



(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)



1-0037712

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

(13) B

(21) 1-2020-04258

(22) 28/06/2019

(86) PCT/JP2019/025913 28/06/2019

(87) WO 2020/021967 A1 30/01/2020

(30) 2018-138915 24/07/2018 JP

(45) 25/12/2023 429

(43) 26/04/2021 397

(73) SENJU METAL INDUSTRY CO., LTD. (JP)

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

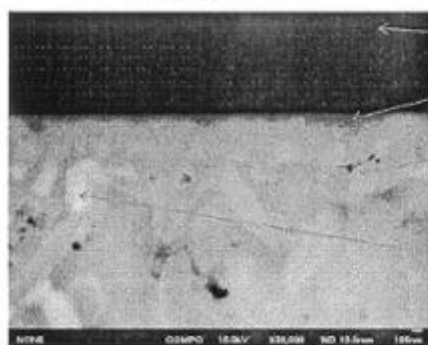
(72) Takeshi SAKAMOTO (JP); Shunsuke KOGA (JP); Toshihiko TAGUCHI (JP).

(74) Công ty TNHH Lê & Lê (LE & LE)

(54) HỢP KIM HÀN VÀ MÔI HÀN

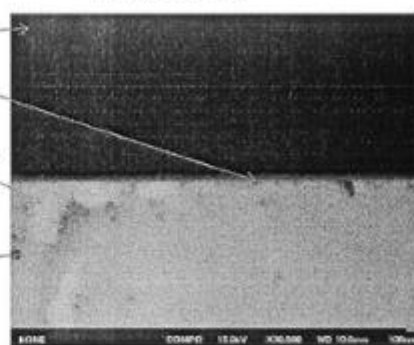
(57) Sáng chế đề cập đến hợp kim hàn và môi hàn có độ bền kéo cao, có thể ngăn chặn sự tách rủa Ni, và có thể ngăn chặn sự hình thành các lỗ rỗng ở giao diện liên kết. Hợp kim hàn bao gồm chế phẩm hợp kim được cấu thành từ Ag: 1 đến 4%, Cu: 0,1 đến 1,0%, Ni: 0,005 đến 0,09%, Co: 0,0025 đến 0,1%, P: 0,001 đến 0,015 % theo % khối lượng và lượng còn lại là Sn, trong đó chế phẩm hợp kim đáp ứng công thức (1) sau: $0,00020 < (Ni / Co) \cdot (1 / Ag) \cdot P < 0,025$ (1), trong đó Ni, P, Ag và Co lần lượt là hàm lượng (% khối lượng) của chế phẩm hợp kim.

Ví dụ 10



(a)

Ví dụ so sánh 2



(b)

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hợp kim hàn và mối hàn có độ bền kéo cao và ngăn chặn hình thành sự tách rửa của Ni và các lỗ rỗng tại giao diện liên kết.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, các thiết bị điện tử được yêu cầu phải tích hợp cao hơn, dung lượng lớn hơn và tốc độ cao hơn. Ví dụ, một gói chất bán dẫn như QFP (Quad Flat Package - Gói phẳng vuông) được sử dụng và nó đã được cố gắng để đạt được sự tích hợp cao hơn và chức năng cao hơn ở cấp độ chip bán dẫn. Trong sản xuất QFP, quy trình đóng gói hàn keo chết một con chip silicon được cắt từ một miếng silicon đến khung chì được sử dụng.

Đối với QFP trong đó các vi điện cực như BGA (Ball Grid Array) được liên kết, chip silicon và khung chì được hàn keo chết bằng hợp kim hàn để tạo thành mối hàn. Ví dụ, kim loại phía sau có lớp Ni là lớp ngoài cùng được hình thành trên chip silicon để cải thiện khả năng thấm ướt với chất hàn và cải thiện độ bền tiếp xúc. Tuy nhiên, khi lớp Ni ngoài cùng tiếp xúc với chất hàn nóng chảy, lớp Ni bị nóng chảy thành chất hàn nóng chảy và xảy ra quá trình tách rửa Ni. Ở đây, một lớp rào cản như Ti thường được hình thành trên kim loại phía sau để ngăn chặn sự khuếch tán Ni vào chip silicon. Khi lớp Ti bị lộ do quá trình tách rửa Ni, độ ẩm của chất hàn nóng chảy bị đẩy lùi bởi kim loại phía sau vì độ ẩm của hợp kim hàn đối với Ti rất kém. Hơn nữa, ngay cả khi vẫn còn một ít lớp Ni, các nguyên tử Ni khuếch tán vào chất hàn nóng chảy và Ti hầu như không khuếch tán vào Ni. Do đó, các lỗ rỗng tăng ở cấp độ nguyên tử ở giao diện giữa lớp Ti là lớp rào cản và lớp Ni và cường độ tiếp xúc ở giao diện giữa một ít lớp Ni còn lại và lớp Ti bị giảm đi rất nhiều. Do đó, phần được liên kết sau khi hàn keo

chết có thể kém hơn về khả năng chịu va đập và sức kháng chu kỳ nhiệt. Do đó, điều cực kỳ quan trọng liên quan đến hàn keo chết là để lại lớp Ni của kim loại phía sau.

Thông thường, hợp kim hàn Sn-Ag-Cu đã được sử dụng rộng rãi, và cũng được sử dụng để hàn keo chết. Tuy nhiên, khi hợp kim hàn này được sử dụng, có thể cần phải cải thiện khả năng chống chu kỳ nhiệt, chống va đập và chống đổi màu trong các yêu cầu khác nhau trong những năm gần đây. Do đó, để cải thiện các đặc điểm này như được mô tả ở trên, nhiều nghiên cứu đã được thực hiện trên các hợp kim hàn Sn-Ag-Cu mà đã được sử dụng rộng rãi thông thường.

Ví dụ, tư liệu sáng chế 1 bộc lộ hợp kim hàn Sn-Ag-Cu có chứa Co và/hoặc Ni là các thành phần tùy chọn cũng như P và các chất tương tự là một yếu tố thiết yếu chọn lọc. Tài liệu này bộc lộ rằng hợp kim hàn này thể hiện tính kháng chu kỳ nhiệt khi nó chứa Co và/hoặc Ni, và thể hiện khả năng chống va đập và/hoặc chống đổi màu khi chứa P.

Danh sách đối chứng

Tư liệu sáng chế

Tư liệu sáng chế 1: JP 4144415 B

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Như đã mô tả ở trên, hợp kim hàn được tiết lộ trong tư liệu sáng chế 1 là một hợp kim tuyệt vời có thể đồng thời đạt được ba loại hiệu ứng, tức là chống va đập, chống đổi màu và chống chu kỳ nhiệt. Tuy nhiên, dường như vẫn còn chỗ để cải tiến hơn nữa liên quan đến kết cấu hợp kim.

Ví dụ 4 của tư liệu sáng chế 1 mô tả chế phẩm hợp kim trong đó P, Co và Ni được chứa đồng thời trong hợp kim hàn Sn - Ag - Cu. Ngoài ra, ví dụ 14 của tư liệu sáng chế 1 mô tả chế phẩm hợp kim không chứa Co so với chế phẩm hợp kim của ví

dụ 4. Ở đây, như được mô tả ở trên, tư liệu sáng chế 1 mô tả rằng Co và Ni là các yếu tố tùy chọn tốt nhất được chứa để thể hiện sức kháng chu kỳ nhiệt. Dựa trên thực tế, giả sử rằng ví dụ 4 chứa cả Ni và Co đồng thời đã cải thiện sức kháng chu kỳ nhiệt so với ví dụ 14 chỉ chứa Ni. Tuy nhiên, kết quả của ví dụ 4 và ví dụ 14 cho thấy sức kháng chu kỳ nhiệt là tương tự. Giả định rằng điều này được gây ra do thực tế là ví dụ 14 có hàm lượng Cu bằng 1/10 so với ví dụ 4 và ví dụ 14 có chứa Sb.

Tư liệu sáng chế 1 mô tả thêm rằng Ag là yếu tố giúp cải thiện khả năng hàn, trong đó Ag được dự định thể hiện khả năng chống va đập cao bằng cách phân bố đủ chất hàn nóng chảy. Tuy nhiên, ví dụ 3 chứa nhiều Ag hơn ví dụ 4 có khả năng chống va đập ít hơn. Giả định rằng điều này là do thực tế là ví dụ 3 có hàm lượng P cao hơn ví dụ 4 và không chứa Co.

Mặc dù đối với hợp kim hàn, mỗi thành phần có ý nghĩa cụ thể của nó khi được bổ sung vào hợp kim hàn, các thành phần cấu thành nên được bao gồm một cách cân bằng tốt về tổng thể vì hợp kim hàn là sự kết hợp không thể thiếu của tất cả các thành phần cấu thành và các thành phần cấu thành có ảnh hưởng lẫn nhau. Đối với hợp kim hàn được mô tả trong tư liệu sáng chế 1, có vẻ như hàm lượng của các thành phần cấu thành tương ứng được tối ưu hóa riêng lẻ, và đủ để thu được các hiệu quả như được mô tả trong tư liệu sáng chế 1 tại thời điểm nộp tư liệu sáng chế 1. Tuy nhiên, khi một tính chất khác của hợp kim hàn có chứa các thành phần cấu thành tương tự cần được cải thiện để thích ứng với các nhu cầu gần đây, ngoài việc tối ưu hóa hàm lượng của từng thành phần cấu thành, các thành phần cấu thành cần được cân bằng hơn nữa.

Theo sáng chế được mô tả trong tư liệu sáng chế 1, thiết kế hợp kim được thực hiện dưới sự giả định của một vi điện cực chẳng hạn BGA, nhưng sự phá vỡ do sức căng bên ngoài không đáng kể ngay cả khi được sử dụng làm hàn keo chết với điện tích liên kết lớn. Do đó, cần phải cải thiện sự chắc chắn của chính hợp kim hàn. Ngoài

ra, khi thực hiện hàn với diện tích liên kết lớn như hàn keo chết, ngoài việc ngăn chặn sự tách rửa Ni và sự khuếch tán Ni, cần phải triệt tiêu việc tạo ra các lỗ rỗng ở giao diện liên kết.

Như đã mô tả ở trên, do sự tích hợp cao hơn, sự tăng dung lượng và tốc độ cao hơn của các thiết bị điện tử gần đây, hợp kim hàn có thể được áp dụng không chỉ cho BGA mà còn cả hàn keo chết được sử dụng trong QFP đã được yêu cầu.

Mục đích của sáng chế là đề xuất hợp kim hàn và mối hàn có độ bền kéo cao, có thể ngăn chặn quá trình tách rửa Ni, và có thể ngăn chặn việc tạo ra các lỗ rỗng ở giao diện liên kết.

Hợp kim hàn bao gồm hai hoặc nhiều loại thành phần, và tác động của các loại thành phần này có thể ảnh hưởng riêng đến các tính chất của toàn bộ hợp kim hàn. Tuy nhiên, như được mô tả ở trên, vì tất cả các thành phần cấu thành tạo thành một thể tách rời, các thành phần cấu thành có liên quan với nhau. Do đó, các tác giả sáng chế đã tập trung vào thiết kế hợp kim cho phép độ bền kéo cao và triệt tiêu quá trình tách rửa Ni và sự hình thành các lỗ rỗng để thiết kế hợp kim không chỉ được áp dụng cho BGA mà còn cho QFP ngay cả đối với các thành phần cấu thành tương tự như của hợp kim hàn theo tư liệu sáng chế 1. Cụ thể, dưới sự xem xét lại tầm quan trọng của việc bổ sung từng thành phần cấu thành, các tác giả sáng chế đã tiến hành nghiên cứu chi tiết chế phẩm khi xem xét sự cân bằng của từng thành phần cấu thành để đạt được độ bền kéo cao và ngăn chặn sự xuất hiện tách rửa Ni và các lỗ rỗng.

Đầu tiên, một nghiên cứu đã được thực hiện để ngăn chặn quá trình tách rửa Ni bằng hợp kim hàn Sn - Ag - Cu. Các tác giả sáng chế cho rằng việc tách rửa Ni sẽ bị triệt tiêu nếu nhiệt độ hóa lỏng tăng mạnh do sự gia tăng hàm lượng Ni. Tức là, các tác giả sáng chế đã thử một thiết kế hợp kim nhằm giảm thiểu sự tách rửa có thể xảy ra trong lớp Ni của kim loại phía sau. Cụ thể, mối quan hệ giữa hàm lượng Ni, nhiệt

độ tại đó nhiệt độ hóa lỏng bắt đầu tăng, và tốc độ tăng được nghiên cứu chi tiết để nhiệt độ hóa lỏng tăng mạnh chỉ với sự tăng nhẹ của hàm lượng Ni của chất hàn nóng chảy. Kết quả là, người ta nhận thấy rằng trong một phạm vi nhất định của hàm lượng Co, nhiệt độ hóa lỏng bắt đầu tăng lên khi Ni tăng nhẹ, trong đó sự gia tăng mạnh xảy ra. Do đó, các tác giả sáng chế đã tập trung vào thực tế là tỷ lệ hàm lượng của Co và Ni là cần thiết để triệt tiêu sự tách rủa của Ni.

Tiếp theo, để ngăn chặn việc tạo ra các lỗ rỗng ở giao diện liên kết, các tác giả sáng chế đã tập trung vào hàm lượng P. P được biết là lấy oxy trong khí quyển khi cùng tồn tại với Sn để tạo ra thiếc phosphat. Thiếc phosphat được hình thành dưới dạng màng oxit giòn và mỏng trên bề mặt chất hàn nóng chảy. Màng oxit này có thể dễ dàng bị phá vỡ bởi sự đối lưu của chính chất hàn nóng chảy và/hoặc áp suất bên ngoài tác dụng lên chất hàn nóng chảy khi đặt chip lên chất hàn nóng chảy, để cho màng oxit không thể chặn sự đối lưu của chất hàn nóng chảy. Vì lý do này, có thể trong hợp kim hàn có chứa P để xả các lỗ rỗng được tạo ra ở giao diện liên kết ra bên ngoài. Để ngăn chặn quá trình tách rủa Ni và sự hình thành các lỗ rỗng, Co, Ni và P cần được pha trộn một cách cân bằng.

Hơn nữa, vì việc bổ sung làm Ag kết tủa Ag_3Sn ở ranh giới hạt tinh thể và cải thiện độ chắc chắn của hợp kim hàn, cần phải xem xét thêm sự cân bằng của hàm lượng Ag.

Do đó, các tác giả sáng chế đã nghiên cứu chi tiết hợp kim hàn Sn - Ag - Cu - Ni - Co - P dưới sự xem xét cân bằng tổng thể tỷ lệ hàm lượng Co và Ni, hàm lượng P và hàm lượng Ag. Kết quả là, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng chúng thể hiện độ bền kéo cao và triệt tiêu sự hình thành tách rủa Ni và các lỗ rỗng, do đó hoàn thành sáng chế.

Sáng chế thu được dựa trên những phát hiện này như sau.

Điểm (1). Hợp kim hàn có chế phẩm hợp kim bao gồm Ag: 1 đến 4%, Cu: 0,1 đến 1,0%, Ni: 0,005 đến 0,09%, Co: 0,0025 đến 0,1%, P: 0,001 đến 0,015 % theo % khối lượng và Sn là lượng còn lại, trong đó chế phẩm hợp kim đáp ứng công thức (1) sau:

$$0,00020 < (Ni / Co) \cdot (1 / Ag) \cdot P < 0,025 \quad (1),$$

trong đó Ni, P, Ag và Co trong công thức (1) lần lượt là hàm lượng (% khối lượng) của chế phẩm hợp kim.

Điểm (2). Hợp kim hàn theo điểm (1), trong đó nhiệt độ hóa lỏng của hợp kim hàn là 320°C hoặc thấp hơn.

Điểm (3). Hợp kim hàn theo điểm (1) hoặc (2), trong đó ΔT được định nghĩa là sự chênh lệch giữa nhiệt độ hóa lỏng và nhiệt độ hóa rắn là 120°C hoặc ít hơn.

Điểm (4). Hợp kim hàn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ (1) đến (3), trong đó chế phẩm hợp kim đáp ứng công thức (2) sau:

$$0,00389 \leq (Ni / Co) \cdot (1 / Ag) \cdot P \leq 0,00667 \quad (2),$$

trong đó Ni, P, Ag và Co trong công thức (2) lần lượt là hàm lượng (% khối lượng) của chế phẩm hợp kim.

Điểm (5). Mỗi hàn bao gồm hợp kim hàn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ (1) đến (4).

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig. 1 là ảnh SEM mặt cắt ngang của mối hàn, trong đó Fig. 1A là ảnh SEM mặt cắt ngang của mối hàn có chế phẩm hợp kim của Ví dụ 10, và Fig. 1B là ảnh SEM mặt cắt ngang của một mối hàn có chế phẩm hợp kim Sn-3Ag-0,5Cu làm ví dụ tham chiếu so sánh.

Fig. 2 là ảnh SEM mặt cắt ngang của mối hàn, trong đó Fig. 2A là ảnh SEM mặt cắt ngang của mối hàn có chế phẩm hợp kim của Ví dụ 10, và Fig. 2B là ảnh SEM

mặt cắt ngang của một mối hàn có chế phẩm hợp kim của ví dụ so sánh 2.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế được mô tả chi tiết hơn dưới đây. Trong phần mô tả sáng chế, đơn vị “%” đối với chế phẩm hợp kim hàn đề cập đến “% khối lượng” trừ khi được chỉ định khác.

1. Chế phẩm hợp kim

(1) Ag: 1 đến 4%

Ag là thành phần giúp cải thiện độ chắc chắn của hợp kim hàn bằng cách kết tủa Ag_3Sn mịn ở ranh giới hạt tinh thể. Nếu hàm lượng Ag nhỏ hơn 1%, tác dụng của việc bổ sung Ag không được thể hiện đầy đủ. Giới hạn dưới của hàm lượng Ag là 1% hoặc lớn hơn, tốt nhất là 1,5% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là 2% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi hàm lượng Ag quá lớn, Ag_3Sn thô sẽ bị kết tủa, do đó, độ chắc chắn bị giảm. Giới hạn trên của hàm lượng Ag là 4% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 3,5% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 3% hoặc nhỏ hơn.

(2) Cu: 0,1 đến 1,0%

Cu là thành phần có thể ngăn chặn sự tách rửa Cu và cho phép tăng cường kết tủa bằng Cu_6Sn_5 . Nếu hàm lượng Cu nhỏ hơn 0,1%, một lượng nhỏ Cu_6Sn_5 và hợp chất $SnNi$ giòn được kết tủa, do đó, hợp kim hàn tự nó trở nên giòn. Giới hạn dưới của hàm lượng Cu là 0,1% hoặc lớn hơn, tốt hơn là 0,2% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,3% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,4% hoặc lớn hơn, và đặc biệt tốt hơn là 0,5% hoặc lớn hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng Cu vượt quá 1,0%, nhiệt độ hóa lỏng của hợp kim hàn cao và nó rất khó nóng chảy. Giới hạn trên của hàm lượng Cu là 1,0% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 0,8% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,7% hoặc nhỏ hơn, và đặc biệt tốt hơn là 0,6% hoặc nhỏ hơn.

(3) Ni: 0,005 đến 0,5%

Ni là nguyên tố có thể kiểm soát nhiệt độ hóa lỏng của hợp kim hàn và ngăn chặn quá trình rửa giải Ni tương tự như Cu. Nếu hàm lượng Ni nhỏ hơn 0,005%, hiệu quả của việc bổ sung Ni rất khó thể hiện. Giới hạn dưới của hàm lượng Ni là 0,005% hoặc lớn hơn, tốt hơn là 0,01% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,02% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,03% hoặc lớn hơn, và đặc biệt tốt hơn là 0,04% hoặc lớn hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng Ni vượt quá 0,5%, nhiệt độ hóa lỏng của hợp kim hàn cao và khó nóng chảy. Giới hạn trên của hàm lượng Ni là 0,5% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 0,2% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,1% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,09% hoặc nhỏ hơn, và đặc biệt tốt hơn là 0,07 % hoặc nhỏ hơn.

(4) Co: 0,0025 đến 0,1%

Co là thành phần kiểm soát nhiệt độ hóa lỏng của hợp kim hàn và góp phần hoàn thiện cấu trúc của hợp kim hàn. Khi Co cùng tồn tại với sự hiện diện của Ni, nhiệt độ hóa lỏng tăng lên ngay cả với một lượng nhỏ Ni và sự rửa giải Ni có thể được ngăn chặn. Nếu hàm lượng Co nhỏ hơn 0,0025%, hiệu quả của việc bổ sung Co khó thể hiện. Giới hạn dưới của hàm lượng Co là 0,0025% hoặc lớn hơn, tốt hơn là 0,005% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,01% hoặc lớn hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng Co vượt quá 0,1%, nhiệt độ hóa lỏng của hợp kim hàn cao và khó nóng chảy. Giới hạn trên của 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, tốt hơn nữa là 0,05% hoặc nhỏ hơn, đặc biệt tốt hơn là 0,04% hoặc nhỏ hơn, most tốt hơn là 0,03% hoặc nhỏ hơn, và tối ưu nhất là 0,02% hoặc nhỏ hơn.

(5) P: 0,001 đến 0,015%

P là nguyên tố có thể ức chế sự hình thành oxit thiếc mạnh do hình thành

phosphat thiếc trong hợp kim hàn với Sn là thành phần chính và cải thiện khả năng thấm ướt. Nếu có P, thiếc oxit được hình thành trên bề mặt của chất hàn nóng chảy. Vì thiếc oxit rất mạnh và khó bị phá vỡ, chất hàn nóng chảy được chuyển sang đổi lưu bên trong oxit thiếc và các lỗ rỗng được tạo ra ở giao diện liên kết có thể không được loại bỏ ra bên ngoài. Mặt khác, P được bổ sung vào hợp kim hàn phản ứng với O trong khí quyển và Sn trong chất hàn nóng chảy tạo thành màng oxit giòn và mỏng trên bề mặt chất hàn nóng chảy. Vì màng oxit này dễ vỡ, nó dễ bị phá vỡ bởi sự đổi lưu của chính chất hàn nóng chảy hoặc lực bên ngoài tác dụng từ con chip khi gắn chip. Theo cách này, các lỗ rỗng được tạo ra ở giao diện liên kết được loại bỏ ra bên ngoài với sự đổi lưu của chất hàn nóng chảy.

Nếu hàm lượng P nhỏ hơn 0,001%, thiếc oxit được tạo ra, do đó khó có thể thể hiện các hiệu ứng nêu trên. Giới hạn dưới của hàm lượng P là 0,001% hoặc lớn hơn, tốt hơn là 0,002% hoặc lớn hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng P quá lớn, nhiệt độ hóa lỏng sẽ cao và khó nóng chảy. Giới hạn trên của hàm lượng P là 0,015% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 0,01% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,007% hoặc nhỏ hơn, và đặc biệt tốt hơn là 0,005% hoặc nhỏ hơn.

(6) Lượng còn lại: Sn

Lượng còn lại của hợp kim hàn theo sáng chế là Sn. Các tạp chất không thể tránh được có thể được chứa bên cạnh các thành phần đã nói ở trên. Ngay cả khi có các tạp chất không thể tránh khỏi, các hiệu quả như mô tả ở trên không bị ảnh hưởng.

(7) Công thức (1) và (2)

Sáng chế thỏa mãn công thức (1) sau đây:

$$0,00020 < (Ni / Co) \cdot (1 / Ag) \cdot P < 0,025 \quad (1)$$

Trong công thức (1) nêu trên, Ni, P, Ag và Co là hàm lượng của chúng (% khối

lượng) của chế phẩm hợp kim.

Hợp kim hàn của sáng chế có thể thể hiện độ bền kéo cao và ngăn chặn quá trình tách rửa Ni và lỗ rỗng vì sự cân bằng của các hàm lượng Ni, Co, Ag và P được tối ưu hóa bằng cách thỏa mãn công thức (1).

Đối với hợp kim hàn Sn - Ag - Cu - Ni - Co - P theo sáng chế, sự cân bằng giữa các hàm lượng của Ni, Co, Ag và P cần được xem xét để đạt được độ bền kéo cao và ngăn chặn đồng thời sự tách rửa Ni và sự hình thành lỗ rỗng.

Cụ thể hơn, liên quan đến quá trình rửa giải Ni, quá trình rửa giải Ni khỏi lớp Ni có thể bị triệt tiêu nếu nhiệt độ hóa lỏng tăng mạnh chỉ với sự gia tăng nhẹ hàm lượng Ni trong chất hàn nóng chảy. Khi Co và Ni cùng tồn tại, nếu hàm lượng Ni tăng nhẹ, nhiệt độ hóa lỏng tăng mạnh. Bằng cách sử dụng hiện tượng này, có thể giảm thiểu sự rửa giải Ni ngay cả khi sự rửa giải nhẹ của Ni trong lớp Ni xảy ra trong vật hàn nóng chảy.

Đối với các lỗ rỗng, cần chú ý đến các tính chất của màng oxit được hình thành trên bề mặt của chất hàn nóng chảy và chức năng đào thải lỗ rỗng bằng cách đối lưu chất hàn nóng chảy nên được thể hiện. Để duy trì chức năng đào thải lỗ rỗng này, có thể hiểu được để ngăn chặn màng oxit được hình thành trên bề mặt chất hàn nóng chảy. Tuy nhiên, vì quá trình hàn bình thường được thực hiện trong khí quyển, rất khó để ngăn chặn sự hình thành của màng oxit. Trong một hợp kim hàn với Sn là thành phần chính, màng oxit thiếc mạnh được hình thành trên bề mặt chất hàn nóng chảy trong quá trình nóng chảy, và ngay cả khi xảy ra sự đối lưu của chất hàn nóng chảy, màng oxit thiếc ngăn cản sự đào thải các lỗ rỗng được tạo ra ở giao diện liên kết. Ngược lại, trong hợp kim hàn có chứa P, mặc dù màng phosphat thiếc được hình thành trên bề mặt chất hàn nóng chảy, màng phosphat thiếc mỏng và giòn và bị phá vỡ bởi chính sự đối lưu của chất hàn nóng chảy. Do đó, chức năng đào thải lỗ rỗng bằng

đổi lưu được duy trì. Kết quả là, sự hình thành các lỗ rỗng được ngăn chặn.

Hơn nữa, sáng chế nên cải thiện độ bền của hợp kim hàn. Sự hình thành Ag_3Sn bằng cách bổ sung Ag giúp cải thiện độ bền của hợp kim hàn và đồng thời, tinh chỉnh cấu trúc hợp kim bằng Co giúp cải thiện độ bền của hợp kim hàn. Nếu một trong số chúng quá nhiều, nhiệt độ hóa lỏng tăng lên, chẳng hạn, nó không nóng chảy ở khoảng 240°C , do đó không thể hình thành mối hàn. Nếu một trong số chúng quá ít, độ bền của hợp kim hàn không thể đạt được. Ngoài ra, một lượng Ag_3Sn kết tủa trong hợp kim hàn theo sáng chế, phụ thuộc vào hàm lượng Ag có trong phạm vi hay không, có thể phụ thuộc trực tiếp hoặc gián tiếp vào sự cân bằng của các nguyên tố này do tính chất của hợp kim. Cần lưu ý rằng, đối với hợp kim hàn theo sáng chế, không cần thiết phải xem xét Cu trong công thức (1), vì cường độ kết tủa của Cu_6Sn_5 không đóng góp nhiều như sự cải thiện cường độ của Ag_3Sn .

Do đó, hợp kim hàn theo sáng chế phải thỏa mãn công thức (1) để đạt được ba yếu tố cùng một lúc, tức là độ bền kéo cao, ngăn chặn sự tách rửa Ni và ngăn chặn sự tạo ra lỗ rỗng. Ngay cả khi sử dụng hợp kim hàn Sn - Ag - Cu - Ni - Co - P, ít nhất một trong các hiệu quả trên không thể đạt được miễn là công thức (1) không được thỏa mãn.

Giới hạn dưới của công thức (1) là lớn hơn 0,00020, tốt hơn là 0,00042 hoặc lớn hơn, 0,00063 hoặc lớn hơn, 0,00074 hoặc lớn hơn, 0,00150 hoặc lớn hơn, 0,00167 hoặc lớn hơn, 0,00208 hoặc lớn hơn, 0,00250 hoặc lớn hơn, 0,00292 hoặc lớn hơn, 0,00333 hoặc lớn hơn, 0,00389 hoặc lớn hơn.

Mặt khác, giới hạn trên của công thức (1) nhỏ hơn 0,025, và tốt hơn là 0,01667 hoặc nhỏ hơn, 0,01500 hoặc nhỏ hơn, 0,01333 hoặc nhỏ hơn, 0,01167 hoặc nhỏ hơn, 0,01000 hoặc nhỏ hơn, 0,00833 hoặc nhỏ hơn, 0,00667 hoặc nhỏ hơn.

Để thể hiện đầy đủ hơn hiệu quả của công thức (1), công thức (1) tốt hơn là công thức (2) sau đây:

$$0,00389 \leq (\text{Ni} / \text{Co}) \cdot (1 / \text{Ag}) \cdot \text{P} \leq 0,00667 \quad (2)$$

Trong công thức (2), Ni, P, Ag và Co là lần lượt hàm lượng (% khối lượng) của chế phẩm hợp kim.

(8) Nhiệt độ hóa lỏng, nhiệt độ hóa rắn và ΔT của hợp kim hàn

Hợp kim hàn theo sáng chế được ưu tiên hơn vì sự giảm khả năng chảy của chất hàn nóng chảy bị ngăn chặn do trạng thái kết tủa khác nhau của pha rắn mặc dù hợp kim hàn có nhiệt độ hóa lỏng cao hơn hợp kim hàn Sn-Ag-Cu, do đó các lỗ rỗng có thể được thải ra bên ngoài bằng sự đối lưu chất hàn nóng chảy. Theo sáng chế, nhiệt độ hóa lỏng tốt hơn là 320°C hoặc thấp hơn, tốt hơn nữa là 290°C hoặc thấp hơn, tốt hơn nữa là 270°C hoặc thấp hơn, đặc biệt tốt hơn là 250°C hoặc thấp hơn, và tốt nhất là 240°C hoặc nhỏ hơn. Nhiệt độ hóa lỏng bằng 240°C hoặc thấp hơn được ưu tiên vì quá trình hàn có thể được thực hiện ở nhiệt độ nóng khoảng 240°C tương tự như hợp kim hàn Sn-Ag-Cu thường được sử dụng rộng rãi.

Nhiệt độ hóa rắn của hợp kim hàn theo sáng chế không bị giới hạn đặc biệt. Nhiệt độ hóa rắn đủ là ít nhất bằng 200°C hoặc lớn hơn để ΔT không trở nên quá lớn, trong đó ΔT được định nghĩa là chênh lệch nhiệt độ giữa nhiệt độ hóa lỏng và nhiệt độ hóa rắn.

Hơn nữa, khi ΔT nằm trong một khoảng nhất định, vùng cùng tồn tại chất lỏng - rắn hẹp, điều này thích hợp hơn vì lý do phân tách cấu trúc hợp kim trong quá trình hóa rắn, v.v. có thể được ngăn chặn. Khoảng ΔT tốt hơn là 120°C hoặc nhỏ hơn, 116°C hoặc nhỏ hơn, 102°C hoặc nhỏ hơn, 101°C hoặc nhỏ hơn, 100°C hoặc nhỏ hơn, 93°C hoặc nhỏ hơn, 65°C hoặc nhỏ hơn, 64°C hoặc nhỏ hơn, 54°C hoặc nhỏ hơn,

48°C hoặc nhỏ hơn, 47°C hoặc nhỏ hơn, 41°C hoặc nhỏ hơn, 36°C hoặc nhỏ hơn, 34°C hoặc nhỏ hơn, 32°C hoặc nhỏ hơn, 31°C hoặc nhỏ hơn, 27°C hoặc nhỏ hơn, 20°C hoặc nhỏ hơn.

3. Mối hàn

Mối hàn theo sáng chế phù hợp để kết nối giữa chip IC cho gói chất bán dẫn và chất nền của nó (bộ chuyển đổi) hoặc để kết nối giữa gói chất bán dẫn và bảng mạch in. Ở đây, thuật ngữ "mối hàn" được định nghĩa là phần kết nối giữa chip IC và đế, và phần kết nối bao gồm kết nối đối với điện cực hoặc kết nối giữa khuôn và đế.

4. Những khái niệm khác

Phương pháp liên kết sử dụng hợp kim hàn theo sáng chế có thể được thực hiện theo phương pháp thông thường, ví dụ: sử dụng phương pháp hàn ngược. Nhiệt độ gia nhiệt có thể được điều chỉnh phù hợp tùy thuộc vào sức kháng nhiệt của chip hoặc nhiệt độ hóa lỏng của hợp kim hàn. Khoảng 240°C là nhiệt độ gia nhiệt được ưu tiên từ quan điểm ngăn chặn sự thiệt hại do nhiệt đối với chip. Nhiệt độ nóng chảy của hợp kim hàn để thực hiện hàn dòng chảy có thể cao hơn khoảng 20°C so với nhiệt độ hóa lỏng. Khi liên kết với hợp kim hàn theo sáng chế, cấu trúc có thể được tinh chế thêm bằng cách xem xét tốc độ làm nguội trong quá trình hóa rắn. Ví dụ, mối hàn được làm mát ở tốc độ làm mát 2-3°C/giây hoặc cao hơn. Các điều kiện liên kết khác có thể được điều chỉnh phù 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 thấp làm nguyên liệu thô. Khi hợp kim tia α thấp như vậy được sử dụng để hình thành các vết hàn trong ngoại vi của bộ nhớ, các lỗi mềm có thể được loại bỏ.

Đối với các hợp kim hàn được cấu thành từ các thành phần hợp kim như trong

Bảng 1, nhiệt độ hóa lỏng, nhiệt độ hóa rắn, sự tách rửa Ni và sự xuất hiện của các lỗ rỗng được đánh giá như sau. Độ bền kéo cũng được đánh giá.

(1) Nhiệt độ hóa lỏng và nhiệt độ hóa rắn

Mỗi hợp kim hàn như trong Bảng 1 đã được chuẩn bị, và nhiệt độ nóng chảy của chất hàn được đo. Việc đo nhiệt độ hóa rắn được thực hiện theo phương pháp JIS (Japanese Industrial Standard) Z3198-1. Nhiệt độ hóa rắn được đo, thay vì JIS Z3198-1, bằng phương pháp DSC tương tự như phương pháp đo cho nhiệt độ hóa rắn theo JIS Z3198-1.

(2) Sự tách rửa Ni

Một khuôn trước có độ dày 250 μm và được làm từ thành phần hợp kim như trong Bảng 1 được gắn trên khung chì Cu. Sau đó, chip IC với một kim loại phía sau ở mặt bên của bề mặt liên kết chất nền của chip silicon có kích thước 5 mm $\times$ 5 mm $\times$ 200 μm^t được gắn lên hợp kim hàn. Kim loại phía sau thu được bằng cách xếp tuần tự một lớp Ti 0,05 μm làm lớp rào cản, và một lớp Ni 0,20 μm . Việc gắn được thực hiện theo hướng sao cho trong chip IC với kim loại phía sau, lớp Ni tiếp xúc với hợp kim hàn. Một đế với hợp kim hàn và chip IC gắn trên đó được nung nóng trong lò nung hàn ngược sao cho nhiệt độ cao nhất là 240°C để thực hiện hàn đế.

Sau đó, mặt cắt ngang của khung chì 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 cho 10 vị trí tùy ý. Trong bảng, giá trị trung bình của độ dày màng bằng 40% hoặc lớn hơn độ dày màng ban đầu được phân loại là “◎”, giá trị trung bình bằng 20% hoặc lớn hơn là “○”, và giá trị trung bình nhỏ hơn 10% là “×”.

(3) Lỗ rỗng

Đối với mặt cắt ngang của khung chì được chuẩn bị ở phần (2) nêu trên, ảnh

quang tuyến X của phần hàn liên kết được chụp bằng thiết bị soi tia X. Sau đó, tỷ lệ diện tích của các lỗ rỗng được tạo ra tại mỗi hàn được tính toán. Trong bảng, giá trị trung bình của tỉ lệ diện tích các lỗ rỗng bằng 10% hoặc nhỏ hơn được phân loại là tốt ($\circ$), giá trị trung bình nằm trong khoảng 10 đến 25% là tương đối kém (Δ), và giá trị trung bình trên 25% được phân loại là xấu (x).

Bảng 1:

	Chế phẩm hợp kim (% khối lượng)						Công thức (I)	Nhiệt độ hóa rắn (°C)	Nhiệt độ hóa lỏng (°C)	ΔT (K)	Sự tách rửa Ni	Lỗ rỗng
	Sn	Ag	Cu	Ni	Co	P						
Ví dụ 1	Lượng còn lại	3,00	0,4	0,01	0,01	0,005	0,00167	218	221	3	○	○
Ví dụ 2	Lượng còn lại	3,00	0,4	0,03	0,01	0,005	0,00500	218	222	4	○	○
Ví dụ 3	Lượng còn lại	3,00	0,5	0,04	0,01	0,005	0,00667	218	222	4	○	○
Ví dụ 4	Lượng còn lại	3,00	0,4	0,05	0,01	0,005	0,00833	218	222	4	○	○
Ví dụ 5	Lượng còn lại	3,00	0,4	0,06	0,01	0,005	0,01000	218	250	32	○	○
Ví dụ 6	Lượng còn lại	3,00	0,5	0,08	0,01	0,005	0,01333	218	259	41	○	○
Ví dụ 7	Lượng còn lại	3,00	0,5	0,01	0,04	0,005	0,00042	218	222	4	○	○
Ví dụ 8	Lượng còn lại	3,00	0,5	0,02	0,04	0,005	0,00083	218	222	4	○	○
Ví dụ 9	Lượng còn lại	3,00	0,4	0,03	0,02	0,005	0,00250	218	222	4	○	○
Ví dụ 10	Lượng còn lại	3,00	0,5	0,03	0,02	0,003	0,00150	218	222	4	○	○
Ví dụ 11	Lượng còn lại	3,00	0,5	0,04	0,01	0,003	0,00400	218	222	4	○	○
Ví dụ 12	Lượng còn lại	3,00	0,5	0,05	0,01	0,003	0,00500	218	238	20	○	○
Ví dụ 13	Lượng còn lại	3,00	0,5	0,04	0,02	0,005	0,00333	218	245	27	○	○
Ví dụ 14	Lượng còn lại	3,00	0,4	0,05	0,02	0,005	0,00417	218	249	31	○	○
Ví dụ 15	Lượng còn lại	3,00	0,5	0,07	0,03	0,005	0,00389	218	265	47	○	○
Ví dụ 16	Lượng còn lại	3,00	0,5	0,07	0,03	0,005	0,00389	218	265	47	○	○
Ví dụ 17	Lượng còn lại	3,00	0,4	0,03	0,08	0,005	0,00063	218	252	34	○	○
Ví dụ 18	Lượng còn lại	3,00	0,4	0,04	0,09	0,005	0,00074	218	272	54	○	○
Ví dụ 19	Lượng còn lại	3,00	0,5	0,05	0,05	0,005	0,00167	218	334	116	○	○
Ví dụ 20	Lượng còn lại	3,00	0,7	0,03	0,01	0,005	0,00500	218	252	34	○	○

Ví dụ 21	Lượng còn lại	3,00	0,7	0,05	0,01	0,005	0,00833	218	266	48	○	○
Ví dụ 22	Lượng còn lại	3,00	0,7	0,09	0,01	0,005	0,01500	218	283	65	○	○
Ví dụ 23	Lượng còn lại	3,00	0,7	0,03	0,03	0,005	0,00167	217	253	36	○	○
Ví dụ 24	Lượng còn lại	3,00	0,7	0,05	0,04	0,005	0,00208	218	282	64	○	○
Ví dụ 25	Lượng còn lại	3,00	0,7	0,07	0,03	0,005	0,00389	218	311	93	○	○
Ví dụ 26	Lượng còn lại	1,00	0,7	0,07	0,03	0,005	0,01167	218	318	100	○	○
Ví dụ 27	Lượng còn lại	3,00	0,1	0,07	0,03	0,005	0,00389	218	320	102	○	○
Ví dụ 28	Lượng còn lại	4,00	0,5	0,07	0,03	0,005	0,00292	218	319	101	○	○
Ví dụ 29	Lượng còn lại	3,00	0,5	0,05	0,005	0,005	0,01667	218	225	7	○	○
Ví dụ 30	Lượng còn lại	3,00	0,4	0,01	0,01	0,015	0,00500	218	222	4	○	○
Ví dụ 31	Lượng còn lại	3,00	1	0,04	0,01	0,003	0,00400	218	270	52	○	○
VD so sánh 1	Lượng còn lại	1,00	0,5	0,05	0,01	0,015	0,07500	218	226	8	○	×
VD so sánh 2	Lượng còn lại	3,00	0,5	0,005	0,01	0,001	<u>0,00017</u>	218	222	4	×	○
VD so sánh 3	Lượng còn lại	3,00	0,5	0,05	<u>0,2</u>	0,003	<u>0,00025</u>	218	trên 500	-	-	-
VD so sánh 4	Lượng còn lại	<u>0,10</u>	0,5	0,01	0,02	0,003	0,01500	218	233	5	○	○
VD so sánh 5	Lượng còn lại	<u>5,00</u>	0,5	0,03	0,02	0,003	0,00090	218	245	27	○	○
VD so sánh 6	Lượng còn lại	3,00	0,5	<u>0,001</u>	0,02	0,015	0,00025	218	222	4	×	○
VD so sánh 7	Lượng còn lại		0,5	1	0,1	0,003	0,01000	218	trên 500	-	-	-

Gạch chân biểu thị rằng dữ liệu tương ứng không nằm trong phạm vi của sáng chế.

Như được hiển thị trong Bảng 1, theo các ví dụ từ 1 đến 31, hàm lượng của từng thành phần cấu thành và công thức (1) đã được thỏa mãn cho tất cả các chế phẩm hợp kim, theo đó sự tách rửa Ni và các lỗ rỗng tại các giao diện liên kết không được quan sát. Ngoài ra, đã xác nhận được rằng chúng thể hiện độ bền kéo cao hơn so với các ví dụ so sánh từ 1 đến 7.

Mặt khác, theo ví dụ so sánh 1, hàm lượng của Ag, Co, P và Ni không được cân bằng tốt do vượt quá giới hạn trên của công thức (1), do đó các lỗ rỗng được tạo ra. Theo ví dụ so sánh 2, sự cân bằng của các hàm lượng của Ag, Co, P và Ni rất kém do không đạt được giới hạn dưới của công thức (1), do đó, ví dụ so sánh 2 kém hơn về việc tách giải Ni.

Ví dụ so sánh 3 không được đánh giá vì nhiệt độ hóa lỏng cao do hàm lượng Ni quá cao và mối hàn không thể được tạo thành. Đối với ví dụ so sánh 4, đã xác nhận được rằng một lượng nhỏ Ag_3Sn đã bị kết tủa do hàm lượng Ag thấp, và độ bền kéo thấp so với các ví dụ từ 1 đến 31. Đối với ví dụ so sánh 5, đã xác nhận được rằng Ag_3Sn thô bị kết tủa do hàm lượng Ag quá cao, và độ bền kéo thấp so với các ví dụ từ 1 đến 31.

Đối với ví dụ so sánh 6, sự tách rửa Ni có thể không được ngăn chặn bởi vì hàm lượng Ni rất nhỏ. Ví dụ so sánh 7 không được đánh giá vì nhiệt độ hóa lỏng cao do hàm lượng Ni quá cao và mối hàn không thể được tạo thành.

Để làm rõ hiệu quả của sáng chế từ các kết quả trong Bảng 1, mô tả thêm sẽ được cung cấp với tham chiếu đến các Fig. 1 và 2.

Fig. 1 là ảnh SEM mặt cắt ngang của mối hàn, trong đó Fig. 1A là ảnh SEM mặt cắt ngang của mối hàn với chế phẩm hợp kim của ví dụ 10, và Fig. 1B là ảnh SEM mặt cắt ngang của mối hàn với chế phẩm hợp kim Sn-3A-0,5Cu làm ví dụ so

sánh. “Si” trong mỗi ảnh SEM là chip Si, trong đó chip được sử dụng có lớp Ni được tạo ra trên bề mặt ngoài cùng. Người ta thấy rằng lượng hợp chất liên kim loại (Cu, Ni) Sn theo Fig. 1A được kết tủa nhỏ hơn trong Fig. 1B. Người ta cho rằng đây là kết quả của việc tách rửa lớp Ni bằng chất hàn nóng chảy trong quá trình liên kết vì chế phẩm hợp kim của Ví dụ so sánh không chứa Ni và không thỏa mãn công thức (1). Mặc dù không thể xác nhận trong Fig. 1, nhưng nó cũng được xác nhận bằng cách phóng to các ảnh SEM đã chụp rằng lớp Ni vẫn còn trong Fig. 1A, trong khi lớp Ni hầu như không còn trong Fig. 1B.

Fig. 2 là ảnh SEM mặt cắt ngang của mối hàn, trong đó Fig. 2A là ảnh SEM mặt cắt ngang của mối hàn với chế phẩm hợp kim của ví dụ 10, và Fig. 2B là ảnh SEM mặt cắt ngang của mối hàn với chế phẩm hợp kim của ví dụ so sánh 2. Hệ số thu phóng của ảnh SEM là 30.000. Người ta phát hiện ra rằng lớp Ni còn lại trong ví dụ 10 được thể hiện trong Fig. 2A, trong khi đó lớp Ni hầu như không tồn tại trong ví dụ so sánh 2 được hiển thị trong Fig. 2B. Trong Fig. 2A, người ta thấy rằng độ dày màng của lớp Ni là $0,09\ \mu\text{m}$. Do độ dày màng này bằng 40% hoặc lớn hơn độ dày màng của lớp Ni trước khi hàn, điều này cho thấy rằng lớp Ni thực tế vẫn còn. Mặt khác, trong Fig. 2B, người ta thấy rằng độ dày màng của lớp Ni là $0,015\ \mu\text{m}$. Do độ dày màng này nhỏ hơn 10% độ dày màng của lớp Ni trước khi hàn, điều này cho thấy việc tách rửa lớp Ni được gây ra bởi chất hàn nóng chảy.

Dựa trên những thực tế này, hợp kim hàn theo sáng chế có độ bền kéo cao, có thể ngăn chặn quá trình tách rửa Ni và có thể ngăn chặn việc tạo ra các lỗ rỗng tại các giao diện liên kết, cho phép hàn keo chết chất lượng cao.

Yêu cầu bảo hộ

1. Hợp kim hàn có chế phẩm hợp kim bao gồm Ag: 1 đến 4%, Cu: 0,1 đến 1,0%, Ni: 0,005 đến 0,09%, Co: 0,0025 đến 0,1%, P: 0,001 đến 0,015 % theo % khối lượng và Sn là lượng còn lại, trong đó chế phẩm hợp kim đáp ứng công thức (1) sau đây:

$$0,00020 < (Ni / Co) \cdot (1 / Ag) \cdot P < 0,01667 \quad (1),$$

trong đó Ni, P, Ag và Co trong công thức (1) lần lượt là hàm lượng, theo % khối lượng, của chế phẩm hợp kim.

2. Hợp kim hàn theo điểm 1, trong đó chế phẩm hợp kim đáp ứng công thức (2) sau đây:

$$0,00389 \leq (Ni / Co) \cdot (1 / Ag) \cdot P \leq 0,00667 \quad (2),$$

trong đó Ni, P, Ag và Co trong công thức (2) lần lượt là hàm lượng, theo % khối lượng, của chế phẩm hợp kim.

3. Mỗi hàn bao gồm hợp kim hàn được xác định theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 hoặc 2.

FIG. 1

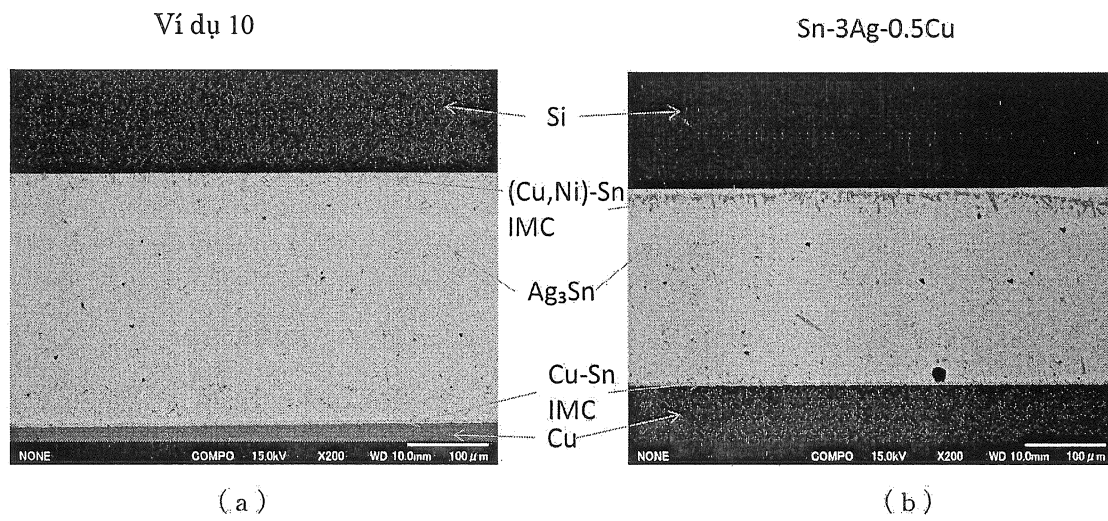


FIG. 2

