



(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)



1-0035559

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

(21) 1-2022-00800

(22) 29/07/2020

(86) PCT/JP2020/029029 29/07/2020

(87) WO2021/029222 18/02/2021

(30) 2019-147986 09/08/2019 JP

(45) 25/05/2023 422

(43) 25/04/2022 409

(73) Senju Metal Industry Co., Ltd. (JP)

23, Senju-Hashido-cho, Adachi-ku, Tokyo 1208555, Japan

(72) IIJIMA Yuuki (JP); YOSHIKAWA Shunsaku (JP); SAITO Takashi (JP); DEI Kanta (JP).

(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) HỢP KIM HÀN KHÔNG CHỨA CHÌ VÀ ANTIMON, BI HÀN, MẢNG LƯỚI BI VÀ MỐI HÀN

(57) Sáng chế đề xuất hợp kim hàn không chứa chì và antimon, bi hàn, mảng lưới bi và mối hàn. Hợp kim hàn và mối hàn có độ bền kéo cao, có thể ngăn sự rửa trôi Ni và có thể ngăn sự tạo thành các lỗ rỗng tại mặt phân cách được hàn. Hợp kim hàn có thành phần hợp kim bao gồm, theo % khối lượng, Ag: từ 1,0 đến 4,0%, Cu: từ 0,1 đến 1,0%, Ni: từ 0,005 đến 0,3%, Co: từ 0,003 đến 0,1%, và Ge: từ 0,001 đến 0,015% với phần còn lại là Sn,

trong đó thành phần hợp kim thỏa mãn mỗi quan hệ (1) sau:

$$0,00030 < (Ni/Co) \times (1/Ag) \times Ge < 0,05 \quad (1)$$

trong đó mỗi nguyên tố Ni, Co, Ag, và Ge theo mỗi quan hệ (1) thể hiện hàm lượng (% khối lượng) trong thành phần hợp kim.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hợp kim hàn không chứa chì và antimon, bi hàn và mối hàn có độ bền kéo cao và ngăn sự rửa trôi Ni và việc tạo ra các lỗ rỗng tại mặt phân cách được liên kết.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, các thiết bị điện tử được yêu cầu có sự tích hợp cao hơn, dung lượng lớn hơn và tốc độ cao hơn. Ví dụ, gói bán dẫn như QFP (Quad Flat Package, Gói phẳng vuông) đã được sử dụng, và việc tích hợp cao và chức năng cao ở cấp độ chip bán dẫn đã được theo đuổi. Trong quá trình sản xuất QFP, quy trình đóng gói liên kết để chip silicon được cắt từ tấm silicon thành khung dẫn điện được sử dụng.

Trong QFP, thu được bằng cách liên kết các vi điện cực như BGA (Ball Grid Array, Mảng lưới bi), mối hàn được tạo thành bằng cách liên kết để bán dẫn chip silicon và khung dẫn điện với hợp kim hàn. Ví dụ, kim loại mặt sau có lớp Ni là lớp ngoài cùng được tạo thành trên chip silicon, để cải thiện đặc tính thấm ướt của thuốc hàn và cải thiện độ bền bám dính. Tuy nhiên, khi lớp Ni là lớp ngoài cùng tiếp xúc với thuốc hàn nóng chảy, thì lớp Ni này tan chảy vào thuốc hàn nóng chảy và xảy ra hiện tượng rửa trôi Ni. Ở đây, lớp chắn như Ti thường được tạo thành trên kim loại mặt sau để ngăn Ni khuếch tán vào chip silicon. Khi quá trình rửa trôi Ni diễn ra và lớp Ti được lộ ra, thì kim loại mặt sau đẩy thuốc hàn nóng chảy mà không làm ướt, vì đặc tính thấm ướt của hợp kim hàn với Ti rất kém. Ngoài ra, ngay cả nếu một ít lớp Ni vẫn còn, thì các nguyên tử Ni khuếch tán vào thuốc hàn nóng chảy và Ti hầu như không khuếch tán vào Ni. Do đó, số lượng lỗ rỗng tăng lên ở cấp độ nguyên tử tại mặt phân cách giữa lớp Ti là lớp chắn và lớp Ni, và độ bền bám dính tại mặt phân cách giữa lớp Ni còn lại ít và lớp Ti cực kỳ giảm. Kết quả là, phần liên kết sau khi liên kết để có thể kém hơn về độ bền va đập và độ bền chu trình nhiệt. Do đó, việc giữ lại lớp Ni của kim loại mặt sau là cực kỳ quan trọng trong liên kết để.

Ngoài ra, trong vi điện cực như BGA, các mô hàn được tạo thành bằng cách sử dụng các bi hàn. Khi các bi hàn được sử dụng, chất trợ dung bám dính được sử dụng cho vi điện cực và các bi hàn được đặt trên điện cực được phủ chất trợ dung. Sau đó, các bi hàn này bị nung chảy bằng cách nung nóng trong lò nung hồi lưu, và thuốc hàn nóng chảy làm ướt vi điện cực, khiến cho các mô hàn được tạo thành trên các vi điện cực. Do đó, khi các bi hàn được sử dụng, thì cần phải có đặc tính thấm ướt đối với điện cực.

Thông thường, các hợp kim hàn Sn-Ag-Cu đã được sử dụng rộng rãi, và được sử dụng dưới dạng các bi hàn cũng như cho liên kết đế. Tuy nhiên, khi hợp kim hàn này được sử dụng, có thể cần cải thiện độ bền chu trình nhiệt, độ bền va đập, và độ bền chống phai màu trong số các yêu cầu khác nhau trong những năm gần đây. Do đó, để cải thiện các đặc trưng này, nhiều nghiên cứu khác nhau đã được thực hiện trên các hợp kim hàn Sn-Ag-Cu mà thường được sử dụng rộng rãi.

Ví dụ, tài liệu sáng chế 1 bộc lộ hợp kim hàn Sn-Ag-Cu có chứa nguyên tố Co và/hoặc Ni là các nguyên tố tùy ý cũng như Ge và vật liệu tương tự là nguyên tố thiết yếu có chọn lọc. Sáng chế cũng bộc lộ rằng hợp kim hàn này thể hiện độ bền chu trình nhiệt khi nó có chứa nguyên tố Co và/hoặc Ni, và thể hiện độ bền va đập và/hoặc độ bền chống phai màu khi nó có chứa nguyên tố Ge.

Danh sách tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: JP 4144415 B2

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Như được mô tả ở trên, hợp kim hàn được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 1 là hợp kim tuyệt vời có thể đạt được đồng thời ba loại hiệu ứng, tức là độ bền va đập, độ bền chống phai màu, và độ bền chu trình nhiệt. Tuy nhiên, có vẻ như vẫn còn khả năng cải thiện hơn nữa thiết kế của hợp kim.

Mặc dù mỗi nguyên tố đều có tác dụng cụ thể khi được thêm vào hợp kim hàn, vì hợp kim hàn là đối tượng được tích hợp được tạo thành bằng cách kết hợp

tất cả các nguyên tố thành phần và các nguyên tố thành phần ảnh hưởng lẫn nhau, các nguyên tố thành phần này cần phải được chứa theo cách đồng đều với tất cả. Đối với hợp kim hàn như được mô tả trong tài liệu sáng chế 1, có vẻ như hàm lượng của từng nguyên tố thành phần được tối ưu hóa riêng, và đủ để đạt được các hiệu ứng như được mô tả trong tài liệu sáng chế 1 tại thời điểm nộp tài liệu sáng chế 1. Tuy nhiên, để cải thiện đặc tính khác của hợp kim hàn có chứa các nguyên tố thành phần giống nhau để thích ứng với các nhu cầu gần đây, cần tối ưu hóa riêng hàm lượng của từng nguyên tố thành phần, và hơn nữa các nguyên tố thành phần cần phải được chứa theo cách đồng đều.

Theo sáng chế được mô tả trong tài liệu sáng chế 1, thiết kế hợp kim được tiến hành dựa trên giả định rằng bi hàn được bố trí trên vi điện cực như BGA. Ngoài ra, ngay cả khi được sử dụng cho liên kết đế với diện tích liên kết rộng, vì không thể phóng điện sự đứt gãy do ứng suất ngoài, nên cần phải cải thiện độ bền của chính hợp kim hàn. Ngoài ra, khi thực hiện hàn với diện tích liên kết rộng như liên kết đế, thì ngoài việc ngăn sự rửa trôi Ni và sự khuếch tán Ni, cần phải ngăn sự tạo ra các lỗ rỗng tại mặt phân cách được hàn.

Như được mô tả ở trên, do sự tích hợp cao hơn, dung lượng được tăng lên, và tốc độ cao hơn gần đây của các thiết bị điện tử, nên cần phải có hợp kim hàn mà có thể được sử dụng không chỉ cho BGA mà còn cho liên kết đế được sử dụng cho QFP.

Mục đích của sáng chế là đề xuất hợp kim hàn, bi hàn, màng lưới bi, và mối hàn có độ bền kéo cao, có thể ngăn sự rửa trôi Ni và có thể ngăn sự tạo thành các lỗ rỗng tại mặt phân cách được hàn.

Giải pháp cho vấn đề

Hợp kim hàn bao gồm hai hoặc nhiều loại nguyên tố, và các tác động của các loại nguyên tố này có thể ảnh hưởng riêng đến các đặc tính của toàn bộ hợp kim hàn. Tuy nhiên, như được mô tả ở trên, do tất cả các nguyên tố thành phần cấu thành phần thân hoàn chỉnh, nên các nguyên tố thành phần có quan hệ với nhau. Các tác giả sáng chế đã tập trung vào thiết kế hợp kim để đạt được độ bền kéo cao và ngăn sự rửa trôi Ni và sự tạo thành các lỗ rỗng để thiết kế hợp kim có thể được

áp dụng không chỉ cho BGA mà còn cho QFP ngay cả đối với các nguyên tố thành phần giống nhau như hợp kim hàn theo tài liệu sáng chế 1. Cụ thể là, khi xem xét tầm quan trọng của việc bổ sung từng nguyên tố thành phần, các tác giả sáng chế đã tiến hành tìm kiếm chi tiết thành phần có xem xét sự cân bằng của từng nguyên tố thành phần để đạt được độ bền kéo cao và để ngăn sự rửa trôi Ni và việc tạo thành các lỗ rỗng.

Ngoài ra, thông thường, trong trường hợp mà Pb được sử dụng cho chất nền và được phủ, thì mưa axit có thể khiến cho Pb bị tách rửa và chảy vào nước ngầm. Sau đó, nó có thể ảnh hưởng đến cơ thể con người bằng cách tích tụ vào vật nuôi và con người từ nước ngầm. Do đó, Pb được chỉ định là chất được quản lý bởi chỉ thị RoHS. Ngoài ra, trong những năm gần đây, vì các lý do môi trường và sức khỏe, ngày càng có nhiều nhu cầu về việc tránh sử dụng không chỉ Pb mà cả Sb mà có thể cải thiện các đặc tính chu trình nhiệt của các hợp kim hàn trên cơ sở Sn. Do đó, chúng tôi đã nghiên cứu các cách để đạt được các đặc tính mong muốn trong điều kiện không chứa chì và antimon.

Trước tiên, một nghiên cứu đã được thực hiện để ngăn sự rửa trôi Ni trong hợp kim hàn Sn-Ag-Cu. Các tác giả sáng chế đã giả định rằng sự rửa trôi Ni sẽ bị ngăn chặn nếu nhiệt độ của đường pha lỏng tăng mạnh do hàm lượng Ni tăng lên. Nghĩa là, các tác giả sáng chế đã thử thiết kế hợp kim mà giảm thiểu sự rửa trôi Ni ngay cả khi sự rửa trôi Ni này có thể xảy ra trong lớp Ni của kim loại mặt sau. Cụ thể là, mối quan hệ giữa hàm lượng Ni, nhiệt độ mà tại đó nhiệt độ của đường pha lỏng bắt đầu tăng lên, và tốc độ tăng nhiệt độ của đường pha lỏng được nghiên cứu chi tiết để nhiệt độ của đường pha lỏng tăng mạnh ngay cả khi hàm lượng Ni trong thuốc hàn nóng chảy tăng nhẹ. Kết quả là, đã phát hiện rằng trong phạm vi nhất định của hàm lượng Co, nhiệt độ của đường pha lỏng tăng mạnh khi nó bắt đầu tăng lên khi hàm lượng Ni tăng nhẹ. Do đó, các tác giả sáng chế đã tập trung vào tỷ lệ hàm lượng Co và Ni thực tế được yêu cầu để ngăn sự rửa trôi Ni.

Ở đây, các tác giả sáng chế đã tiến hành nghiên cứu không chỉ để ngăn sự rửa trôi Ni trong quá trình liên kết để, mà còn ngăn sự rửa trôi Ni đầy đủ hơn sao cho

sự rửa trôi Ni có thể được ngăn ngay cả khi các mô hàn được tạo thành trên các điện cực Cu có mạ Ni.

Một cách đủ để ngăn sự rửa trôi Ni là để ngăn Sự khuếch tán Ni tại mặt phân cách được liên kết. Để ngăn sự khuếch tán Ni, sự di chuyển của Ni vào trong hợp kim hàn cần được hạn chế. Ở đây, vì $(\text{Cu,Ni})_6\text{Sn}_5$ được tạo thành tại mặt phân cách được liên kết và cấu trúc tinh thể của hợp chất này bị bóp méo, sự di chuyển của Ni trong hợp chất bị ngăn lại và sự di chuyển của Ni vào hợp kim hàn bị hạn chế. Các tác giả sáng chế đã tập trung vào Ge là nguyên tố dễ cô đặc trên bề mặt của hợp kim hàn và hòa tan trong Ni để làm biến dạng cấu trúc tinh thể của hợp chất. Đã phát hiện rằng khi Ge là lượng định trước, thì Ge hòa tan trong Ni trong hợp chất, cấu trúc tinh thể của hợp chất bị bóp méo, và sự khuếch tán Ni bị ngăn lại.

Tiếp theo, để ngăn việc tạo ra các lỗ rỗng tại mặt phân cách được liên kết, các tác giả sáng chế tập trung vào hàm lượng Ge. Ge thường là nguyên tố kết hợp với oxy ở áp suất khí quyển để tạo thành germani oxit. Germani oxit được tạo thành dưới dạng màng oxit cứng và giòn trên bề mặt của thuốc hàn nóng chảy. Tuy nhiên, vì màng oxit này dễ bị phá hủy bởi sự đối lưu của chính thuốc hàn nóng chảy và cũng bởi áp suất bên ngoài được sử dụng cho thuốc hàn nóng chảy tại thời điểm khi chip được bố trí trên thuốc hàn nóng chảy, nên nó không ngăn sự đối lưu của thuốc hàn nóng chảy.

Do đó, hợp kim hàn có chứa Ge giúp không chỉ ngăn sự rửa trôi Ni, mà còn có thể phóng điện các lỗ rỗng được tạo thành ở mặt phân cách được liên kết với bên ngoài. Sau đó, trong hợp kim hàn Sn-Ag-Cu-Ni-Co-Ge, để ngăn sự rửa trôi Ni và việc tạo thành các lỗ rỗng ở mức độ cao hơn, cần trộn Co, Ni, và Ge một cách cân bằng.

Ngoài ra, vì Ag_3Sn được kết tủa ở các biên hạt bằng cách thêm Ag và độ bền của hợp kim hàn được cải thiện, nên cần xem xét sự cân bằng của hàm lượng Ag.

Các tác giả sáng chế đã nghiên cứu chi tiết sự cân bằng tổng thể của tỷ lệ hàm lượng Co và Ni, hàm lượng Ge, và hàm lượng Ag trong hợp kim hàn Sn-Ag-Cu-Ni-Co-Ge. Kết quả là, đã phát hiện rằng hợp kim hàn như vậy thể hiện độ bền kéo

cao và ngăn sự rửa trôi Ni và sự tạo ra lỗ rỗng, và sáng chế đã được hoàn thiện dựa trên phát hiện này.

Ngoài ra, cũng đã phát hiện rằng các đặc tính cơ học tối ưu cho dạng các bi hàn được sử dụng cho BGA có thể thu được bằng cách cố ý thêm vào lượng Bi thích hợp, mà thường được coi là làm giòn hợp kim hàn bằng cách phân tách sự hóa rắn. Ngoài ra, cũng đã phát hiện rằng hợp kim hàn có thể được sử dụng một cách thích hợp làm bi hàn để ngăn chặn sự rửa trôi Ni hơn nữa và có khả năng sử dụng đủ cho các điện cực Cu mền có mạ Ni vì Bi không chỉ làm biến dạng cấu trúc tinh thể của $(\text{Cu,Ni})_6\text{Sn}_5$ mà cả ma trận Sn trong hợp kim hàn bằng cách hòa tan trong Sn và cùng tồn tại với Ge.

Các sáng chế thu được từ các phát hiện này như sau.

(1) hợp kim hàn không chứa chì và antimon có thành phần hợp kim bao gồm, theo % khối lượng, Ag: từ 1,0 đến 4,0%, Cu: từ 0,1 đến 1,0%, Ni: từ 0,005 đến 0,3%, Co: từ 0,003 đến 0,1%, và Ge: từ 0,001 đến 0,015% với phần còn lại là Sn,

trong đó thành phần hợp kim thỏa mãn mỗi quan hệ (1) sau:

$$0,00030 < (\text{Ni/Co}) \times (1/\text{Ag}) \times \text{Ge} < 0,05 \quad (1)$$

trong đó mỗi nguyên tố Ni, Co, Ag, và Ge theo mỗi quan hệ (1) thể hiện hàm lượng (% khối lượng) trong thành phần hợp kim.

(2) hợp kim hàn không chứa chì và antimon có thành phần hợp kim bao gồm, theo % khối lượng, Ag: từ 1,0 đến 4,0%, Cu: từ 0,1 đến 1,0%, từ Ni: 0,005 đến 0,3%, Co: từ 0,005 đến 0,1%, Ge: từ 0,001 đến 0,015%, và Bi: từ 0,1 đến 9,0% với phần còn lại là Sn,

trong đó thành phần hợp kim thỏa mãn mỗi quan hệ sau (1):

$$0,00030 < (\text{Ni/Co}) \times (1/\text{Ag}) \times \text{Ge} < 0,05 \quad (1)$$

trong đó mỗi nguyên tố Ni, Co, Ag, và Ge theo mỗi quan hệ (1) thể hiện hàm lượng (% theo khối lượng) trong thành phần hợp kim.

(3) Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo mục (2) nêu trên, trong đó hàm lượng Bi là từ 1,0 đến 5,0%.

(4) Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo mục (2) nêu trên, trong đó hàm lượng Bi là từ 2,0 đến 4,0%.

(5) Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (4) nêu trên, trong đó thành phần hợp kim còn bao gồm một hoặc nhiều nguyên tố được lựa chọn từ nhóm bao gồm Mn, Pd, Au, Pt, Cr, V, Mo, và Nb mỗi nguyên tố có giới hạn trên là 0,01% theo % khối lượng.

(6) Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (5) nêu trên, trong đó hàm lượng Ag là từ 1,5 đến 3,5%.

(7) Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (5) nêu trên, trong đó hàm lượng Ag là từ 2,0 đến 3,0%.

(8) Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (7) nêu trên, trong đó ΔT , được định nghĩa là sự chênh lệch giữa nhiệt độ của đường pha lỏng và nhiệt độ của đường pha rắn, là 250°C hoặc nhỏ hơn.

(9) Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (7) nêu trên, trong đó ΔT , được định nghĩa là sự chênh lệch giữa nhiệt độ của đường pha lỏng và nhiệt độ của đường pha rắn, là 120°C hoặc nhỏ hơn.

(10) Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (7) nêu trên, trong đó ΔT , được định nghĩa là sự chênh lệch giữa nhiệt độ của đường pha lỏng và nhiệt độ của đường pha rắn, là 100°C hoặc nhỏ hơn.

(11) Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (10) nêu trên,

trong đó thành phần hợp kim thỏa mãn mối quan hệ (2) sau:

$$0,00150 \leq (\text{Ni/Co}) \times (1/\text{Ag}) \times \text{Ge} \leq 0,00833 \quad (2)$$

trong đó mỗi nguyên tố Ni, Co, Ag, và Ge theo mối quan hệ (2) thể hiện hàm lượng (% khối lượng) trong thành phần hợp kim.

(12) Bi hàn bao gồm hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (11) nêu trên.

(13) Bi hàn theo mục (12) nêu trên, có đường kính hạt trung bình là từ 1 đến 1000 μm .

(14) Bi hàn theo mục (12) hoặc (13) nêu trên, có độ cầu 0,95 hoặc hơn.

(15) Bi hàn theo mục (12) hoặc (13) nêu trên, có độ cầu 0,99 hoặc hơn.

(16) Màng lưới bi được tạo thành sử dụng bi hàn theo mục bất kỳ trong số các mục từ (12) đến (15) nêu trên.

(17) Mối hàn bao gồm hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (11) nêu trên.

(18) Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo mục bất kỳ trong số các mục từ (2) đến (4) nêu trên, trong đó thành phần hợp kim còn bao gồm Fe với giới hạn trên 0,01% theo % khối lượng.

(19) Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo mục (18) nêu trên, trong đó hàm lượng Ag là từ 1,5 đến 3,5%.

(20) Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo mục (18) nêu trên, trong đó hàm lượng Ag là từ 2,0 đến 3,0%.

(21) Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo mục bất kỳ trong số các mục từ (18) đến (20) nêu trên, trong đó ΔT , được định nghĩa là sự chênh lệch giữa nhiệt độ của đường pha lỏng và nhiệt độ của đường pha rắn, là 250°C hoặc nhỏ hơn.

(22) Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo mục bất kỳ trong số các mục từ (18) đến (20) nêu trên, trong đó ΔT , được định nghĩa là sự chênh lệch giữa nhiệt độ của đường pha lỏng và nhiệt độ của đường pha rắn, là 120°C hoặc nhỏ hơn.

(23) Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo mục bất kỳ trong số các mục từ (18) đến (20) nêu trên, trong đó ΔT , được định nghĩa là sự chênh lệch giữa

nhệt độ của đường pha lỏng và nhiệt độ của đường pha rắn, là 100°C hoặc nhỏ hơn.

(24) Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo mục bất kỳ trong số các mục từ (18) đến (23) nêu trên,

trong đó thành phần hợp kim thỏa mãn mỗi quan hệ sau (2):

$$0,00150 \leq (\text{Ni/Co}) \times (1/\text{Ag}) \times \text{Ge} \leq 0,00833 \quad (2)$$

trong đó Ni, Co, Ag, và Ge theo mỗi quan hệ (2) mỗi nguyên tố thể hiện hàm lượng (% khối lượng) trong thành phần hợp kim.

(25) Bi hàn bao gồm hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo mục bất kỳ trong số các mục từ (18) đến (24) nêu trên.

(26) Bi hàn theo mục (25) nêu trên, có đường kính hạt trung bình là từ 1 đến 1000 μm .

(27) Bi hàn theo mục (25) hoặc (26) nêu trên, có độ cầu 0,95 hoặc hơn.

(28) Bi hàn theo mục (25) hoặc (26) nêu trên, có độ cầu 0,99 hoặc hơn.

(29) mảng lưới bi được tạo thành sử dụng bi hàn theo mục bất kỳ trong số các mục từ (25) đến (28) nêu trên.

(30) Mỗi hàn bao gồm hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo mục bất kỳ trong số các mục từ (18) đến (24) nêu trên.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế được mô tả chi tiết hơn dưới đây. Trong phần mô tả của sáng chế, "%" liên quan đến thành phần hợp kim hàn đề cập đến "%" theo khối lượng" trừ khi được nêu rõ ràng khác đi.

1. Thành phần hợp kim

(1) Ag: từ 1,0 đến 4,0%

Ag là nguyên tố giúp cải thiện độ bền của hợp kim hàn bằng cách kết tủa Ag_3Sn mịn ở các biên hạt. Nếu hàm lượng Ag nhỏ hơn 1,0%, thì hiệu quả của việc thêm Ag không được thể hiện đầy đủ. Xét về giới hạn dưới, hàm lượng Ag là 1,0%

hoặc hơn, tốt hơn là 1,5% hoặc hơn, và tốt hơn nữa là 2,0% hoặc hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng Ag là quá lớn, Ag_3Sn thô được kết tủa, do đó độ bền bị suy giảm. Xét về giới hạn trên, hàm lượng Ag là 4,0% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 3,5% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 3,0% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 2,8% hoặc nhỏ hơn, đặc biệt tốt hơn là 2,5% hoặc nhỏ hơn, và tốt nhất là 2,4% hoặc nhỏ hơn.

(2) Cu: từ 0,1 đến 1,0%

Cu là nguyên tố mà có thể ngăn sự rửa trôi Cu và tạo khả năng kết tủa nhờ Cu_6Sn_5 . Nếu hàm lượng Cu nhỏ hơn 0,1%, do lượng kết tủa của Cu_6Sn_5 nhỏ và hợp chất SnNi giòn được kết tủa, thì chính hợp kim hàn trở nên giòn. Xét về giới hạn dưới, hàm lượng Cu là 0,1% hoặc hơn, tốt hơn là 0,2% hoặc hơn, tốt hơn nữa là 0,3% hoặc hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,4% hoặc hơn, và đặc biệt tốt hơn là 0,5% hoặc hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng Cu vượt quá 1,0%, thì nhiệt độ của đường pha lỏng của hợp kim hàn cao và hợp kim hàn rất khó để nóng chảy. Xét về giới hạn trên, hàm lượng Cu là 1,0% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 0,9% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,8% hoặc nhỏ hơn, và còn tốt hơn nữa là 0,7% hoặc nhỏ hơn.

(3) Ni: từ 0,005 đến 0,3%

Ni là nguyên tố mà có thể kiểm soát nhiệt độ của đường pha lỏng của hợp kim hàn và ngăn sự rửa trôi Ni tương tự với Cu. Nếu hàm lượng Ni nhỏ hơn 0,005%, thì hiệu quả của việc thêm Ni rất khó thể hiện. Xét về giới hạn dưới, hàm lượng Ni là 0,005% hoặc hơn, tốt hơn là 0,01% hoặc hơn, tốt hơn nữa là 0,02% hoặc hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,03% hoặc hơn, và đặc biệt tốt hơn là 0,04% hoặc hơn, và tốt nhất là 0,05% hoặc hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng Ni vượt quá 0,3%, thì nhiệt độ của đường pha lỏng của hợp kim hàn cao và hợp kim hàn rất khó để nóng chảy. Xét về giới hạn trên, hàm lượng Ni là 0,3% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 0,2% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,09% hoặc nhỏ hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,08% hoặc nhỏ hơn, đặc biệt tốt hơn là 0,07% hoặc nhỏ hơn, và tốt nhất là 0,06% hoặc nhỏ hơn.

(4) Co: từ 0,0030 đến 0,1%

Co là nguyên tố mà kiểm soát nhiệt độ của đường pha lỏng của hợp kim hàn và góp phần tạo nên tính chính xác của cấu trúc của hợp kim hàn. Khi Co cùng tồn tại với sự có mặt của Ni, thì nhiệt độ của đường pha lỏng sẽ tăng lên ngay cả với một lượng nhỏ hàm lượng Ni và sự rửa trôi Ni có thể được ngăn chặn. Nếu hàm lượng Co nhỏ hơn 0,0030%, thì hiệu quả của việc thêm Co rất khó thể hiện. Xét về giới hạn dưới, hàm lượng Co là 0,0030% hoặc hơn, tốt hơn là 0,0050% hoặc hơn, tốt hơn nữa là 0,0070% hoặc hơn, và thậm chí tốt hơn nữa là 0,0080% hoặc hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng Co vượt quá 0,1%, thì nhiệt độ của đường pha lỏng của hợp kim hàn cao và hợp kim hàn rất khó để nóng chảy. Xét về giới hạn trên, hàm lượng Co là 0,1% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 0,09% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,08% hoặc nhỏ hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,05% hoặc nhỏ hơn, vẫn tốt hơn nữa là 0,04% hoặc nhỏ hơn, đặc biệt tốt hơn là 0,03% hoặc nhỏ hơn, tốt nhất là 0,02% hoặc nhỏ hơn, và đặc biệt tốt hơn nữa là 0,01% hoặc nhỏ hơn.

(5) Ge: từ 0,001 đến 0,015%

Ge là nguyên tố có thể hạn chế sự hình thành oxit thiếc mạnh và cải thiện đặc tính thấm ướt, vì nó tạo thành geman oxit cứng và giòn. Khi Ge không được chứa, thì thiếc oxit được tạo thành trên bề mặt của thuốc hàn nóng chảy. Vì thiếc oxit cứng và khó vỡ, nên thuốc hàn nóng chảy được đối lưu bên trong thiếc oxit, sau đó các lỗ rỗng được tạo thành ở mặt phân cách được liên kết rất khó để bị phóng điện ra bên ngoài. Mặt khác, Ge được thêm vào hợp kim hàn phản ứng với O ở áp suất khí quyển để tạo thành màng oxit cứng và giòn trên bề mặt của thuốc hàn nóng chảy. Vì màng oxit này giòn, nên nó dễ bị phá hủy bởi sự đối lưu của chính thuốc hàn nóng chảy hoặc ngoại lực được tác dụng từ chip tại thời điểm khi chip được đặt. Do đó, các lỗ rỗng được tạo thành ở mặt phân cách được liên kết phóng điện ra bên ngoài bằng sự đối lưu của thuốc hàn nóng chảy.

Ngoài ra, Ge là nguyên tố có thể hòa tan trong Ni của $(\text{Cu,Ni})_6\text{Sn}_5$ được tạo thành ở mặt phân cách được liên kết để ngăn sự rửa trôi Ni. Because $(\text{Cu,Ni})_6\text{Sn}_5$ được tạo thành tại mặt phân cách được liên kết, cấu trúc tinh thể của hợp chất này bị bóp méo bởi Ge, nên sự di chuyển của Ni trong hợp chất bị ngăn lại và sự di chuyển của Ni vào hợp kim hàn bị hạn chế. Khi Ge không được chứa, thì cấu trúc

trình thể của $(\text{Cu,Ni})_6\text{Sn}_5$ được duy trì ở trạng thái thẳng hàng, sau đó Ni tại mặt phân cách được liên kết khuếch tán vào hợp kim hàn, và xảy ra hiện tượng rửa trôi Ni.

Khi hàm lượng Ge nhỏ hơn 0,001%, thì thiếc oxit được tạo ra và cấu trúc trình thể của $(\text{Cu,Ni})_6\text{Sn}_5$ không bị biến dạng và rất khó thể hiện hiệu ứng ở trên. Xét về giới hạn dưới, hàm lượng Ge là 0,001% hoặc hơn, tốt hơn là 0,002% hoặc hơn, và tốt hơn nữa là 0,003% hoặc hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng Ge quá lớn, thì nhiệt độ của đường pha lỏng cao và hợp kim hàn rất khó để nóng chảy. Xét về giới hạn trên, hàm lượng Ge là 0,015% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 0,01% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,008% hoặc nhỏ hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,007% hoặc nhỏ hơn, đặc biệt tốt hơn là 0,006% hoặc nhỏ hơn, và tốt nhất là 0,005% hoặc nhỏ hơn.

(6) Bi: từ 0,1 đến 9,0%

Bi có thể là nguyên tố thiết yếu trong hợp kim hàn theo sáng chế vì các đặc tính cơ học tối ưu có thể thu được đối với dạng bi hàn được sử dụng làm BGA bằng cách thêm lượng Bi nhất định. Lượng Bi nhất định cải thiện các đặc tính cơ học bằng cách tăng cường dung dịch rắn. Ngoài ra, độ bền rão và đặc tính thấm ướt có thể được cải thiện. Ngoài ra, vì Bi hòa tan trong Sn, nên cấu trúc trình thể của $(\text{Cu,Ni})_6\text{Sn}_5$ bị bóp méo, và do cùng tồn tại với Ge, nên có thể ngăn chặn hơn nữa sự rửa trôi Ni. Nếu Bi được chứa, xét về giới hạn dưới, hàm lượng Bi là 0,1% hoặc hơn, tốt hơn là 0,5% hoặc hơn, tốt hơn nữa là 1,0% hoặc hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 2,0% hoặc hơn, và đặc biệt tốt hơn là 3,0% hoặc hơn.

Mặt khác, nếu Bi được thêm vào quá mức, thì khả năng chống sụt giảm có thể bị suy giảm. Ngoài ra, vì nhiệt độ của đường pha rắn giảm xuống trong khi nhiệt độ của đường pha lỏng hầu như không thay đổi, nên ΔT được định nghĩa là sự chênh lệch giữa nhiệt độ của đường pha lỏng và nhiệt độ của đường pha rắn trở nên lớn. Nếu ΔT trở nên quá lớn, thì sự phân tách sẽ xảy ra trong quá trình hóa rắn, dẫn đến sự suy giảm các đặc tính cơ học như độ bền cơ học. Do đó, nếu Bi được chứa, thì xét về giới hạn trên, hàm lượng Bi là 9,0% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 6,0% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 5,0% hoặc nhỏ hơn, và thậm chí tốt hơn nữa là 4,0% hoặc nhỏ hơn.

(7) Bao gồm một hoặc nhiều nguyên tố được lựa chọn trong nhóm bao gồm Mn, Pd, Au, Pt, Cr, Fe, V, Mo, và Nb mỗi nguyên tố có giới hạn trên là 0,01%

Hợp kim hàn theo sáng chế có thể bao gồm một hoặc nhiều nguyên tố được lựa chọn từ Mn, Pd, Au, Pt, Cr, Fe, V, Mo, và Nb, mỗi nguyên tố có giới hạn trên là 0,01% là nguyên tố tùy chọn. Các nguyên tố này có thể cải thiện các đặc tính cơ học.

(8) Lượng còn lại: Sn

Lượng còn lại của hợp kim hàn theo sáng chế là Sn. Ngoài các nguyên tố được đề cập ở trên, có thể chứa các tạp chất không tránh được. Ngay cả nếu có chứa các tạp chất không tránh được, thì nó không ảnh hưởng đến các hiệu ứng đã đề cập ở trên. Các ví dụ cụ thể của các tạp chất không tránh được bao gồm As và Cd. Ngoài ra, mặc dù sáng chế không chứa chì và antimon, nhưng nó không loại trừ việc bao gồm Pb và Sb là các tạp chất không tránh được. Nếu In được chứa, thì đặc tính thấm ướt suy giảm, và tốt hơn là không chứa nó. Ngoài ra, Mn không cần phải được chứa vì nó bị oxy hóa trong quá trình tạo ra hợp kim hàn và rất khó để tạo ra hợp kim hàn.

(9) Các mối quan hệ (1) và (2)

Sáng chế thỏa mãn mỗi quan hệ (1) sau:

$$0,00030 < (\text{Ni/Co}) \times (1/\text{Ag}) \times \text{Ge} < 0,05 \quad (1)$$

Theo mỗi quan hệ (1) nêu trên, mỗi nguyên tố Ni, Co, Ag, và Ge thể hiện hàm lượng (% khối lượng) trong thành phần hợp kim.

Hợp kim hàn theo sáng chế có thể thể hiện độ bền kéo cao và ngăn sự rửa trôi Ni và các lỗ rỗng vì sự cân bằng của hàm lượng Ni, Co, Ag, và Ge được tối ưu hóa bằng cách thỏa mãn mỗi quan hệ (1).

Đối với hợp kim hàn Sn-Ag-Cu-Ni-Co-Ge và hợp kim hàn Sn-Ag-Cu-Ni-Co-Ge-Bi theo sáng chế, sự cân bằng giữa các hàm lượng Ni, Co, Ag, và Ge cần được xem xét để đạt được độ bền kéo cao và ngăn sự rửa trôi Ni và việc tạo thành các lỗ rỗng một cách đồng thời.

Cụ thể hơn là, liên quan đến sự rửa trôi Ni, sự tách rửa Ni từ lớp Ni có thể được ngăn chặn nếu nhiệt độ của đường pha lỏng tăng mạnh ngay cả khi hàm lượng Ni trong thuốc hàn nóng chảy tăng nhẹ. Nếu Co và Ni cùng tồn tại, thì nhiệt độ của đường pha lỏng tăng mạnh khi hàm lượng Ni tăng nhẹ. Bằng cách sử dụng hiện tượng này, có thể giảm thiểu sự rửa trôi Ni ngay cả khi xảy ra sự tách rửa nhẹ Ni từ lớp Ni vào thuốc hàn nóng chảy. Do đó, từ quan điểm kiểm soát nhiệt độ của đường pha lỏng, tỷ lệ hàm lượng của cả hai cần phải được xác định chi tiết trong hợp kim hàn theo sáng chế.

Đối với các lỗ rỗng, khả năng phóng điện qua lỗ rỗng do đối lưu thuốc hàn nóng chảy cần được thể hiện bằng cách chú ý đến các đặc tính của màng oxit được tạo thành trên bề mặt của thuốc hàn nóng chảy. Để duy trì chức năng phóng điện qua lỗ rỗng này, có thể tưởng tượng được để ngăn oxit thiếc mạnh được tạo thành trên bề mặt của thuốc hàn nóng chảy. Tuy nhiên, vì quá trình hàn thông thường được thực hiện trong môi trường khí quyển, nên rất khó để ngăn sự hình thành của màng oxit. Trong hợp kim hàn có chứa Sn là thành phần chính, màng oxit thiếc mạnh được tạo thành trên bề mặt của thuốc hàn nóng chảy trong quá trình nóng chảy, và ngay cả khi xảy ra đối lưu thuốc hàn nóng chảy, thì màng thiếc oxit hạn chế sự phóng điện của các lỗ rỗng được tạo thành ở mặt phân cách được liên kết. Ngược lại, trong hợp kim hàn có chứa Ge, mặc dù màng germani oxit được tạo thành trên bề mặt của thuốc hàn nóng chảy, nhưng màng germani oxit này bị vỡ do chính sự đối lưu của thuốc hàn nóng chảy vì nó mỏng, giòn và cứng. Do đó, khả năng phóng điện qua lỗ rỗng do đối lưu thuốc hàn nóng chảy được duy trì. Kết quả là, việc tạo thành các lỗ rỗng bị ngăn lại.

Ngoài ra, Ge hòa tan trong Ni của $(\text{Cu,Ni})_6\text{Sn}_5$ được tạo thành ở mặt phân cách được liên kết, sự di chuyển của Ni trong hợp chất này bị ngăn lại và sự di chuyển của Ni vào hợp kim hàn bị hạn chế. Kết quả là, sự rửa trôi Ni cũng bị ngăn lại.

Ngoài ra, cần cải thiện độ bền của hợp kim hàn theo sáng chế. Sự hình thành Ag_3Sn bằng cách thêm Ag cải thiện độ bền của hợp kim hàn, và đồng thời, độ nhỏ của cấu trúc hợp kim bằng Co cải thiện độ bền của hợp kim hàn. Nếu một trong số

chúng quá nhiều, thì nhiệt độ của đường pha lỏng tăng lên, ví dụ, nó không nóng chảy ở khoảng 240°C, do đó mỗi hàn không thể được tạo thành. Nếu một trong số chúng quá ít, thì độ bền của hợp kim hàn có thể không đạt được. Ngoài ra, lượng Ag_3Sn kết tủa trong hợp kim hàn theo sáng chế tùy thuộc vào việc liệu hàm lượng Ag có nằm trong phạm vi được mô tả ở trên hay không, và có thể còn phụ thuộc trực tiếp hoặc gián tiếp vào sự cân bằng của các nguyên tố này do các đặc tính của hợp kim. Ngoài ra, cần lưu ý rằng, đối hợp kim hàn theo sáng chế, không cần xem xét Cu theo mối quan hệ (1), vì việc tăng cường kết tủa bởi Cu_6Sn_5 không đóng góp nhiều bằng việc cải thiện độ bền nhờ Ag_3Sn .

Do đó, hợp kim hàn theo sáng chế cần thỏa mãn mối quan hệ (1) để đạt được cả ba yếu tố, tức là độ bền kéo cao, ngăn sự rửa trôi Ni, và ngăn sự tạo ra lỗ rỗng. Ngoài hợp kim hàn Sn-Ag-Cu-Ni-Co-Ge, ngay cả nếu hợp kim hàn là hợp kim hàn Sn-Ag-Cu-Ni-Co-Ge-Bi, thì ít nhất một trong số các hiệu ứng nêu trên có thể không đạt được miễn là mối quan hệ (1) không được thỏa mãn.

Xét về giới hạn dưới, mối quan hệ (1) lớn hơn 0,00030, tốt hơn là 0,00042 hoặc hơn, 0,00063 hoặc hơn, 0,00074 hoặc hơn, 0,00150 hoặc hơn, 0,00167 hoặc hơn, 0,00208 hoặc hơn, 0,00250 hoặc hơn.

Mặt khác, xét về giới hạn trên, mối quan hệ (1) nhỏ hơn 0,05, và tốt hơn là 0,01667 hoặc nhỏ hơn, 0,01500 hoặc nhỏ hơn, 0,01333 hoặc nhỏ hơn, 0,01167 hoặc nhỏ hơn, 0,01042 hoặc nhỏ hơn, 0,01000 hoặc nhỏ hơn, 0,00833 hoặc nhỏ hơn, 0,00667 hoặc nhỏ hơn, 0,0050 hoặc nhỏ hơn, 0,00389 hoặc nhỏ hơn, 0,00333 hoặc nhỏ hơn, 0,00292 hoặc nhỏ hơn.

Để thể hiện đầy đủ hơn ảnh hưởng của mối quan hệ (1), thì mối quan hệ (1) tốt hơn là mối quan hệ (2) sau:

$$0,00150 \leq (\text{Ni}/\text{Co}) \times (1/\text{Ag}) \times \text{Ge} \leq 0,00833 \quad (2)$$

Theo mối quan hệ (2) nêu trên, mỗi nguyên tố Ni, Ge, Ag, và Co thể hiện hàm lượng (% khối lượng) trong thành phần hợp kim.

(10) Nhiệt độ của đường pha lỏng, nhiệt độ của đường pha rắn, và ΔT của hợp kim hàn

Hợp kim hàn theo sáng chế được ưu tiên hơn vì việc giảm độ chảy của thuốc hàn nóng chảy bị ngăn lại do trạng thái kết tủa khác của pha rắn mặc dù hợp kim hàn có nhiệt độ của đường pha lỏng cao hơn so với hợp kim hàn Sn-Ag-Cu, do đó các lỗ rỗng có thể được phóng điện ra bên ngoài do đối lưu thuốc hàn nóng chảy. Nhiệt độ của đường pha lỏng theo sáng chế tốt hơn nếu là 350°C hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa nếu là 290°C hoặc nhỏ hơn, thậm chí tốt hơn nữa nếu là 270°C hoặc nhỏ hơn, đặc biệt tốt hơn nếu là 250°C hoặc nhỏ hơn, và tốt nhất là 240°C hoặc nhỏ hơn. Nhiệt độ của đường pha lỏng tốt hơn nếu là 240°C hoặc nhỏ hơn, vì quá trình hàn có thể được thực hiện ở nhiệt độ gia nhiệt vào khoảng 240°C tương tự với nhiệt độ gia nhiệt của hợp kim hàn Sn-Ag-Cu mà thường được sử dụng rộng rãi.

Nhiệt độ của đường pha rắn của hợp kim hàn theo sáng chế không bị giới hạn cụ thể, nhưng nhiệt độ của đường pha rắn có thể ít nhất là 150°C hoặc hơn để ΔT , được định nghĩa là nhiệt độ chênh lệch giữa nhiệt độ của đường pha lỏng và nhiệt độ của đường pha rắn, không trở nên quá lớn.

Ngoài ra, tốt hơn là ΔT nằm trong phạm vi nhất định vì vùng cùng tồn tại pha rắn-lỏng hẹp, và ví dụ, sự phân tách của cấu trúc hợp kim trong quá trình hóa rắn có thể được ngăn chặn. Phạm vi của ΔT tốt hơn là 250°C hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 120°C hoặc nhỏ hơn, và thậm chí tốt hơn nữa là 100°C hoặc nhỏ hơn.

3. Bi hàn

Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo sáng chế là thích hợp nhất cho dạng của các bi hàn được sử dụng cho BGA bằng cách thêm lượng Bi thích hợp. Độ cầu của bi hàn tốt hơn là 0,90 hoặc hơn, tốt hơn nữa là 0,95 hoặc hơn, và tốt nhất là 0,99 hoặc hơn. Độ cầu được xác định bằng nhiều phương pháp khác nhau như phương pháp đường tròn bình phương tối thiểu (phương pháp LSC), phương pháp đường tròn vùng tối thiểu (phương pháp MZC), phương pháp đường tròn nội tiếp tối đa (phương pháp MIC), và phương pháp đường tròn ngoại tiếp tối thiểu (phương pháp MCC). Theo sáng chế, độ cầu của bi hàn được đo sử dụng hệ thống đo hình ảnh CNC (Ultra Quick Vision ULTRA QV350-PRO thiết bị đo được sản xuất bởi Mitutoyo Co., Ltd.) sử dụng phương pháp đường tròn vùng tối thiểu

(phương pháp MZC). Theo sáng chế, độ cầu thể hiện độ lệch so với hình cầu thực, và ví dụ, độ cầu là giá trị trung bình số học được tính toán khi đường kính của mỗi trong số 500 bi được chia bởi trục chính. Giá trị của độ cầu càng gần với giới hạn trên 1,00, thì càng gần với hình cầu thật.

Các bi hàn theo sáng chế được sử dụng để tạo thành các mô trên các điện cực và các chất nền các khối tích hợp như BGA (mảng lưới bi). Đường kính của bi hàn theo sáng chế tốt hơn là trong phạm vi từ 1 đến 1000 μm , tốt hơn nữa là từ 50 đến 300 μm . Bi hàn có thể được sản xuất bằng phương pháp sản xuất bi hàn chung. Đường kính theo sáng chế có nghĩa là đường kính được đo bởi thiết bị đo Ultra Quick Vision ULTRA QV350-PRO được sản xuất bởi Mitutoyo Co., Ltd.

4. Mỗi hàn vảy

Mỗi hàn theo sáng chế phù hợp để kết nối giữa chip IC cho gói bán dẫn và chất nền của nó (vật xen giữa), hoặc để kết nối giữa gói bán dẫn và bảng mạch in. Ở đây, thuật ngữ “mỗi hàn” được định nghĩa là chi tiết kết nối giữa chip IC và chất nền, và chi tiết kết nối bao gồm kết nối với điện cực hoặc chi tiết kết nối giữa đế bán dẫn và chất nền.

5. Khác

Phương pháp liên kết sử dụng hợp kim hàn theo sáng chế có thể được thực hiện theo phương pháp thông thường như sử dụng phương pháp hồi lưu. Nhiệt độ nung có thể được điều chỉnh thích hợp tùy thuộc vào khả năng chịu nhiệt của chip hoặc nhiệt độ của đường pha lỏng của hợp kim hàn. Tốt hơn là khoảng 240°C là nhiệt độ nung theo quan điểm ngăn hư hại nhiệt cho chip. Nhiệt độ nóng chảy của hợp kim hàn để thực hiện hàn theo dòng có thể cao hơn nhiệt độ của đường pha lỏng khoảng 20°C. Trong trường hợp mà liên kết đã được tiến hành bằng cách sử dụng hợp kim hàn theo sáng chế, thì cấu trúc này có thể được làm nhỏ hơn nữa bằng cách xem xét tốc độ làm nguội trong quá trình hóa rắn. Ví dụ, mỗi hàn được làm nguội ở tốc độ làm nguội từ 2 đến 3°C/s hoặc cao hơn. Các điều kiện liên kết khác có thể được điều khiển thích hợp tùy thuộc vào thành phần hợp kim của hợp kim hàn.

Hợp kim hàn theo sáng chế cho phép sản xuất hợp kim tia α thấp bằng cách sử dụng vật liệu tia α thấp làm vật liệu thô của nó. Khi vật liệu tia α thấp này được sử dụng để tạo thành các mô hàn ở ngoại vi của bộ nhớ, thì có thể ngăn chặn các lỗi mềm.

Các ví dụ

Đối với các hợp kim hàn được tạo thành từ các thành phần hợp kim như được thể hiện trên các bảng từ 1 đến 9, ΔT thu được từ nhiệt độ đường chất lỏng và nhiệt độ đường chất rắn, sự rửa trôi Ni, và sự có mặt hoặc không có mặt của các lỗ rỗng được đánh giá như sau. Độ bền kéo cũng được đánh giá.

(1) ΔT (K)

Mỗi hợp kim hàn như được thể hiện trên các bảng từ 1 đến 9 đã được chuẩn bị, và nhiệt độ nóng chảy của thuốc hàn được đo. Phép đo nhiệt độ của đường pha rắn được thực hiện theo tiêu chuẩn Z3198-1. Nhiệt độ của đường pha lỏng được đo, thay vì tiêu chuẩn JIS Z3198-1, bằng phương pháp với DSC tương tự với phương pháp đo nhiệt độ của đường pha rắn theo tiêu chuẩn Z3198-1. ΔT (K), là hiệu số giữa nhiệt độ của đường pha lỏng và nhiệt độ của đường pha rắn đo được, được xác định. Khi ΔT (K) nhỏ hơn 100K, thì nó được đánh giá là “S”, khi nó từ 100 đến 120K, thì nó được đánh giá là “A”, khi nó trên 120K và nhỏ hơn hoặc bằng 250K, thì nó được đánh giá là “B” và khi nó lớn hơn 250K, thì nó được đánh giá là “D”.

(2) Sự rửa trôi Ni

Phôi tạo hình trước có độ dày 250 μm và được làm từ thành phần hợp kim như được thể hiện trên các bảng từ 1 đến 9 được gắn trên khung dẫn điện Cu. Sau đó, chip IC có kim loại mặt sau trên phía bề mặt được liên kết chất nền của chip silicon có kích thước 5 mm $\times$ 5 mm $\times$ 200 μm^t đã được gắn trên hợp kim hàn. Kim loại mặt sau thu được bằng cách xếp liên tiếp lớp Ti 0,05 μm làm lớp chắn, và lớp Ni 0,20 μm . Việc gắn được thực hiện theo hướng sao cho trong chip IC có kim loại mặt sau, lớp Ni tiếp xúc với hợp kim hàn. Chất nền với hợp kim hàn và chip IC

được gắn trên đó được gia nhiệt trong lò nung hồi lưu sao cho nhiệt độ đỉnh là 240°C, sau đó, liên kết để được thực hiện.

Sau đó, mặt cắt ngang của khung dẫn điện thu được được phóng to lên theo hệ số 30000 trên màn hình SEM, và giá trị trung bình của độ dày màng của lớp Ni được tính toán từ mười vị trí tùy ý. Khi giá trị trung bình của độ dày màng bằng 40% hoặc hơn so với độ dày màng ban đầu, thì nó được đánh giá là “A”, khi giá trị trung bình của độ dày màng bằng 20% hoặc hơn, thì nó được đánh giá là “B”, và khi giá trị trung bình của độ dày màng nhỏ hơn 10%, thì nó được đánh giá là “D”.

(3) Lỗ rỗng

Đối với mặt cắt ngang của khung dẫn điện được chuẩn bị trong mục (2) nêu trên, ảnh chụp tia X mặt cắt ngang được liên kết hàn được chụp sử dụng thiết bị chụp ảnh tia X. Sau đó, tỷ lệ diện tích của các lỗ rỗng được tạo thành ở mặt phân cách mỗi hàn được tính toán. Khi giá trị trung bình của tỷ lệ diện tích lỗ trống là 10% hoặc nhỏ hơn, thì nó được đánh giá là tốt (B), khi giá trị trung bình của tỷ lệ diện tích lỗ trống trên 10% và nhỏ hơn hoặc bằng 25%, thì nó được đánh giá là tương đối kém (C), và khi giá trị trung bình của tỷ lệ diện tích lỗ trống trên 25%, thì nó được đánh giá là kém (D).

Bảng 1

	Thành phần hợp kim (% khối lượng)						Mối quan hệ (1)	ΔT (K)	Sự rửa trôi Ni	Lỗ rỗng
	Sn	Ag	Cu	Ni	Co	Ge				
Ex. 1	Phần còn lại	3,0	0,4	0,01	0,01	0,005	0,00167	S	B	B
Ex. 2	Phần còn lại	3,0	0,4	0,03	0,01	0,005	0,00500	S	B	B
Ex. 3	Phần còn lại	3,0	0,5	0,04	0,01	0,005	0,00667	S	B	B
Ex. 4	Phần còn lại	2,4	0,4	0,05	0,01	0,005	0,01042	S	B	B
Ex. 5	Phần còn lại	3,0	0,4	0,06	0,01	0,005	0,01000	S	B	B
Ex. 6	Phần còn lại	3,0	0,5	0,08	0,01	0,005	0,01333	S	B	B
Ex. 7	Phần còn lại	3,0	0,5	0,01	0,04	0,005	0,00042	S	B	B
Ex. 8	Phần còn lại	3,0	0,5	0,02	0,04	0,005	0,00083	S	B	B
Ex. 9	Phần còn lại	3,0	0,4	0,03	0,02	0,005	0,00250	S	B	B
Ex. 10	Phần còn lại	3,0	0,5	0,03	0,02	0,003	0,00150	S	B	B
Ex. 11	Phần còn lại	3,0	0,5	0,04	0,01	0,003	0,00400	S	B	B
Ex. 12	Phần còn lại	3,0	0,5	0,05	0,01	0,003	0,00500	S	B	B
Ex. 13	Phần còn lại	3,0	0,5	0,04	0,02	0,005	0,00333	S	B	B
Ex. 14	Phần còn lại	3,0	0,4	0,05	0,02	0,005	0,00417	S	B	B
Ex. 15	Phần còn lại	3,0	0,5	0,07	0,03	0,005	0,00389	S	B	B
Ex. 16	Phần còn lại	2,8	0,5	0,07	0,03	0,005	0,00417	S	B	B
Ex. 17	Phần còn lại	3,0	0,4	0,03	0,08	0,005	0,00063	S	B	B
Ex. 18	Phần còn lại	3,0	0,4	0,04	0,09	0,005	0,00074	S	B	B
Ex. 19	Phần còn lại	3,0	0,5	0,05	0,05	0,005	0,00167	A	B	B
Ex. 20	Phần còn lại	3,0	0,7	0,03	0,01	0,005	0,00500	S	B	B
Ex. 21	Phần còn lại	3,0	0,7	0,05	0,01	0,005	0,00833	S	B	B
Ex. 22	Phần còn lại	3,0	0,7	0,09	0,01	0,005	0,01500	S	B	B

Ex. 23	Phần còn lại	3,0	0,7	0,03	0,03	0,005	0,00167	S	B	B
Ex. 24	Phần còn lại	3,0	0,7	0,05	0,04	0,005	0,00208	S	B	B
Ex. 25	Phần còn lại	3,0	0,7	0,07	0,03	0,005	0,00389	S	B	B
Ex. 26	Phần còn lại	1,0	0,7	0,07	0,03	0,005	0,01167	S	B	B
Ex. 27	Phần còn lại	3,0	0,1	0,07	0,03	0,005	0,00389	A	B	B

Bảng 1-tiếp tục

	Thành phần hợp kim (% khối lượng)						Mối quan hệ (1)	ΔT (K)	Sự rửa trôi Ni	Lỗ rỗng
	Sn	Ag	Cu	Ni	Co	Ge				
Ex. 28	Phần còn lại	4,0	0,5	0,07	0,03	0,005	0,00292	A	B	B
Ex. 29	Phần còn lại	3,0	0,5	0,05	0,005	0,005	0,01667	S	B	B
Ex. 30	Phần còn lại	3,0	0,4	0,01	0,01	0,015	0,00500	S	B	B
Ex. 31	Phần còn lại	3,0	1,0	0,04	0,01	0,003	0,00400	S	B	B
Comp. Ex. 1	Phần còn lại	1,0	0,5	0,05	0,01	0,015	<u>0,07500</u>	S	B	D
Comp. Ex. 2	Phần còn lại	3,0	0,5	0,005	0,01	0,001	<u>0,00017</u>	S	D	B
Comp. Ex. 3	Phần còn lại	3,0	0,5	0,05	<u>0,2</u>	0,003	0,00025	D	-	-
Comp. Ex. 4	Phần còn lại	<u>0,1</u>	0,5	0,01	0,02	0,003	0,01500	S	B	B
Comp. Ex. 5	Phần còn lại	<u>5,0</u>	0,5	0,03	0,02	0,003	0,00090	S	B	B
Comp. Ex. 6	Phần còn lại	3,0	0,5	<u>0,001</u>	0,02	0,015	0,00025	S	D	B
Comp. Ex. 7	Phần còn lại	3,0	0,5	<u>1,0</u>	0,1	0,003	0,01000	D	-	-

Ex = Ví dụ

Comp. Ex. = Ví dụ so sánh

Đường gạch chân cho thấy nó không nằm trong phạm vi của sáng chế.

Bảng 2

	Thành phần hợp kim (% khối lượng)							Mối quan hệ (1)	ΔT (K)	Sự rửa trôi Ni	Lỗ rỗng
	Sn	Ag	Cu	Ni	Co	Ge	Bi				
Ex. 32	Phần còn lại	3,0	0,4	0,01	0,01	0,005	0,1	0,00167	S	B	B
Ex. 33	Phần còn lại	3,0	0,4	0,03	0,01	0,005	0,1	0,00500	S	B	B
Ex. 34	Phần còn lại	3,0	0,5	0,04	0,01	0,005	0,1	0,00667	S	B	B
Ex. 35	Phần còn lại	3,0	0,4	0,05	0,01	0,005	0,1	0,00833	S	B	B
Ex. 36	Phần còn lại	3,0	0,5	0,08	0,01	0,005	0,1	0,01333	S	B	B
Ex. 37	Phần còn lại	3,0	0,5	0,01	0,04	0,005	0,1	0,00042	S	B	B
Ex. 38	Phần còn lại	3,0	0,4	0,03	0,02	0,005	0,1	0,00250	S	B	B
Ex. 39	Phần còn lại	3,0	0,5	0,03	0,02	0,003	0,1	0,00150	S	B	B
Ex. 40	Phần còn lại	3,0	0,5	0,05	0,01	0,003	0,1	0,00500	S	B	B

Bảng 2-tiếp tục

	Thành phần hợp kim (% khối lượng)							Mối quan hệ (1)	ΔT (K)	Ni	Lỗ rỗng
	Sn	Ag	Cu	Ni	Co	Ge	Bi				
Ex. 41	Phần còn lại	3,0	0,5	0,04	0,02	0,005	0,1	0,00333	S	B	B
Ex. 42	Phần còn lại	3,0	0,4	0,05	0,02	0,005	0,1	0,00417	S	B	B
Ex. 43	Phần còn lại	3,0	0,5	0,07	0,03	0,005	0,1	0,00389	S	B	B
Ex. 44	Phần còn lại	3,0	0,4	0,04	0,09	0,005	0,1	0,00074	S	B	B
Ex. 45	Phần còn lại	3,0	0,5	0,05	0,05	0,005	0,1	0,00167	A	B	B
Ex. 46	Phần còn lại	3,0	0,7	0,03	0,01	0,005	0,1	0,00500	S	B	B
Ex. 47	Phần còn lại	3,0	0,7	0,09	0,01	0,005	0,1	0,01500	S	B	B
Ex. 48	Phần còn lại	3,0	0,7	0,03	0,03	0,005	0,1	0,00167	S	B	B
Ex. 49	Phần còn lại	3,0	0,7	0,05	0,04	0,005	0,1	0,00208	S	B	B
Ex. 50	Phần còn lại	3,0	0,7	0,07	0,03	0,005	0,1	0,00389	S	B	B
Ex. 51	Phần còn lại	1,0	0,7	0,07	0,03	0,005	0,1	0,01167	A	B	B
Ex. 52	Phần còn lại	3,0	0,1	0,07	0,03	0,005	0,1	0,00389	A	B	B
Ex. 53	Phần còn lại	4,0	0,5	0,07	0,03	0,005	0,1	0,00292	A	B	B
Ex. 54	Phần còn lại	3,0	0,5	0,05	0,005	0,005	0,1	0,01667	S	B	B
Ex. 55	Phần còn lại	3,0	0,4	0,01	0,01	0,015	0,1	0,00500	S	B	B
Ex. 56	Phần còn lại	3,0	1,0	0,04	0,01	0,003	0,1	0,00400	S	B	B
Comp. Ex. 8	Phần còn lại	1,0	0,5	0,05	0,01	0,015	0,1	<u>0,07500</u>	S	B	D
Comp. Ex. 9	Phần còn lại	3,0	0,5	0,005	0,01	0,001	0,1	<u>0,00017</u>	S	D	B
Comp. Ex. 10	Phần còn lại	3,0	0,5	0,05	<u>0,2</u>	0,003	0,1	0,00025	D	-	-
Comp. Ex. 11	Phần còn lại	<u>0,1</u>	0,5	0,01	0,02	0,003	0,1	0,01500	S	B	B
Comp. Ex. 12	Phần còn lại	<u>5,0</u>	0,5	0,03	0,02	0,003	0,1	0,00090	S	B	B

Comp. Ex. 13	Phần còn lại	3,0	0,5	<u>0,001</u>	0,02	0,015	0,1	0,00025	S	D	B
Comp. Ex. 14	Phần còn lại	3,0	0,5	<u>1,0</u>	0,1	0,003	0,1	0,01000	D	-	-

Ex = Ví dụ

Comp. Ex. = Ví dụ so sánh

Đường gạch chân cho thấy nó không nằm trong phạm vi của sáng chế.

Bảng 3

	Thành phần hợp kim (% khối lượng)							Mối quan hệ (1)	ΔT (K)	Sự rửa trôi Ni	Lỗ rỗng
	Sn	Ag	Cu	Ni	Co	Ge	Bi				
Ex. 57	Phần còn lại	3,0	0,4	0,01	0,01	0,005	0,5	0,00167	S	B	B
Ex. 58	Phần còn lại	3,0	0,5	0,04	0,01	0,005	0,5	0,00667	S	B	B
Ex. 59	Phần còn lại	3,0	0,4	0,06	0,01	0,005	0,5	0,01000	S	B	B
Ex. 60	Phần còn lại	3,0	0,5	0,01	0,04	0,005	0,5	0,00042	S	B	B
Ex. 61	Phần còn lại	3,0	0,4	0,03	0,02	0,005	0,5	0,00250	S	B	B
Ex. 62	Phần còn lại	3,0	0,5	0,04	0,01	0,003	0,5	0,00400	S	B	B
Ex. 63	Phần còn lại	3,0	0,5	0,04	0,02	0,005	0,5	0,00333	S	B	B
Ex. 64	Phần còn lại	3,0	0,5	0,07	0,03	0,005	0,5	0,00389	S	B	B
Ex. 65	Phần còn lại	3,0	0,4	0,03	0,08	0,005	0,5	0,00063	S	B	B
Ex. 66	Phần còn lại	3,0	0,5	0,05	0,05	0,005	0,5	0,00167	A	B	B
Ex. 67	Phần còn lại	3,0	0,7	0,05	0,01	0,005	0,5	0,00833	S	B	B
Ex. 68	Phần còn lại	3,0	0,7	0,03	0,03	0,005	0,5	0,00167	S	B	B
Ex. 69	Phần còn lại	3,0	0,7	0,07	0,03	0,005	0,5	0,00389	S	B	B
Ex. 70	Phần còn lại	3,0	0,1	0,07	0,03	0,005	0,5	0,00389	A	B	B
Ex. 71	Phần còn lại	3,0	0,5	0,05	0,005	0,005	0,5	0,01667	S	B	B
Ex. 72	Phần còn lại	3,0	1,0	0,04	0,01	0,003	0,5	0,00400	S	B	B

Ex = Ví dụ

Comp. Ex. = Ví dụ so sánh

Đường gạch chân cho thấy nó không nằm trong phạm vi của sáng chế.

Bảng 4

	Thành phần hợp kim (% khối lượng)							Mối quan hệ (1)	ΔT (K)	Sự rửa trôi Ni	Lỗ rỗng
	Sn	Ag	Cu	Ni	Co	Ge	Bi				
Ex. 73	Phần còn lại	3,0	0,4	0,03	0,01	0,005	1,0	0,00500	S	B	B
Ex. 74	Phần còn lại	3,0	0,4	0,05	0,01	0,005	1,0	0,00833	S	B	B
Ex. 75	Phần còn lại	3,0	0,5	0,08	0,01	0,005	1,0	0,01333	S	B	B
Ex. 76	Phần còn lại	3,0	0,5	0,02	0,04	0,005	1,0	0,00083	S	B	B
Ex. 77	Phần còn lại	3,0	0,5	0,03	0,02	0,003	1,0	0,00150	S	B	B
Ex. 78	Phần còn lại	3,0	0,5	0,05	0,01	0,003	1,0	0,00500	S	B	B
Ex. 79	Phần còn lại	3,0	0,4	0,05	0,02	0,005	1,0	0,00417	S	B	B
Ex. 80	Phần còn lại	3,0	0,5	0,07	0,03	0,005	1,0	0,00389	S	B	B
Ex. 81	Phần còn lại	3,0	0,4	0,04	0,09	0,005	1,0	0,00074	S	B	B
Ex. 82	Phần còn lại	3,0	0,7	0,03	0,01	0,005	1,0	0,00500	S	B	B
Ex. 83	Phần còn lại	3,0	0,7	0,09	0,01	0,005	1,0	0,01500	S	B	B
Ex. 84	Phần còn lại	3,0	0,7	0,05	0,04	0,006	1,0	0,00250	S	B	B
Ex. 85	Phần còn lại	1,0	0,7	0,07	0,03	0,005	1,0	0,01167	A	B	B
Ex. 86	Phần còn lại	4,0	0,5	0,07	0,03	0,005	1,0	0,00292	A	B	B
Ex. 87	Phần còn lại	3,0	0,4	0,01	0,01	0,015	1,0	0,00500	S	B	B

Ex = Ví dụ

Comp. Ex. = Ví dụ so sánh

Đường gạch chân cho thấy nó không nằm trong phạm vi của sáng chế.

Bảng 5

	Thành phần hợp kim (% khối lượng)							Mối quan hệ (1)	ΔT (K)	Sự rửa trôi Ni	Lỗ rỗng
	Sn	Ag	Cu	Ni	Co	Ge	Bi				
Ex. 88	Phần còn lại	3,0	0,4	0,01	0,01	0,005	2,0	0,00167	S	B	B
Ex. 89	Phần còn lại	3,0	0,4	0,03	0,01	0,005	2,0	0,00500	S	B	B
Ex. 90	Phần còn lại	3,0	0,4	0,05	0,01	0,005	2,0	0,00833	S	B	B
Ex. 91	Phần còn lại	3,0	0,4	0,06	0,01	0,005	2,0	0,01000	S	B	B
Ex. 92	Phần còn lại	2,5	0,8	0,08	0,008	0,008	2,0	0,03200	S	B	B
Ex. 93	Phần còn lại	3,0	0,5	0,01	0,04	0,005	2,0	0,00042	S	B	B
Ex. 94	Phần còn lại	3,0	0,5	0,02	0,04	0,005	2,0	0,00083	S	B	B
Ex. 95	Phần còn lại	3,0	0,5	0,03	0,02	0,003	2,0	0,00150	S	B	B
Ex. 96	Phần còn lại	3,0	0,5	0,04	0,01	0,003	2,0	0,00400	S	B	B
Ex. 97	Phần còn lại	3,0	0,5	0,04	0,02	0,005	2,0	0,00333	S	B	B
Ex. 98	Phần còn lại	3,0	0,4	0,05	0,02	0,005	2,0	0,00417	S	B	B
Ex. 99	Phần còn lại	3,0	0,5	0,07	0,03	0,005	2,0	0,00389	S	B	B
Ex. 100	Phần còn lại	3,0	0,4	0,03	0,08	0,005	2,0	0,00063	S	B	B
Ex. 101	Phần còn lại	3,0	0,5	0,05	0,05	0,005	2,0	0,00167	B	B	B
Ex. 102	Phần còn lại	3,0	0,7	0,03	0,01	0,005	2,0	0,00500	S	B	B
Ex. 103	Phần còn lại	3,0	0,7	0,09	0,01	0,005	2,0	0,01500	S	B	B
Ex. 104	Phần còn lại	3,0	0,7	0,03	0,03	0,005	2,0	0,00167	S	B	B
Ex. 105	Phần còn lại	3,0	0,7	0,07	0,03	0,005	2,0	0,00389	A	B	B
Ex. 106	Phần còn lại	1,0	0,7	0,07	0,03	0,005	2,0	0,01167	A	B	B
Ex. 107	Phần còn lại	4,0	0,5	0,07	0,03	0,005	2,0	0,00292	A	B	B
Ex. 108	Phần còn lại	3,0	0,5	0,05	0,005	0,005	2,0	0,01667	S	B	B

Ex. 109	Phần còn lại	3,0	1,0	0,04	0,01	0,003	2,0	0,00400	S	B	B
Comp. Ex. 15	Phần còn lại	1,0	0,5	0,05	0,01	0,015	2,0	<u>0,07500</u>	S	B	D
Comp. Ex. 16	Phần còn lại	3,0	0,5	0,005	0,01	0,001	2,0	<u>0,00017</u>	S	D	B

Ex = Ví dụ

Comp. Ex. = Ví dụ so sánh

Đường gạch chân cho thấy nó không nằm trong phạm vi của sáng chế.

Bảng 6

	Thành phần hợp kim (% khối lượng)							Mối quan hệ (1)	ΔT (K)	Sự rửa trôi Ni	Lỗ rỗng
	Sn	Ag	Cu	Ni	Co	Ge	Bi				
Ex. 110	Phần còn lại	3,0	0,4	0,01	0,01	0,005	3,0	0,00167	S	B	B
Ex. 111	Phần còn lại	3,0	0,4	0,03	0,01	0,005	3,0	0,00500	S	B	B
Ex. 112	Phần còn lại	3,0	0,5	0,04	0,01	0,005	3,0	0,00667	S	B	B
Ex. 113	Phần còn lại	3,0	0,4	0,06	0,01	0,005	3,0	0,01000	S	B	B
Ex. 114	Phần còn lại	3,0	0,5	0,08	0,01	0,005	3,0	0,01333	S	B	B
Ex. 115	Phần còn lại	3,0	0,5	0,01	0,04	0,005	3,0	0,00042	S	B	B
Ex. 116	Phần còn lại	3,0	0,4	0,03	0,02	0,005	3,0	0,00250	S	B	B
Ex. 117	Phần còn lại	3,0	0,5	0,03	0,02	0,003	3,0	0,00150	S	B	B
Ex. 118	Phần còn lại	3,0	0,5	0,04	0,01	0,003	3,0	0,00400	S	B	B
Ex. 119	Phần còn lại	3,0	0,5	0,04	0,02	0,005	3,0	0,00333	S	B	B
Ex. 120	Phần còn lại	3,0	0,4	0,05	0,02	0,005	3,0	0,00417	S	B	B
Ex. 121	Phần còn lại	3,0	0,5	0,07	0,03	0,005	3,0	0,00389	S	B	B
Ex. 122	Phần còn lại	3,0	0,4	0,03	0,08	0,005	3,0	0,00063	S	B	B
Ex. 123	Phần còn lại	3,0	0,4	0,04	0,09	0,005	3,0	0,00074	S	B	B
Ex. 124	Phần còn lại	3,0	0,5	0,05	0,05	0,005	3,0	0,00167	B	B	B
Ex. 125	Phần còn lại	3,0	0,7	0,05	0,01	0,005	3,0	0,00833	S	B	B
Ex. 126	Phần còn lại	2,5	0,7	0,09	0,01	0,005	3,0	0,01800	S	B	B
Ex. 127	Phần còn lại	3,0	0,7	0,03	0,03	0,005	3,0	0,00167	S	B	B
Ex. 128	Phần còn lại	3,0	0,7	0,07	0,03	0,005	3,0	0,00389	A	B	B
Ex. 129	Phần còn lại	1,0	0,7	0,07	0,03	0,005	3,0	0,01167	A	B	B
Ex. 130	Phần còn lại	3,0	0,1	0,07	0,03	0,005	3,0	0,00389	B	B	B

Ex. 131	Phần còn lại	3,0	0,5	0,05	0,00 5	0,005	3,0	0,01667	S	B	B
Ex. 132	Phần còn lại	3,0	0,4	0,01	0,01	0,015	3,0	0,00500	S	B	B
Ex. 133	Phần còn lại	3,0	1,0	0,04	0,01	0,003	3,0	0,00400	S	B	B
Comp. Ex. 17	Phần còn lại	1,0	0,5	0,05	0,01	0,015	3,0	<u>0,07500</u>	S	B	D
Comp. Ex. 18	Phần còn lại	3,0	0,5	0,005	0,01	0,001	3,0	<u>0,00017</u>	S	D	B

Ex = Ví dụ

Comp. Ex. = Ví dụ so sánh

Đường gạch chân cho thấy nó không nằm trong phạm vi của sáng chế.

Bảng 7

	Thành phần hợp kim (% khối lượng)							Nguyên tổ tùy chọn	Mối quan hệ (1)	ΔT (K)	Sự rửa trôi Ni	Lỗ rỗng
	Sn	Ag	Cu	Ni	Co	Ge	Bi					
Ex. 134	Phần còn lại	3,0	0,4	0,01	0,01	0,005	4,0		0,00167	S	B	B
Ex. 135	Phần còn lại	2,0	0,4	0,03	0,01	0,005	4,0		0,00750	S	B	B
Ex. 136	Phần còn lại	3,0	0,5	0,04	0,01	0,005	4,0		0,00667	S	B	B
Ex. 137	Phần còn lại	3,0	0,4	0,05	0,01	0,005	4,0		0,00833	S	B	B
Ex. 138	Phần còn lại	3,0	0,5	0,08	0,01	0,005	4,0		0,01333	S	B	B
Ex. 139	Phần còn lại	3,0	0,5	0,01	0,04	0,005	4,0		0,00042	S	B	B
Ex. 140	Phần còn lại	3,0	0,5	0,02	0,04	0,005	4,0		0,00083	S	B	B
Ex. 141	Phần còn lại	3,0	0,4	0,03	0,02	0,005	4,0		0,00250	S	B	B
Ex. 142	Phần còn lại	3,0	0,5	0,04	0,01	0,003	4,0		0,00400	S	B	B
Ex. 143	Phần còn lại	3,0	0,5	0,05	0,01	0,003	4,0		0,00500	S	B	B
Ex. 144	Phần còn lại	3,0	0,5	0,04	0,02	0,005	4,0		0,00333	S	B	B
Ex. 145	Phần còn lại	3,0	0,4	0,05	0,02	0,005	4,0		0,00417	S	B	B
Ex. 146	Phần còn lại	3,0	0,5	0,07	0,03	0,005	4,0		0,00389	S	B	B
Ex. 147	Phần còn lại	3,0	0,4	0,03	0,08	0,005	4,0		0,00063	S	B	B
Ex. 148	Phần còn lại	3,0	0,4	0,04	0,09	0,005	4,0		0,00074	S	B	B
Ex. 149	Phần còn lại	3,0	0,5	0,05	0,05	0,005	4,0		0,00167	B	B	B
Ex. 150	Phần còn lại	3,0	0,7	0,05	0,01	0,005	4,0		0,00833	S	B	B

Ex. 151	Phần còn lại	3,0	0,7	0,09	0,01	0,005	4,0		0,01500	S	B	B
Ex. 152	Phần còn lại	3,0	0,8	0,03	0,03	0,005	4,0		0,00167	S	B	B
Ex. 153	Phần còn lại	3,0	0,7	0,05	0,04	0,005	4,0		0,00208	S	B	B
Ex. 154	Phần còn lại	1,0	0,7	0,07	0,03	0,005	4,0		0,01167	B	B	B
Ex. 155	Phần còn lại	3,0	0,1	0,07	0,03	0,005	4,0		0,00389	B	B	B
Ex. 156	Phần còn lại	4,0	0,5	0,07	0,03	0,005	4,0		0,00292	B	B	B
Ex. 157	Phần còn lại	3,0	0,5	0,05	0,005	0,005	4,0		0,01667	S	B	B
Ex. 158	Phần còn lại	3,0	1,0	0,04	0,01	0,003	4,0		0,00400	S	B	B
Ex. 159	Phần còn lại	3,0	0,4	0,01	0,01	0,005	2,0	Mn: 0,01	0,00167	S	B	B

Bảng 7-tiếp tục

	Thành phần hợp kim (% khối lượng)							Nguyên tố tùy chọn	Mối quan hệ (1)	ΔT (K)	Sự rửa trôi Ni	Lỗ rỗng
	Sn	Ag	Cu	Ni	Co	Ge	Bi					
Ex. 160	Phần còn lại	3,0	0,4	0,01	0,01	0,005	2,0	Pd: 0,01	0,00167	S	B	B
Ex. 161	Phần còn lại	3,0	0,4	0,01	0,01	0,005	2,0	Au: 0,01	0,00167	S	B	B
Ex. 162	Phần còn lại	3,0	0,4	0,01	0,01	0,005	2,0	Cr: 0,01	0,00167	S	B	B
Ex. 163	Phần còn lại	3,0	0,4	0,01	0,01	0,005	2,0	Fe: 0,01	0,00167	S	B	B
Ex. 164	Phần còn lại	3,0	0,4	0,01	0,01	0,005	2,0	V: 0,01	0,00167	S	B	B
Ex. 165	Phần còn lại	3,0	0,4	0,01	0,01	0,005	2,0	Mo: 0,01	0,00167	S	B	B
Ex. 166	Phần còn lại	3,0	0,4	0,01	0,01	0,005	2,0	Nb: 0,01	0,00167	S	B	B
Comp. Ex. 19	Phần còn lại	1,0	0,5	0,05	0,01	0,015	4,0		<u>0,07500</u>	S	B	D
Comp. Ex. 20	Phần còn lại	3,0	0,5	0,005	0,01	0,001	4,0		<u>0,00017</u>	S	D	B

Ex = Ví dụ

Comp. Ex. = Ví dụ so sánh

Đường gạch chân cho thấy nó không nằm trong phạm vi của sáng chế.

Bảng 8

	Thành phần hợp kim (% khối lượng)							Mối quan hệ (1)	ΔT (K)	Sự rửa trôi Ni	Lỗ rỗng
	Sn	Ag	Cu	Ni	Co	Ge	Bi				
Ex. 167	Phần còn lại	3,0	0,4	0,03	0,01	0,005	6,0	0,00500	S	B	B
Ex. 168	Phần còn lại	3,0	0,4	0,05	0,01	0,005	6,0	0,00833	S	B	B
Ex. 169	Phần còn lại	3,0	0,5	0,08	0,01	0,005	6,0	0,01333	S	B	B
Ex. 170	Phần còn lại	3,0	0,5	0,02	0,04	0,005	6,0	0,00083	S	B	B
Ex. 171	Phần còn lại	3,0	0,5	0,03	0,02	0,003	6,0	0,00150	S	B	B
Ex. 172	Phần còn lại	3,0	0,5	0,05	0,01	0,003	6,0	0,00500	S	B	B
Ex. 173	Phần còn lại	3,0	0,4	0,05	0,02	0,005	6,0	0,00417	S	B	B
Ex. 174	Phần còn lại	3,0	0,5	0,07	0,03	0,005	6,0	0,00389	S	B	B
Ex. 175	Phần còn lại	3,0	0,4	0,04	0,09	0,005	6,0	0,00074	S	B	B
Ex. 176	Phần còn lại	3,0	0,7	0,03	0,01	0,005	6,0	0,00500	S	B	B
Ex. 177	Phần còn lại	3,0	0,7	0,09	0,01	0,005	6,0	0,01500	A	B	B
Ex. 178	Phần còn lại	3,0	0,7	0,05	0,04	0,005	6,0	0,00208	S	B	B
Ex. 179	Phần còn lại	1,0	0,7	0,07	0,03	0,005	6,0	0,01167	B	B	B
Ex. 180	Phần còn lại	4,0	0,5	0,07	0,03	0,005	6,0	0,00292	B	B	B
Ex. 181	Phần còn lại	3,0	0,4	0,01	0,01	0,015	6,0	0,00500	S	B	B

Ex = Ví dụ

Comp. Ex. = Ví dụ so sánh

Đường gạch chân cho thấy nó không nằm trong phạm vi của sáng chế.

Bảng 9

	Thành phần hợp kim (% khối lượng)							Mối quan hệ (1)	ΔT (K)	Sự rửa trôi Ni	Lỗ rỗng
	Sn	Ag	Cu	Ni	Co	Ge	Bi				
Ex. 182	Phần còn lại	3,0	0,4	0,01	0,01	0,005	9,0	0,00167	S	B	B
Ex. 183	Phần còn lại	3,0	0,4	0,03	0,01	0,005	9,0	0,00500	S	B	B
Ex. 184	Phần còn lại	3,0	0,5	0,04	0,01	0,005	9,0	0,00667	S	B	B
Ex. 185	Phần còn lại	3,0	0,4	0,05	0,01	0,005	9,0	0,00833	S	B	B
Ex. 186	Phần còn lại	3,0	0,5	0,08	0,01	0,005	9,0	0,01333	S	B	B
Ex. 187	Phần còn lại	3,0	0,5	0,01	0,04	0,005	9,0	0,00042	S	B	B
Ex. 188	Phần còn lại	3,0	0,4	0,03	0,02	0,005	9,0	0,00250	S	B	B
Ex. 189	Phần còn lại	3,0	0,5	0,03	0,02	0,003	9,0	0,00150	S	B	B
Ex. 190	Phần còn lại	3,0	0,5	0,05	0,01	0,003	9,0	0,00500	S	B	B
Ex. 191	Phần còn lại	3,0	0,5	0,04	0,02	0,005	9,0	0,00333	S	B	B
Ex. 192	Phần còn lại	3,0	0,4	0,05	0,02	0,005	9,0	0,00417	S	B	B
Ex. 193	Phần còn lại	3,0	0,5	0,07	0,03	0,005	9,0	0,00389	S	B	B
Ex. 194	Phần còn lại	3,0	0,4	0,04	0,09	0,005	9,0	0,00074	A	B	B
Ex. 195	Phần còn lại	3,0	0,7	0,03	0,01	0,005	9,0	0,00500	S	B	B
Ex. 196	Phần còn lại	3,0	0,7	0,2	0,01	0,0025	9,0	0,01667	S	B	B

Ex. 197	Phần còn lại	3,0	0,7	0,03	0,03	0,005	9,0	0,00167	S	B	B
Ex. 198	Phần còn lại	3,0	0,7	0,05	0,04	0,005	9,0	0,00208	A	B	B
Ex. 199	Phần còn lại	3,0	0,7	0,07	0,03	0,005	9,0	0,00389	B	B	B
Ex. 200	Phần còn lại	3,0	0,7	0,3	0,04	0,003	9,0	0,00750	B	B	B
Ex. 201	Phần còn lại	3,0	0,1	0,07	0,03	0,005	9,0	0,00389	B	B	B
Ex. 202	Phần còn lại	4,0	0,5	0,07	0,03	0,005	9,0	0,00292	B	B	B
Ex. 203	Phần còn lại	3,0	1,0	0,04	0,01	0,003	9,0	0,00400	A	B	B

Bảng 9-tiếp tục

	Thành phần hợp kim (% khối lượng)							Mối quan hệ (1)	ΔT (K)	Sự rửa trôi Ni	Lỗ rỗng
	Sn	Ag	Cu	Ni	Co	Ge	Bi				
Comp. Ex. 21	Phần còn lại	1,0	0,5	0,05	0,01	0,015	9,0	<u>0,07500</u>	S	B	D
Comp. Ex. 22	Phần còn lại	3,0	0,5	0,005	0,01	0,001	9,0	<u>0,00017</u>	S	D	B
Comp. Ex. 23	Phần còn lại	3,0	0,5	0,05	<u>0,2</u>	0,003	9,0	0,00025	D	-	-
Comp. Ex. 24	Phần còn lại	<u>0,1</u>	0,5	0,01	0,02	0,003	9,0	0,01500	S	B	B
Comp. Ex. 25	Phần còn lại	<u>5,0</u>	0,5	0,03	0,02	0,003	9,0	0,00090	S	B	B
Comp. Ex. 26	Phần còn lại	3,0	0,5	<u>0,001</u>	0,02	0,015	9,0	0,00025	S	D	B
Comp. Ex. 27	Phần còn lại	3,0	0,5	<u>1,0</u>	0,1	0,003	9,0	0,01000	D	-	-

Ex = Ví dụ

Comp. Ex. = Ví dụ so sánh

Đường gạch chân cho thấy nó không nằm trong phạm vi của sáng chế.

Như được thể hiện trên các bảng từ 1 đến 9, theo các ví dụ từ 1 đến 203, hàm lượng của từng nguyên tố thành phần và mối quan hệ (1) đã được thỏa mãn cho tất cả các thành phần hợp kim, do đó không quan sát thấy sự rửa trôi Ni và các lỗ rỗng tại các mặt phân cách được liên kết. Ngoài ra, cũng đã xác nhận rằng chúng thể hiện độ bền kéo cao hơn so với các ví dụ so sánh từ 1 đến 27.

Mặt khác, theo các ví dụ so sánh 1, 8, 15, 17, 19, và 21, hàm lượng của Ag, Co, Ge, và Ni không được cân bằng tốt do vượt quá giới hạn trên của mối quan hệ (1), do đó các lỗ rỗng đã được tạo ra. Theo các ví dụ so sánh 2, 9, 16, 18, 20, 22, và 27, sự cân bằng của hàm lượng Ag, Co, Ge, và Ni là kém vì mối quan hệ (1) thấp hơn giới hạn dưới, do đó, chúng kém hơn về sự rửa trôi Ni.

Đánh giá về ΔT của các ví dụ so sánh 3, 10, và 23 là “D” vì nhiệt độ của đường pha lỏng cao do hàm lượng Co cao. Vì nhiệt độ của đường pha lỏng là 500°C hoặc cao hơn và mối hàn có thể không được tạo thành, nên không có đánh giá nào khác được thực hiện. Đối với các ví dụ so sánh 4, 11, và 24, đã xác nhận được rằng do lượng nhỏ Ag_3Sn bị kết tủa do hàm lượng Ag thấp, nên độ bền kéo thấp so với độ bền kéo trong các ví dụ từ 1 đến 203. Đối với các ví dụ so sánh 5, 12, và 25, đã xác nhận được rằng do Ag_3Sn thô bị kết tủa do hàm lượng Ag quá cao, nên độ bền kéo thấp so với độ bền kéo trong các ví dụ từ 1 đến 203.

Đối với các ví dụ so sánh 6, 13, và 26, có thể không ngăn được sự rửa trôi Ni vì hàm lượng Ni nhỏ. Các ví dụ so sánh 7, 14, và 27 không được đánh giá vì nhiệt độ của đường pha lỏng cao do hàm lượng Ni quá cao và mối hàn có thể không được tạo thành.

Như được đề cập ở trên, hợp kim hàn theo các ví dụ có ΔT nhỏ, độ bền kéo cao, có thể ngăn sự rửa trôi Ni, và có thể ngăn sự tạo thành các lỗ rỗng tại mặt phân cách được liên kết, do đó chúng tạo ra liên kết đế chất lượng cao.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon có thành phần hợp kim bao gồm, theo % khối lượng, Ag: từ 1,0 đến 4,0%, Cu: từ 0,1 đến 1,0%, Ni: từ 0,005 đến 0,3%, Co: từ 0,003 đến 0,1%, và Ge: từ 0,001 đến 0,015% với phần còn lại là Sn,

trong đó thành phần hợp kim thỏa mãn mỗi quan hệ (1) sau:

$$0,00030 < (Ni/Co) \times (1/Ag) \times Ge < 0,05 \quad (1)$$

trong đó mỗi nguyên tố Ni, Co, Ag, và Ge theo mỗi quan hệ (1) thể hiện hàm lượng (% khối lượng) trong thành phần hợp kim.

2. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon có thành phần hợp kim bao gồm, theo % khối lượng, Ag: từ 1,0 đến 4,0%, Cu: từ 0,1 đến 1,0%, Ni: từ 0,005 đến 0,3%, Co: từ 0,005 đến 0,1%, Ge: từ 0,001 đến 0,015%, và Bi: từ 0,1 đến 9,0% với phần còn lại là Sn,

trong đó thành phần hợp kim thỏa mãn mỗi quan hệ (1) sau:

$$0,00030 < (Ni/Co) \times (1/Ag) \times Ge < 0,05 \quad (1)$$

trong đó mỗi nguyên tố Ni, Co, Ag, và Ge theo mỗi quan hệ (1) thể hiện hàm lượng (% khối lượng) trong thành phần hợp kim.

3. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm 2, trong đó hàm lượng Bi là từ 1,0 đến 5,0%.

4. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm 2, trong đó hàm lượng Bi là từ 2,0 đến 4,0%.

5. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó thành phần hợp kim còn bao gồm một hoặc nhiều nguyên tố được lựa chọn từ nhóm bao gồm Mn, Pd, Au, Pt, Cr, V, Mo, và Nb mỗi nguyên tố có giới hạn trên là 0,01% theo % khối lượng.

6. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó hàm lượng Ag là từ 1,5 đến 3,5%.

7. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó hàm lượng Ag là từ 2,0 đến 3,0%.

8. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, trong đó ΔT , được định nghĩa là sự chênh lệch giữa nhiệt độ của đường pha lỏng và nhiệt độ của đường pha rắn, là 250°C hoặc nhỏ hơn.

9. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, trong đó ΔT , được định nghĩa là sự chênh lệch giữa nhiệt độ của đường pha lỏng và nhiệt độ của đường pha rắn, là 120°C hoặc nhỏ hơn.

10. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, trong đó ΔT , được định nghĩa là sự chênh lệch giữa nhiệt độ của đường pha lỏng và nhiệt độ của đường pha rắn, là 100°C hoặc nhỏ hơn.

11. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 10,

trong đó thành phần hợp kim thỏa mãn mỗi quan hệ (2) sau:

$$0,00150 \leq (\text{Ni/Co}) \times (1/\text{Ag}) \times \text{Ge} \leq 0,00833 \quad (2)$$

trong đó mỗi nguyên tố Ni, Co, Ag, và Ge theo mỗi quan hệ (2) thể hiện hàm lượng (% theo khối lượng) trong thành phần hợp kim.

12. Bi hàn bao gồm hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 11.

13. Bi hàn theo điểm 12, có đường kính hạt trung bình là từ 1 đến $1000 \mu\text{m}$.

14. Bi hàn theo điểm 12 hoặc 13, có độ cầu 0,95 hoặc hơn.

15. Bi hàn theo điểm 12 hoặc 13, có độ cầu 0,99 hoặc hơn.

16. Màng lưới bi được tạo thành sử dụng bi hàn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 12 đến 15.

17. Mối hàn bao gồm hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 11.

18. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 2 đến 4, trong đó thành phần hợp kim còn bao gồm Fe với giới hạn trên là 0,01% theo % khối lượng.

19. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm 18, trong đó hàm lượng Ag là từ 1,5 đến 3,5%.

20. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm 18, trong đó hàm lượng Ag là từ 2,0 đến 3,0%.

21. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 18 đến 20, trong đó ΔT , được định nghĩa là sự chênh lệch giữa nhiệt độ của đường pha lỏng và nhiệt độ của đường pha rắn, là 250°C hoặc nhỏ hơn.

22. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 18 đến 20, trong đó ΔT , được định nghĩa là sự chênh lệch giữa nhiệt độ của đường pha lỏng và nhiệt độ của đường pha rắn, là 120°C hoặc nhỏ hơn.

23. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 18 đến 20, trong đó ΔT , được định nghĩa là sự chênh lệch giữa nhiệt độ của đường pha lỏng và nhiệt độ của đường pha rắn, là 100°C hoặc nhỏ hơn.

24. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 18 đến 23,

trong đó thành phần hợp kim thỏa mãn mỗi quan hệ (2) sau:

$$0,00150 \leq (\text{Ni}/\text{Co}) \times (1/\text{Ag}) \times \text{Ge} \leq 0,00833 \quad (2)$$

trong đó mỗi nguyên tố Ni, Co, Ag, và Ge theo mỗi quan hệ (2) thể hiện hàm lượng (%) theo khối lượng) trong thành phần hợp kim.

25. Bi hàn bao gồm hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 18 đến 24.

26. Bi hàn theo điểm 25, có đường kính hạt trung bình là từ 1 đến $1000 \mu\text{m}$.

27. Bi hàn theo điểm 25 hoặc 26, có độ cầu 0,95 hoặc hơn.

28. Bi hàn theo điểm 25 hoặc 26, có độ cầu 0,99 hoặc hơn.

29. Màng lưới bi được tạo thành sử dụng bi hàn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 25 đến 28.

30. Mỗi hàn bao gồm hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 18 đến 24.