 % khối lượng đến 90 % khối lượng bột hợp kim hàn thứ nhất, bột hợp kim hàn thứ nhất bao gồm hợp kim hàn SnSbCuAg có tỉ lệ % khối lượng Sn:Sb nằm trong khoảng từ 0,75 đến 1,1; 10 % khối lượng đến 90 % khối lượng bột hợp kim hàn thứ hai, bột hợp kim hàn thứ hai bao gồm hợp kim hàn Sn gồm ít nhất 80 % khối lượng Sn; và phần còn lại là chất trợ dung; thực hiện quy trình hàn nóng chảy lại đầu tiên với cụm lắp ráp ở hiệu độ cao nhất lớn hơn 320°C để tạo thành mối nối hàn từ bột hàn; và sau khi tạo thành mối hàn, thực hiện quy trình hàn nóng chảy lại thứ hai với cụm lắp ráp ở hiệu độ cao nhất từ 230°C đến

270°C. Trong một số phương án, thiết bị là một khuôn silicon, chất nền bao gồm một khung chì Cu, và chất hàn được áp dụng giữa khung chì Cu và khuôn silicon. Trong một số phương án, mỗi nối hàn duy trì độ bền cắt liên kết lớn hơn hoặc bằng 10 MPa trong quá trình hàn nóng chảy lại lần thứ hai.

Trong một phương án, mỗi hàn được hình thành bởi quá trình: áp chất hàn giữa chất nền và thiết bị để tạo thành một cụm lắp ráp; và hàn chảy lại cụm lắp ráp để tạo ra mỗi nối hàn; trong đó chất hàn bao gồm: 10 % khối lượng đến 90 % khối lượng bột hợp kim hàn thứ nhất, bột hợp kim hàn thứ nhất bao gồm hợp kim hàn SnSbCuAg có tỉ lệ % khối lượng Sn:Sb nằm trong khoảng từ 0,75 đến 1,1; 10 % khối lượng đến 90 % khối lượng bột hợp kim hàn thứ hai, bột hợp kim hàn thứ hai bao gồm hợp kim hàn Sn gồm ít nhất 80 % khối lượng Sn; và phần còn lại là chất trợ dung.

Các dấu hiệu và khía cạnh khác của sáng chế sẽ trở nên rõ ràng từ phần mô tả chi tiết sau đây, được kết hợp cùng với các hình vẽ kèm theo, minh họa, bằng cách ví dụ, các đặc điểm phù hợp với các phương án khác nhau. Bản tóm tắt không nhằm mục đích giới hạn phạm vi của 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 được bao gồm. Các hình vẽ được cung cấp chỉ nhằm mục đích minh họa và chỉ mô tả các phương án ví dụ.

FIG. 1 là biểu đồ thể hiện độ bền cắt liên kết tính bằng MPa như một hàm của nhiệt độ đối với một số vật liệu liên kết không chì và vật liệu hàn có hàm lượng chì cao.

FIG. 2 mô tả giản đồ pha của SnSb.

FIG. 3 là biểu đồ thể hiện độ bền cắt liên kết tính bằng MPa cho các nhiệt độ thử nghiệm khác nhau (°C) cho năm loại chất hàn khác nhau.

FIG. 4 thể hiện các đường cong nhiệt lượng kế quét vi sai (DSC) được thực hiện với TA Q2000 DSC cho năm chất hàn được mô tả trong FIG. 3.

Các hình vẽ không nhằm mục đích toàn diện hoặc giới hạn sáng chế ở dạng chính xác được bộc lộ. Cần hiểu rằng sáng chế có thể được thực hành với sự sửa đổi và thay đổi, và sáng chế được bộc lộ chỉ bị giới hạn bởi các yêu cầu bảo hộ và sự tương đương của chúng.

### **Mô tả chi tiết sáng chế**

Để tương thích với các cấu hình làm nóng chảy lại chất hàn được sử dụng trong ngành công nghiệp điện tử, một số đặc điểm quan trọng của chất hàn nhiệt độ cao có thể bao gồm: (i) nhiệt độ rắn khoảng  $260^{\circ}\text{C}$  trở lên (phù hợp với các cấu hình làm nóng chảy lại chất hàn SMT điển hình), (ii) khả năng chống mối nhiệt tốt, (iii) độ dẫn nhiệt/điện cao, và/hoặc (iv) chi phí thấp. Cho đến nay, chất hàn có hàm lượng chì cao vẫn chiếm ưu thế trong các ứng dụng đính kèm khuôn trong thị trường điện rời.

Các phương án của sáng chế hướng đến chất hàn không chứa chì với bột hàn hỗn hợp đặc biệt thích hợp cho các ứng dụng hàn nhiệt độ cao liên quan đến nhiều hoạt động hàn lại cấp độ bo mạch. Chất hàn bao gồm hai bột hàn và chất trợ dung. Một trong những loại bột hàn có nhiệt độ nóng chảy cao hơn đáng kể so với bột hàn khác. Ví dụ, một trong các loại bột hàn có thể có nhiệt độ rắn của hợp kim hàn thứ nhất là từ  $300$  đến  $360^{\circ}\text{C}$ , và loại khác của bột hàn có thể có nhiệt độ rắn của hợp kim hàn thứ hai từ  $200$  đến  $250^{\circ}\text{C}$ . Bột hàn có nhiệt độ rắn cao hơn (nhiệt độ cao hơn) là hợp kim hàn dựa trên SnSb có tỷ lệ khối lượng Sn: Sb nằm giữa khoảng 0,75 và 1,1. Bột hàn ở nhiệt độ rắn thấp hơn (nhiệt độ thấp hơn) là chất hàn hoặc hợp kim hàn giàu Sn với hàm lượng Sn lớn hơn 80% khối lượng.

Bột hàn nhiệt độ cao bao gồm 50 % khối lượng đến 90 % khối lượng của chất hàn, bột hàn nhiệt độ thấp bao gồm 10 % khối lượng đến 50 % khối lượng của chất hàn, và chất trợ dung bao gồm 9 % khối lượng đến 20 % khối lượng của chất hàn. Như được mô tả thêm bên dưới, nhờ thành phần này, bột hàn ở nhiệt độ cao hơn có thể chi phối hiệu suất nhiệt độ cao của mối nối liên kết cuối cùng, bao gồm cả sự nóng chảy và đặc tính cơ nhiệt. Bột hàn dễ uốn giàu Sn có thể cải thiện sự thấm ướt trong quá trình nung chảy lại và tăng cường độ dẻo của mối nối cuối cùng. Ngoài ra, sự tồn tại của chất hàn giàu Sn bên trong chất hồ có thể cho phép nhiệt độ nung chảy lại tương đối thấp hơn.

Phù hợp với một số phương án của sáng chế, được mô tả thêm bên dưới, việc lựa chọn bột hàn có nhiệt độ thấp hơn và bột hàn có nhiệt độ nóng chảy cao hơn trong chất hàn có thể được thực hiện để đáp ứng một hoặc nhiều đặc tính sau: (1) bột hàn hòa tan hoàn toàn hoặc một phần vào nhau trong quá trình nóng chảy lại; 2) sau khi hàn nóng chảy lại, giai đoạn nóng chảy thấp còn lại trong mỗi nối cuối cùng được tối ưu hóa về số lượng và được cô lập bởi chất nền SnSb nóng chảy cao để duy trì hiệu suất cơ học mỗi nối mong muốn ở nhiệt độ trên  $270^{\circ}\text{C}$ ; và (3) mỗi nối hàn có thể tồn tại trong thử nghiệm chu kỳ nhiệt độ cho các ứng dụng gắn khuôn điển hình. Trong thực tế, cả hai bột hợp kim hàn có thể hòa tan hoàn toàn hoặc một phần vào nhau trong quá trình nung chảy lại. Điều này cho phép hòa tan liên tục bột hợp kim hàn ở nhiệt độ cao thành dung dịch lỏng và không có sự hình thành IMC giao diện trên bề mặt bột để làm chậm quá trình hòa tan. Trong thiết kế, tỷ lệ giữa bột hợp kim nhiệt độ thấp hơn và bột hợp kim nhiệt độ cao hơn có thể được tối ưu hóa để cho phép bột hợp kim nhiệt độ cao hơn chiếm ưu thế về hiệu suất nhiệt độ cao của mỗi nối cuối cùng trong khi các pha nóng chảy thấp được cô lập bên trong pha nền pha nóng chảy cao.

Chất hàn được mô tả ở đây có thể được sử dụng cho nhiều ứng dụng hàn nhiệt độ cao khác nhau, bao gồm gắn khuôn và gắn bề mặt của các thiết bị linh kiện.

FIG. 1 là biểu đồ thể hiện độ bền cắt liên kết tính bằng megapascal (MPa) như một hàm của nhiệt độ đối với các mối nối được hình thành từ một số vật liệu liên kết không chứa chì và chất hàn có hàm lượng chì cao. Như đã mô tả, hầu hết các chất hàn không chì có độ bền cắt liên kết cao hơn những chất hàn có lượng chì cao. Chất hàn giàu Sn giảm đáng kể độ bền cắt liên kết khi đến gần nhiệt độ nóng chảy của chất hàn (khoảng  $217^{\circ}\text{C}$  đối với SnAgCu và  $243^{\circ}\text{C}$  đối với Sn10Sb). Sau khi đạt đến nhiệt độ nóng chảy, độ bền cắt liên kết của chất hàn giàu Sn giảm xuống gần bằng 0 khi chúng nóng chảy. Như vậy, do nhiệt độ nóng chảy thấp hơn của vật hàn giàu Sn, chúng có thể không duy trì được bất kỳ độ bền cắt liên kết nào ở nhiệt độ nóng chảy cao. Để so sánh, các chất hàn chứa chì cao có độ bền cắt liên kết khoảng 10Mpa ở  $250^{\circ}\text{C}$  và độ bền cắt liên kết giảm xuống thậm chí còn thấp hơn ở nhiệt độ cao hơn. Các thiết bị gắn bề mặt với chất hàn chứa chì cao vì vật liệu gắn khuôn đã được chứng minh là có thể tồn tại sau khi nung chảy lại SMT ở nhiệt độ cao nhất lên tới  $260^{\circ}\text{C}$ . Do đó, chất hàn mới được

mô tả ở đây được thiết kế để duy trì độ bền cắt liên kết trên 10MPa ngay cả ở nhiệt độ 270°C hoặc cao hơn, vượt trội so với các loại chứa chì cao, để tồn tại trong quá trình SMT tiếp theo.

Hợp kim SnSbCuAgX (X = Bi, Co, Ge, In, Ni, P, Zn, hoặc một số chất pha tạp khác) với tỉ lệ % khối lượng Sn:Sb nằm trong khoảng từ 0,75 đến 1,1 là một nhóm hợp kim hàn nhiệt độ cao có nhiệt độ rắn/lỏng nằm trong khoảng từ 300°C đến 360°C. Như được mô tả bởi FIG. 1, hợp kim SnSbCuAgX có thể duy trì tốt độ bền cắt liên kết ở nhiệt độ cao ở nhiệt độ lên đến khoảng 280°C. Tuy nhiên, các hợp kim SnSbCuAgX cứng và giòn. Đối với các thử nghiệm gắn khuôn Si trên Cu, chất hàn SnSbCuAgX sẽ khiến khuôn Si bị vỡ trong các thử nghiệm chu kỳ nhiệt độ, hoặc thậm chí ngay sau khi nung chảy lại vì chúng quá cứng để có thể chịu được biến dạng gây ra bởi sự không phù hợp của hệ số giãn nở nhiệt (CTE) giữa Si và Cu. Do đó, bản thân hợp kim hàn SnSbCuAgX không thích hợp để gắn khuôn trong các ứng dụng gắn khuôn.

Mặc dù hợp kim hàn SnSbScuAgX và hợp kim hàn giàu Sn có thể không phù hợp riêng cho các ứng dụng hàn nhiệt độ cao, nếu lợi ích của hai hợp kim hàn có thể được kết hợp trong khi giảm thiểu hoặc loại bỏ các điểm yếu tương ứng của chúng, thì sự kết hợp có thể là một hợp kim hàn không chỉ phù hợp thay thế cho các hợp kim hàn trên cơ sở chì. Theo sáng chế, các lợi ích của cả hai hợp kim hàn có thể đạt được bằng cách tạo thành chất hàn là sự kết hợp của bột hợp kim hàn giàu Sn, bột hợp kim hàn SnSbCuAgX, và chất trợ dung.

Chất hàn được mô tả ở đây có thể được nung chảy lại để tạo thành mối hàn. Mỗi hàn nóng chảy lại có thể chứng minh lợi ích của cả hai hợp kim hàn: độ dẻo của hợp kim giàu Sn và hiệu suất nhiệt độ cao của hợp kim hàn SnSbCuAgX. Để đạt được những lợi ích này, tỷ lệ bột giàu Sn với bột SnSbCuAgX có thể được chọn sao cho mỗi nối cuối cùng thể hiện (1) độ bền cơ học tốt (> 10MPa) ở 270°C hoặc thậm chí cao hơn; (2) và độ dẻo tốt để thích ứng với biến dạng gây ra bởi sự không phù hợp CTE giữa khuôn Si và Cu. Để đạt được những lợi ích này, mối nối hàn có thể được tạo ra với hình thái mà pha giàu Sn của hợp kim hàn nhiệt độ thấp được nhúng vào pha nền SnSb của hợp kim hàn nhiệt độ cao, tương tự như vật liệu composit. Pha giàu Sn bị cô lập bên trong

pha nền SnSb có thể không ảnh hưởng đáng kể đến độ bền nhiệt độ cao của mối nối hàn vì phần lớn mối nối hàn là pha nền SnSb và các hạt chứa Cu và chứa Ag được gia cố. Đồng thời, pha giàu Sn dễ uốn có thể dễ dàng biến dạng do rão để thích ứng với biến dạng gây ra bởi sự không phù hợp CTE giữa khuôn Si và khung chì Cu ít nhất một phần.

Như đã thảo luận ở trên, hợp kim hàn ở nhiệt độ cao hơn, với phần lớn ( $> 50\%$  khối lượng) trong chất hàn, có thể chiếm ưu thế về hiệu suất nhiệt độ nóng chảy cao ở khoảng  $270^{\circ}\text{C}$  trở lên. Để đạt được lợi ích này, tỷ lệ giữa Sn và Sb trong hợp kim hàn ở nhiệt độ cao hơn có thể được duy trì ở khoảng 0,75 đến 1,1, trong đó hợp chất liên kim  $\text{Sn}_3\text{Sb}_2$  và dung dịch rắn SnSb ( $\beta$ ) được hình thành và có nhiệt độ nóng chảy giữa khoảng  $323^{\circ}\text{C}$  và  $360^{\circ}\text{C}$ . Điều này được mô tả bằng giản đồ pha SnSb của Fig. 2. Để tăng độ dẻo, Cu và Ag được hợp kim hóa thành hợp kim SnSb sao cho các hạt  $\text{Ag}_3\text{Sn}$  và  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  cùng với các hạt  $\text{Sn}_3\text{Sb}_2$  được kết tủa bên trong pha nền SnSb để làm chậm chuyển động lệch vị trí và sự hình thành và phát triển vết nứt sau đó. Tuy nhiên, tùy thuộc vào lượng Cu và Ag được thêm vào, nhiệt độ rắn của hợp kim hàn có thể được duy trì ở khoảng  $300^{\circ}\text{C}$  tùy thuộc vào hàm lượng. Theo đó, trong một số phương án, thích hợp là hợp kim hàn ở nhiệt độ nóng chảy cao có khoảng 4 % khối lượng đến 10 % khối lượng Cu và khoảng 4 % khối lượng đến 20 % khối lượng Ag.

Bảng 1 dưới đây trình bày các ví dụ về hợp kim SnSbCuAg có thể được sử dụng cho hợp kim hàn ở nhiệt độ cao hơn, phù hợp với các phương án của sáng chế. Trong một số phương án, ít hơn 0,5% tạp chất, chẳng hạn Bi, Co, In, Ge, Ni, P, hoặc Zn, có thể được thêm vào hợp kim hàn SnSbCuAg để làm ổn định các chất kết tủa và IMC giao diện.

Bảng 1

| #  | Sn (% khối lượng) | Sb (% khối lượng) | Cu (% khối lượng) | Ag (% khối lượng) |
|----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1  | 38                | 38                | 7                 | 17                |
| 2  | 38                | 38                | 10                | 14                |
| 3  | 38                | 42                | 5                 | 15                |
| 4  | 38                | 42                | 8                 | 12                |
| 5  | 39                | 41                | 5                 | 15                |
| 6  | 39                | 41                | 8                 | 12                |
| 7  | 39                | 41                | 10                | 10                |
| 8  | 40                | 40                | 5                 | 15                |
| 9  | 40                | 40                | 8                 | 12                |
| 10 | 40                | 41                | 5                 | 14                |
| 11 | 40                | 41                | 8                 | 11                |
| 12 | 41                | 39                | 8                 | 12                |
| 13 | 41                | 39                | 10                | 10                |
| 14 | 41                | 41                | 5                 | 13                |
| 15 | 41                | 41                | 8                 | 10                |
| 16 | 42                | 42                | 6                 | 12                |
| 17 | 42                | 42                | 5                 | 13                |
| 18 | 42                | 43                | 5                 | 10                |
| 19 | 42                | 43                | 8                 | 7                 |
| 20 | 43                | 42                | 5                 | 10                |
| 21 | 43                | 43                | 5                 | 9                 |
| 22 | 43                | 43                | 8                 | 6                 |
| 23 | 44                | 42                | 5                 | 9                 |
| 24 | 44                | 42                | 8                 | 6                 |
| 25 | 44                | 43                | 5                 | 8                 |
| 26 | 44                | 44                | 5                 | 7                 |
| 27 | 44                | 44                | 8                 | 4                 |

Như đã thảo luận ở trên, hợp kim hàn có nhiệt độ nóng chảy thấp hơn có thể là hợp kim hàn giàu Sn ( $\text{Sn} > 80\%$  khối lượng). Ví dụ, hợp kim có thể là SnAg, SnCu, SnAgCu, SnSb, SnAgY (Y= Bi, Co, Ge, In, Ni, P, Sb, hoặc một số tạp chất khác), SnCuY (Y= Bi, Co, Ge, In, Ni, P, Sb, hoặc một số tạp chất khác), hoặc SnAgCuY (Y= Bi, Co, Ge, In, Ni, P, Sb, Zn, hoặc một số tạp chất khác). Nhiệt độ rắn của hợp kim hàn nhiệt độ thấp hơn có thể dao động trong khoảng 200°C đến 250°C. Bảng 2 dưới đây trình bày các ví dụ về hợp kim giàu Sn có thể được sử dụng cho hợp kim hàn ở nhiệt độ thấp hơn, phù hợp với việc triển khai sáng chế. Trong một số phương án, các chất phụ gia Bi, In, và/hoặc Ni có thể được bao gồm trong hợp kim hàn để nâng cao độ dẻo của nó hoặc cải thiện hiệu suất thấm ướt.

Bảng 2

| #  | Sn<br>(% khối<br>lượng) | Ag<br>(% khối<br>lượng) | Cu<br>(% khối<br>lượng) | Sb<br>(% khối<br>lượng) | Bi<br>(% khối<br>lượng) | In<br>(% khối<br>lượng) | Ni<br>(% khối<br>lượng) |
|----|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1  | 99,3                    |                         | 0,7                     |                         |                         |                         |                         |
| 2  | 98,5                    | 1                       | 0,5                     |                         |                         |                         |                         |
| 3  | 96,5                    | 3                       | 0,5                     |                         |                         |                         |                         |
| 4  | 95,5                    | 3,8                     | 0,7                     |                         |                         |                         |                         |
| 5  | 90                      | 3,8                     | 0,7                     | 5,5                     |                         |                         |                         |
| 6  | 89,3                    | 3,8                     | 0,9                     | 5,5                     |                         | 0,5                     |                         |
| 7  | 89                      | 3,8                     | 0,7                     | 3,5                     | 0,5                     | 2,5                     |                         |
| 8  | 86,8                    | 3,2                     | 0,7                     | 5,5                     | 3,2                     | 0,5                     | 0,1                     |
| 9  | 95                      |                         |                         | 5                       |                         |                         |                         |
| 10 | 90                      |                         |                         | 10                      |                         |                         |                         |

Trong một số phương án, bột hàn nhiệt độ cao hơn có thể bao gồm 10 % khối lượng đến 90 % khối lượng của chất hàn, và bột hàn nhiệt độ thấp hơn bao gồm 10 % khối lượng đến 90 % khối lượng của chất hàn. Để duy trì hiệu suất nhiệt độ cao và độ dẻo của mối hàn cuối cùng, tỷ lệ của hợp kim hàn thứ nhất và hợp kim hàn thứ hai có thể được điều chỉnh. Nếu % khối lượng của hợp kim hàn thứ nhất so với hợp kim hàn thứ hai không đủ, mối hàn cuối cùng có thể không duy trì hiệu suất nhiệt độ cao. Mặt khác, nếu % khối lượng của hợp kim hàn thứ nhất so với hợp kim hàn thứ hai là quá đủ, thì mối nối hàn có thể quá cứng và dẫn đến hỏng khuôn Si. Theo đó, các tỷ lệ tương đối của hợp kim hàn thứ nhất và hợp kim hàn thứ hai trong hỗn hợp hồ có thể được chọn sao cho thỏa mãn cả hiệu suất nhiệt độ cao và độ dẻo vừa đủ. Vì vậy, trong một số phương án, bột hàn ở nhiệt độ cao hơn có thể tốt hơn là bao gồm 50 % khối lượng đến 90 % khối lượng của chất hàn, và bột hàn ở nhiệt độ thấp hơn có thể bao gồm 10 % khối lượng đến 50 % khối lượng của chất hàn. Trong một số phương án, bột hàn nhiệt độ cao hơn có thể tốt hơn bao gồm 75 % khối lượng đến 90 % khối lượng của chất hàn, và bột hàn ở nhiệt độ thấp hơn có thể bao gồm 10 % khối lượng đến 25 % khối lượng chất hàn. Trong một số phương án, bột hàn nhiệt độ thấp hơn có thể bao gồm nhiều hơn 50 % khối lượng chất hàn. Các phương án chất hàn như vậy có thể đặc biệt thích hợp cho các ứng dụng mô-đun nguồn mà không nhất thiết yêu cầu độ bền nhiệt độ cao.

Bảng 3 cho thấy thành phần nguyên tố của hợp kim hàn (tính bằng % khối lượng) và thành phần nguyên tố của mối hàn nối được hàn lại (tính bằng % khối lượng) của

chất hàn theo sáng chế. Chất hàn có thể được sử dụng cho các ứng dụng gắn khuôn HTLF (không chỉ ở nhiệt độ cao) hoặc các ứng dụng hàn nhiệt độ cao thích hợp khác. Như được mô tả trong các ví dụ này, tỷ lệ của hợp kim hàn thứ nhất với hợp kim hàn thứ hai có thể nằm trong khoảng 9:1 đến 5:5.

**Bảng 3**

|    | Hợp kim thứ nhất |    |    |    |       | Hợp kim thứ hai |     |     |     |       | Thành phần mỗi nối |      |     |      |
|----|------------------|----|----|----|-------|-----------------|-----|-----|-----|-------|--------------------|------|-----|------|
|    | Sn               | Sb | Cu | Ag | Tỉ lệ | Sn              | Sb  | Cu  | Ag  | Tỉ lệ | Sn                 | Sb   | Cu  | Ag   |
| 1  | 38               | 38 | 7  | 17 | 90%   | 90,6            | 5,5 | 0,7 | 3,2 | 10%   | 43,3               | 34,8 | 6,4 | 15,6 |
| 2  | 38               | 38 | 7  | 17 | 85%   | 90,6            | 5,5 | 0,7 | 3,2 | 15%   | 45,9               | 33,1 | 6,1 | 14,9 |
| 3  | 42               | 40 | 6  | 12 | 90%   | 90,6            | 5,5 | 0,7 | 3,2 | 10%   | 46,9               | 36,6 | 5,5 | 11,1 |
| 4  | 42               | 40 | 6  | 12 | 85%   | 90,6            | 5,5 | 0,7 | 3,2 | 15%   | 49,3               | 34,8 | 5,2 | 10,7 |
| 5  | 42               | 40 | 6  | 12 | 80%   | 90,6            | 5,5 | 0,7 | 3,2 | 20%   | 51,7               | 33,1 | 4,9 | 10,2 |
| 6  | 42               | 40 | 6  | 12 | 75%   | 90,6            | 5,5 | 0,7 | 3,2 | 25%   | 54,2               | 31,4 | 4,7 | 9,8  |
| 7  | 42               | 40 | 6  | 12 | 70%   | 90,6            | 5,5 | 0,7 | 3,2 | 30%   | 56,6               | 29,7 | 4,4 | 9,4  |
| 8  | 42               | 40 | 6  | 12 | 50%   | 90,6            | 5,5 | 0,7 | 3,2 | 50%   | 66,3               | 22,8 | 3,4 | 7,6  |
| 9  | 42               | 43 | 7  | 8  | 90%   | 90,6            | 5,5 | 0,7 | 3,2 | 10%   | 46,9               | 39,3 | 6,4 | 7,5  |
| 10 | 42               | 43 | 10 | 5  | 90%   | 90,6            | 5,5 | 0,7 | 3,2 | 10%   | 46,9               | 39,3 | 9,1 | 4,8  |
| 11 | 42               | 40 | 6  | 12 | 90%   | 96,5            |     | 0,5 | 3   | 10%   | 47,5               | 36,0 | 5,5 | 11,1 |
| 12 | 42               | 40 | 6  | 12 | 85%   | 96,5            |     | 0,5 | 3   | 15%   | 50,2               | 34,0 | 5,2 | 10,7 |
| 13 | 42               | 40 | 6  | 12 | 80%   | 96,5            |     | 0,5 | 3   | 20%   | 52,9               | 32,0 | 4,9 | 10,2 |
| 14 | 42               | 40 | 6  | 12 | 75%   | 96,5            |     | 0,5 | 3   | 25%   | 55,6               | 30,0 | 4,6 | 9,8  |
| 15 | 42               | 40 | 6  | 12 | 70%   | 96,5            |     | 0,5 | 3   | 30%   | 58,4               | 28,0 | 4,4 | 9,3  |
| 16 | 42               | 40 | 6  | 12 | 50%   | 96,5            |     | 0,5 | 3   | 50%   | 69,3               | 20,0 | 3,3 | 7,5  |

Trong một số phương án liên quan đến việc sử dụng chất hàn trong các thiết bị/ứng dụng rời nguồn, tỷ lệ Sn: Sb trong mỗi nối hàn được hình thành từ chất hàn có thể là khoảng 1:1 đến 1,3:1. Trong một số phương án liên quan đến việc sử dụng chất hàn trong các thiết bị/ứng dụng mô-đun nguồn, tỷ lệ Sn: Sb trong mỗi nối hàn được hình thành từ chất hàn có thể là khoảng 1:1 đến 1,8:1.

FIG. 3 là biểu đồ thể hiện độ bền cắt liên kết (MPa) cho các nhiệt độ thử nghiệm khác nhau (°C) đối với các mối nối hàn được hình thành từ năm loại chất hàn khác nhau. Cụ thể, FIG. 3 cho thấy độ bền cắt liên kết đối với năm chất hàn đầu tiên của Bảng 3, trong đó 874-33-1 đề cập đến chất hàn đầu tiên trong Bảng 1, 847-33-2 đề cập đến chất

hàn thứ hai trong Bảng 3, v.v.. Như mô tả, ba trong số năm chất hàn (874-33-1, 874-33-2 và 874-33-3) duy trì độ bền cắt liên kết ít nhất 10MPa ở 270°C trở lên.

FIG. 4 hiển thị các đường cong nhiệt lượng quét vi sai (DSC) được đo bằng TA Q2000 DSC cho năm chất hàn được mô tả trong FIG. 3. Như được minh họa, đối với ba chất hàn (874-33-1, 874-33-2 và 874-33-3) mà duy trì độ bền cơ học ở nhiệt độ cao tốt, tỉ lệ H1/H2 (H1: sự hấp thụ nhiệt từ đỉnh đầu tiên của DSC và H2: sự hấp thụ nhiệt từ đỉnh thứ hai) nhỏ hơn ,09 trong khi tỉ lệ H1/H2 đối với hai chất hàn khác (874-33-4 và 874-33-5) lớn hơn ,10. Bảng 4, dưới đây, thể hiện các đặc trưng của DSC.

Bảng 4

|          | Đỉnh thứ nhất                  |                           |                                |             | Đỉnh thứ hai                   |                           |                                |             | Tỉ lệ<br>H1/<br>H2 |
|----------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------|--------------------|
|          | T <sub>khởi điểm</sub><br>(°C) | T <sub>đỉnh</sub><br>(°C) | T <sub>cuối cùng</sub><br>(°C) | H1<br>(J/g) | T <sub>khởi điểm</sub><br>(°C) | T <sub>đỉnh</sub><br>(°C) | T <sub>cuối cùng</sub><br>(°C) | H2<br>(J/g) |                    |
| 874-33-1 | 227,4                          | 229,1                     | 230,9                          | 3,26        | 303,5                          | 335,9                     | 358,4                          | 104,4       | 0,030              |
| 874-33-2 | 228,4                          | 229,7                     | 233,26                         | 5,76        | 302,1                          | 332,65                    | 352,11                         | 95,79       | 0,057              |
| 874-33-3 | 228,5                          | 229,9                     | 232,2                          | 8,65        | 301,2                          | 327,6                     | 346,4                          | 88,08       | 0,089              |
| 874-33-4 | 225,29                         | 230,44                    | 233,4                          | 11,61       | 301,3                          | 322,3                     | 338,8                          | 77,81       | 0,130              |
| 874-33-5 | 220,4                          | 230,5                     | -                              | -           | -                              | 300                       | 318,2                          | -           |                    |

Dựa trên các thử nghiệm DSC được thực hiện với chất hàn theo sáng chế, tỷ lệ hấp thụ nhiệt tốt hơn từ đỉnh nóng chảy đầu tiên của chất hàn đến hấp thụ nhiệt từ đỉnh nóng chảy thứ hai của chất hàn được tìm thấy là khoảng 0,15 hoặc ít hơn. Ở các tỷ lệ này, người ta nhận thấy rằng mỗi nối được tạo thành từ chất hàn có thể duy trì đủ độ bền cắt ở nhiệt độ cao (> 15MPa ngay cả ở 280°C) (ví dụ, do có đủ lượng bột hàn có nhiệt độ nóng chảy cao hơn) và độ dẻo tốt (ví dụ, từ việc có đủ lượng bột giàu Sn). Trong quá trình triển khai, việc lựa chọn bột hàn và % trọng lượng tương đối của bột hàn có thể dựa trên tỷ lệ H1/H2.

Ngược lại với công nghệ TLPB, các phương án được mô tả ở đây không dựa vào việc tăng nhiệt độ nóng chảy của mỗi nối hàn thông qua việc hình thành IMC trên bề mặt của hợp kim nóng chảy cao bằng cách tiêu thụ hợp kim nóng chảy thấp. Trong các thiết kế TLPB, IMC hình thành và phát triển trên bề mặt của bột kim loại/hợp kim nóng

chảy cao với cái giá phải trả là hợp kim nóng chảy thấp trong quá trình nung chảy lại. Với việc tăng độ dày lớp IMC, tốc độ tăng trưởng trở nên chậm hơn đáng kể. Ngược lại, các mối nối hàn được tạo thành bởi chất hàn được mô tả ở đây không phụ thuộc vào sự hình thành IMC trong quá trình nung chảy lại để đạt được hiệu suất nhiệt độ cao. Thay vào đó, hiệu suất nhiệt độ cao có thể đạt được bằng cách chọn tỷ lệ phần trăm thích hợp của các pha nóng chảy cao trong mối nối cuối cùng và bằng cách giới hạn các pha nóng chảy thấp với các pha nóng chảy cao sau khi đông đặc.

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 giới hạn sáng chế. Tương tự như vậy, các sơ đồ khác nhau có thể mô tả một kiến trúc mẫu hoặc cấu hình khác đối với sáng chế, được thực hiện để hỗ trợ việc hiểu các dấu hiệu và chức năng có thể được bao gồm trong sáng chế. Các phương án được minh họa và các phương án thay thế khác nhau của chúng có thể được thực hiện mà không bị giới hạn trong các ví dụ minh họa. 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 được lấy làm ví dụ khác nhau, 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 kết hợp khác nhau, cho một hoặc nhiều phương án khác của sáng chế, cho dù các phương án đó có được mô tả hay không và 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 có nghĩa là “bao gồm,

không giới hạn” hoặc tương tự; thuật ngữ "ví dụ" được sử dụng để cung cấp các ví dụ điển hình của mục đang thảo luận, không phải là một danh sách đầy đủ hoặc giới hạn của nó; các thuật ngữ chỉ số ít “một” phải được hiểu là 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 nên được hiểu là giới hạn thuật ngữ được mô tả trong một khoảng thời gian nhất định hoặc một thuật ngữ có sẵn như một 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 mà một trong những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này có thể thấy rõ hoặc được biết đến, thì những công nghệ đó bao gồm những công nghệ rõ ràng hoặc được biết đến bởi những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật 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 có nghĩa là trường hợp hẹp hơn là dành cho hoặc bắt buộc trong những trường hợp mà các cụm từ mở rộng như vậy có thể vắng mặt.

### Yêu cầu bảo hộ

1. Chất hàn, bao gồm:

50 % khối lượng đến 90 % khối lượng bột hợp kim hàn thứ nhất, bột hợp kim hàn thứ nhất bao gồm hợp kim hàn SnSbCuAg có tỉ lệ % khối lượng Sn:Sb nằm trong khoảng 0,75 đến 1,1;

10 % khối lượng đến 50 % khối lượng bột hợp kim hàn thứ hai, bột hợp kim hàn thứ hai bao gồm hợp kim hàn Sn gồm ít nhất 80 % khối lượng Sn; và

phần còn lại là chất trợ dung.

2. Chất hàn theo điểm 1, trong đó chất hàn bao gồm 75 % khối lượng đến 90 % khối lượng bột hợp kim hàn thứ nhất, 10 % khối lượng đến 25 % khối lượng bột hợp kim hàn thứ hai, và phần còn lại là chất trợ dung.

3. Chất hàn theo điểm 1, trong đó nhiệt độ rắn của bột hợp kim hàn thứ nhất nằm trong khoảng từ 300°C đến 360°C, và trong đó nhiệt độ rắn của bột hợp kim hàn thứ hai trong khoảng từ 200°C đến 250°C.

4. Chất hàn theo điểm 3, trong đó nhiệt độ rắn của bột hợp kim hàn thứ hai trong khoảng từ 215°C đến 245°C.

5. Chất hàn theo điểm 3, trong đó nhiệt độ lỏng của bột hợp kim hàn thứ nhất không lớn hơn 360°C.

6. Chất hàn theo điểm 3, trong đó nhiệt độ lỏng của bột hợp kim hàn thứ hai không lớn hơn 250°C.

7. Chất hàn theo điểm 4, trong đó nhiệt độ lỏng của bột hợp kim hàn thứ hai không lớn hơn 245°C.

8. Chất hàn theo điểm 1, trong đó bột hợp kim hàn thứ nhất bao gồm:

4 % khối lượng đến 10 % khối lượng Cu;

4 % khối lượng đến 20 % khối lượng Ag;

tùy ý, 0,5 % khối lượng Bi, Co, In, Ge, Ni, P, hoặc Zn hoặc ít hơn; và

phần còn lại là Sn và Sb với tỉ lệ nằm trong khoảng 0,75 đến 1,1.

9. Chất hàn theo điểm 1, trong đó bột hợp kim hàn thứ hai là SnAg, SnCu, SnAgCu, SnSb, SnAgCuSb, SnAgY (Y= Bi, Co, Ge, In, Ni, P, Sb, hoặc Zn), SnCuY(Y= Bi, Co, Ge, In, Ni, P, Sb, hoặc Zn), SnAgCuY (Y= Bi, Co, Ge, In, Ni, P, Sb, hoặc Zn), hoặc SnAgCuSbY (Y= Bi, Co, Ge, In, Ni, P, Sb, hoặc Zn).

10. Chất hàn theo điểm 9, trong đó bột hợp kim hàn thứ hai bao gồm 0,1 đến 4 % khối lượng Ag, 0,1 đến 1 % khối lượng Cu, hoặc 0,1 đến 11 % khối lượng Sb.

11. Chất hàn theo điểm 10, trong đó bột hợp kim hàn thứ hai bao gồm 0,1 đến 4 % khối lượng Ag, 0,1 đến 1 % khối lượng Cu, và 0,1 đến 11 % khối lượng Sb.

12. Chất hàn theo điểm 11, trong đó bột hợp kim hàn thứ hai được pha tạp với Bi, Co, Ge, In, Ni, P, hoặc Zn.

13. Chất hàn theo điểm 1, trong đó tỷ lệ giữa sự hấp thụ nhiệt từ đỉnh nóng chảy thứ nhất của chất hàn với sự hấp thụ nhiệt từ đỉnh nóng chảy thứ hai của chất hàn là 0,15 hoặc nhỏ hơn.

14. Phương pháp sử dụng chất hàn, bao gồm:

áp chất hàn giữa chất nền và thiết bị để tạo thành một cụm, trong đó chất hàn bao gồm: 50 % khối lượng đến 90 % khối lượng bột hợp kim hàn thứ nhất, bột hợp kim hàn thứ nhất gồm hợp kim hàn SnSbCuAg có tỉ lệ % khối lượng của Sn:Sb nằm trong khoảng từ 0,75 đến 1,1; 10 % khối lượng đến 50 % khối lượng bột hợp kim hàn thứ hai, bột hợp kim hàn thứ hai gồm hợp kim hàn Sn gồm ít nhất 80 % khối lượng Sn; và phần còn lại là chất trợ dung;

thực hiện quy trình hàn nóng chảy lại đầu tiên với cụm ở nhiệt độ cao nhất lớn hơn 320°C để tạo thành mối nối hàn từ chất hàn; và

sau khi tạo thành mỗi nối hàn, thực hiện quy trình hàn nóng chảy lại thứ hai với cụm ở nhiệt độ cao nhất nằm trong khoảng từ 230°C đến 270°C.

15. Phương pháp theo điểm 14, trong đó thiết bị là khuôn Si, chất nền bao gồm khung chì Cu và chất hàn được áp dụng giữa khung chì Cu và khuôn Si.

16. Phương pháp theo điểm 14, trong đó:

nhiệt độ rắn của bột hợp kim hàn thứ nhất nằm trong khoảng từ 300°C đến 360°C; và

nhiệt độ rắn của bột hợp kim hàn thứ hai nằm trong khoảng từ 200°C đến 250°C.

17. Phương pháp theo điểm 14, trong đó trong quá trình hàn nóng chảy thứ hai, mỗi nối hàn duy trì độ bền cắt liên kết lớn hơn hoặc bằng 10 MPa.

18. Mỗi hàn được hình thành bởi quá trình:

áp chất hàn giữa chất nền và thiết bị để tạo thành một cụm; và

hàn lại cụm để tạo thành mỗi hàn;

trong đó chất hàn bao gồm:

50 % khối lượng đến 90 % khối lượng bột hợp kim hàn thứ nhất, bột hợp kim hàn thứ nhất bao gồm hợp kim hàn SnSbCuAg có tỉ lệ % khối lượng Sn:Sb nằm trong khoảng từ 0,75 đến 1,1;

10 % khối lượng đến 50 % khối lượng bột hợp kim hàn thứ hai, bột hợp kim hàn thứ hai bao gồm hợp kim hàn Sn gồm ít nhất 80 % khối lượng Sn; và

phần còn lại là chất trợ dung.

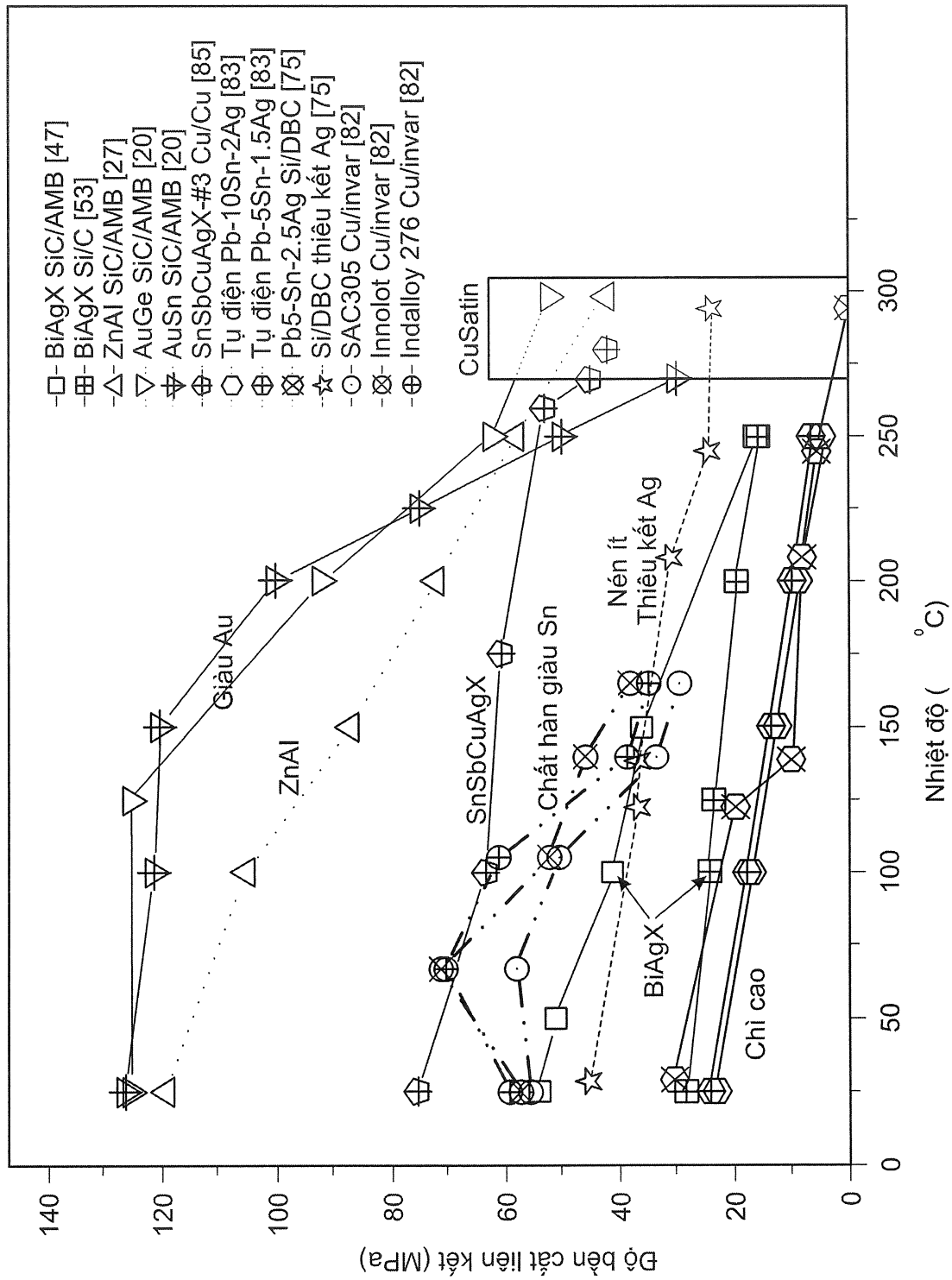


FIG. 1

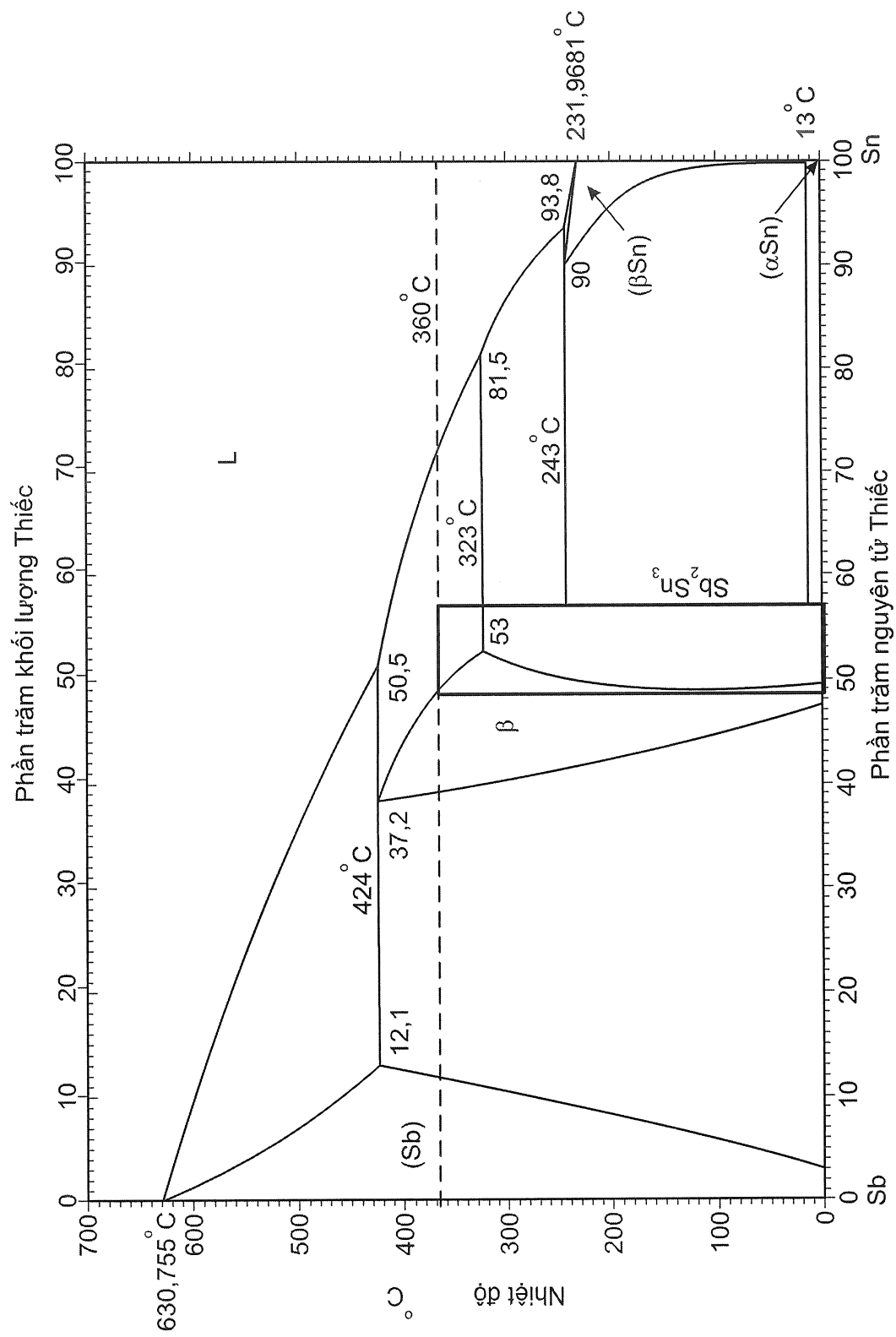


FIG. 2

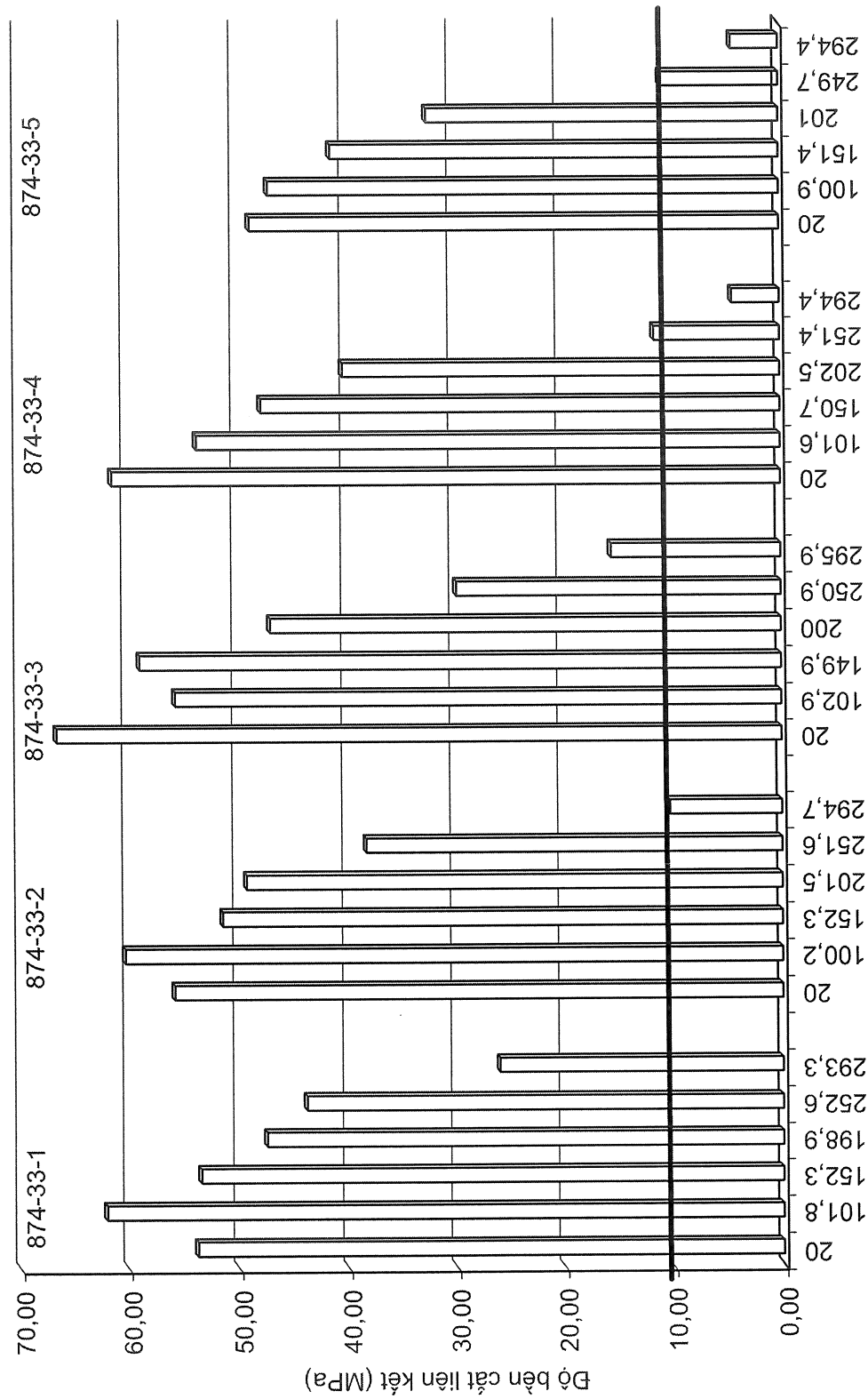


FIG. 3

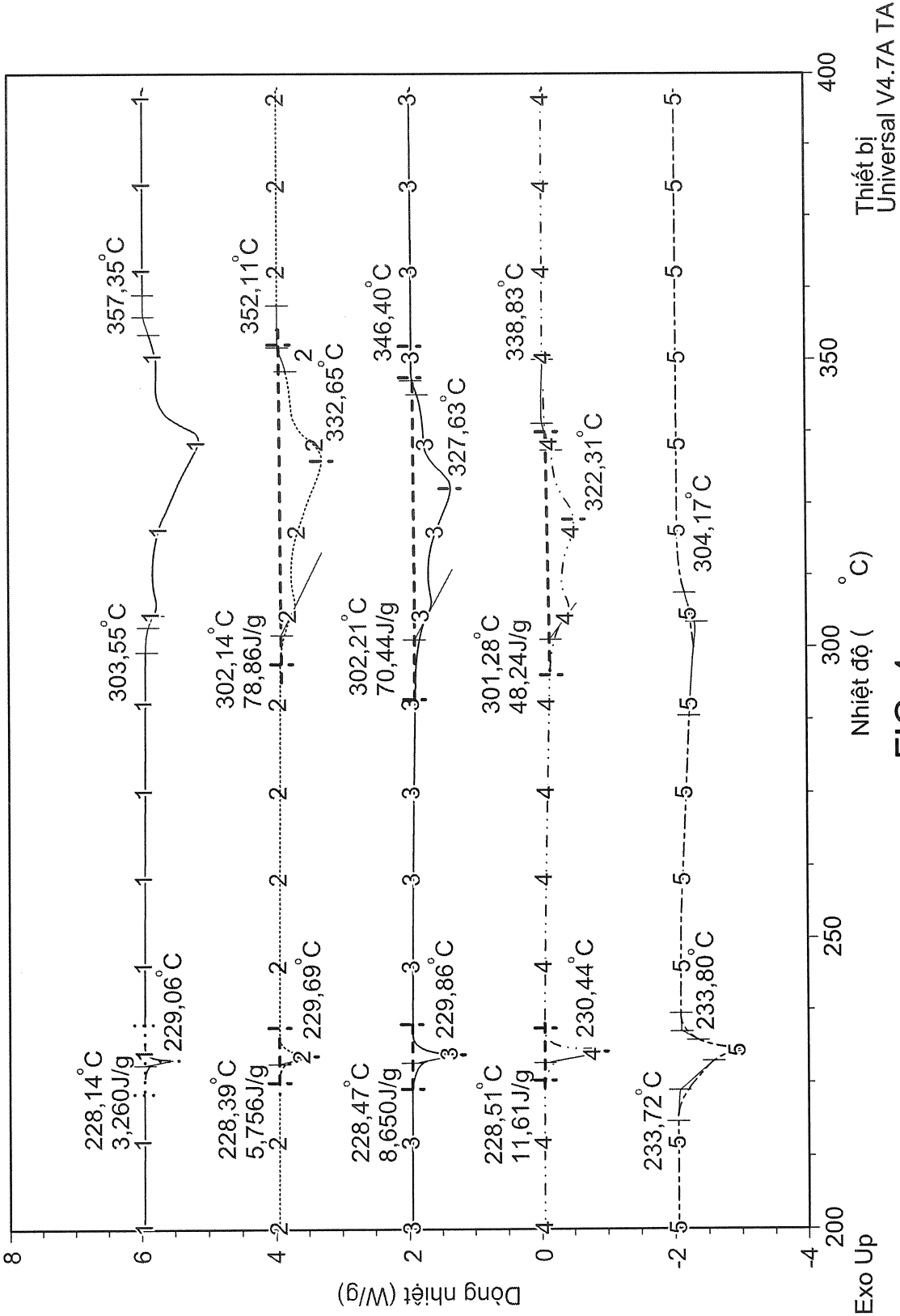


FIG. 4