



(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)



1-0037778

(51)^{2021.01} C22C 13/00; B23K 35/26

(13) B

(21) 1-2022-05156

(22) 08/02/2021

(86) PCT/JP2021/004570 08/02/2021

(87) WO 2021/161953 19/08/2021

(30) 2020-023276 14/02/2020 JP

(45) 25/12/2023 429

(43) 25/11/2022 416

(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); MATSUFUJI Takahiro (JP).

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

(54) HỢP KIM HÀN KHÔNG CHỨA CHÌ VÀ ANTIMON, BÓNG HÀN VÀ MỎI HÀN

(57) Sáng chế đề xuất hợp kim hàn không chứa chì và antimon, bóng hàn và mối hàn, là hợp kim có sức chịu cắt được cải thiện thu được bởi các hạt nhỏ ở mặt phân cách được gắn và có thể ngăn chặn sự phá hủy nóng chảy. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon có thành phần hợp kim bao gồm, theo phần trăm khối lượng, 0,1 đến 4,5% của Ag, 0,20 đến 0,85% của Cu, 0,005 đến 0,090% của Ni, và 0,0005 đến 0,0090% của Ge với lượng cân bằng là Sn, và thành phần hợp kim thỏa mãn các hệ thức (1) và (2): $0,006 \leq (Ag + Cu + Ni) \times Ge < 0,023$ (1), $(Sn/Cu) \times (Ni \times Ge)/(Ni + Ge) < 0,89$ (2). Ag, Cu, Ni, Ge, và Sn trong các hệ thức (1) và (2) mỗi thành phần đại diện các hàm lượng (phần trăm 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, bóng hàn, và mối hàn.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, các thiết bị điện tử đòi hỏi phải có khả năng tích hợp cao, dung lượng lớn hơn, và tốc độ cao hơn. Ví dụ, khối bán dẫn chẳng hạn như QFP (Quad Flat Package) được sử dụng, và khả năng tích hợp cao và chức năng cao ở cấp độ chip bán dẫn đang được theo đuổi. Trong quy trình sản xuất của QFP, quy trình đóng gói của liên kết để chip silicon được cắt từ tấm silicon đến khung dẫn được sử dụng.

Trong QFP, mà thu được bởi việc liên kết các vi điện cực chẳng hạn như BGA (Ball Grid Array), mối hàn được tạo ra bằng cách liên kết để chip silicon và khung dẫn với hợp kim hàn. Kim loại gốc, ví dụ, có lớp Ni làm lớp ngoài cùng được tạo ra trên chip silicon, để cải thiện khả năng thấm ướt với chất hàn và cải thiện sức kết dính. Tuy nhiên, khi lớp Ni là lớp ngoài cùng tiếp xúc với chất hàn nóng chảy, lớp Ni nóng chảy thành chất hàn nóng chảy và việc rửa trôi Ni xảy ra. Ở đây, lớp rào chắn chẳng hạn như Ti thường được tạo ra trên kim loại gốc để ngăn chặn Ni khỏi việc khuếch tán vào chip silicon. Khi việc rửa trôi Ni tiến triển và lớp Ti được để lộ ra, kim loại gốc đẩy lùi chất hàn nóng chảy mà không làm ướt, bởi vì khả năng thấm ướt của hợp kim hàn với Ti là rất kém. Hơn nữa, ngay cả khi rất ít của lớp Ni còn lại, các nguyên tử Ni khuếch tán vào chất hàn nóng chảy và Ti khuếch tán khó khăn vào Ni. Do đó, số lượng các hốc gia tăng ở cấp độ nguyên tử ở mặt phân cách giữa lớp Ti làm lớp rào chắn và lớp Ni, và sức kết dính ở mặt phân cách giữa rất ít lớp Ni và lớp Ti còn lại được giảm xuống rất thấp. Kết quả là, phần liên kết sau liên kết để có thể kém hơn ở khả năng chống va đập và khả năng chống chịu chu trình nhiệt. Do đó, việc giữ lại lớp Ni của kim loại gốc là rất quan trọng trong liên kết để.

Ngoài ra, trong vi điện cực chẳng hạn như BGA, các vết hàn được tạo ra bằng cách sử dụng các bóng hàn. Khi các bóng hàn được sử dụng, chất kết dính được đưa vào vi điện cực và các bóng hàn được đặt trên điện cực được phủ bằng chất nóng chảy. Sau

đó, các bóng hàn được nung chảy bằng cách gia nhiệt trong lò nung lại, và chất hàn nóng chảy làm ướt vi điện cực, sao cho các vết hàn được tạo ra trên các vi điện cực. Do đó, khi các bóng hàn được sử dụng, khả năng thấm ướt với điện cực được yêu cầu.

Thông thường, các hợp kim hàn Sn-Ag-Cu được sử dụng rộng rãi, và được sử dụng trong dạng của các bóng hàn cũng như đối với liên kết đế. Tuy nhiên, khi hợp kim hàn này được sử dụng, có thể cần phải cải thiện khả năng chống chịu chu trình nhiệt, khả năng chống va đập, và khả năng chống đổi màu trong số các yêu cầu khác nhau trong những năm gần đây. Do đó, để cải thiện các đặc tính này, các nghiên cứu khác nhau đã được thực hiện trên các hợp kim hàn Sn-Ag-Cu mà được sử dụng rộng rãi thông thường.

Ví dụ, Tài liệu sáng chế 1 bộc lộ hợp kim hàn Sn-Ag-Cu chứa Ni làm nguyên tố tùy chọn cũng như Ge và dạng tương tự làm nguyên tố cần thiết có chọn lọc. Tài liệu cũng bộc lộ rằng hợp kim hàn này thể hiện khả năng chống chịu chu trình nhiệt khi nó chứa Ni, và thể hiện khả năng chống va đập và/hoặc khả năng chống đổi màu khi nó chứa Ge.

Danh sách trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: patent Nhật số 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 mà có thể đồng thời đạt được cả ba hiệu quả, nghĩa là khả năng chống va đập, khả năng chống đổi màu, và khả năng chống chịu chu trình nhiệt. Tuy nhiên, dường như có chỗ cho sự cải tiến thêm với liên quan đến thiết kế hợp kim.

Mặc dù mỗi nguyên tố có ý nghĩa cụ thể của nó để được thêm vào hợp kim hàn, vì hợp kim hàn là đối tượng tích hợp được tạo ra bởi tổ hợp của tất cả các nguyên tố cấu thành và các nguyên tố cấu thành ảnh hưởng lẫn nhau, các nguyên tố cấu thành cần được chứa theo cách cân bằng tốt với tất cả. Đối với hợp kim hàn được mô tả trong tài liệu sáng chế 1, dường như là các hàm lượng của mỗi nguyên tố cấu thành được tối ưu riêng biệt, và đủ để thu được các hiệu quả được mô tả trong tài liệu sáng chế 1 ở thời điểm

nộp tài liệu sáng chế 1, tuy nhiên, để lấy hợp kim hàn chứa các nguyên tố cấu thành giống nhau phù hợp với các đòi hỏi gần đây, cần phải tối ưu độc lập hàm lượng của mỗi nguyên tố cấu thành sao cho mỗi tính chất có thể được cải thiện đồng thời, và ngoài ra, các nguyên tố cấu thành cần được chứa theo cách cân bằng tốt nhất.

Trong sáng chế được mô tả trong Tài liệu sáng chế 1, thiết kế hợp kim được tiến hành trên giả thiết rằng bóng hàn được đặt trên vi điện cực chẳng hạn như BGA. Ngoài ra, ngay cả khi hợp kim hàn được bộc lộ trong Tài liệu sáng chế 1 được sử dụng cho liên kết để với diện tích liên kết lớn, sự nứt gãy do sức căng bên ngoài có thể được bỏ qua. Do đó, khi bước hàn được thực hiện bằng cách sử dụng hợp kim hàn Sn-Ag-Cu-Ni-Ge, sự cải tiến về sức chịu cắt được yêu cầu. Ngoài ra, bột nhão được đưa vào điện cực trên lớp nền và bóng hàn trên BGA có thể không bị lẫn lộn trong khi nóng chảy, sao cho sự phá hủy nóng chảy có thể xảy ra trong đó ranh giới giữa bột nhão và bóng hàn còn lại. Sai hỏng liên kết nghiêm trọng này do đó phải được ngăn chặn.

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

Mục tiêu của sáng chế là đề xuất hợp kim hàn không chứa chì và antimon, bóng hàn, và mối hàn mà được cải thiện sức chịu cắt thu được bởi các hạt nhỏ ở mặt phân cách được gắn và có thể ngăn chặn sự phá hủy nóng chảy.

Giải pháp kỹ thuật

Hợp kim hàn gồm hai hoặc nhiều hơn các loại nguyên tố, và ảnh hưởng của các loại nguyên tố này có thể ảnh hưởng độc lập các tính chất của toàn bộ hợp kim hàn. Tuy nhiên, như được mô tả ở trên, bởi vì tất cả các nguyên tố cấu thành cấu thành đối tượng được tích hợp, các nguyên tố cấu thành liên quan lẫn nhau. Các tác giả đã tập trung vào thiết kế hợp kim bởi sức chịu cắt được cải thiện và sự phá hủy nóng chảy được ngăn chặn sao cho thiết kế hợp kim có thể không chỉ áp dụng cho BGA mà còn cho QFP thậm chí cho cùng các nguyên tố cấu thành là hợp kim hàn theo Tài liệu sáng chế 1, Một cách cụ thể, khi xem xét ý nghĩa của việc thêm mỗi trong số các nguyên tố cấu thành, các tác giả được tiến hành tìm kiếm chi tiết về thành phần khi xem xét của tỉ lệ cân bằng của mỗi trong số các nguyên tố cấu thành.

Ngoài ra, thông thường, trong trường hợp ở đó Pb được sử dụng cho lớp nền và sau đó được chôn lấp, mưa axit có thể khiến Pb làm ô nhiễm và chảy vào trong mạch nước ngầm. Sau đó, nó có thể ảnh hưởng đến cơ thể người bằng cách tích tụ trong gia súc và con người từ nước ngầm. Do đó, Pb được chỉ định làm chất điều chỉnh theo chỉ thị RoHS. Ngoài ra, trong những năm gần đây, vì các lý do môi trường và sức khỏe, có nhu cầu ngày càng tăng để tránh sử dụng không chỉ Pb mà còn Sb để có thể cải thiện các tính chất chu trình nhiệt của các hợp kim hàn gốc Sn. Do đó, các thành phần hợp kim đã được nghiên cứu để đạt được các tính chất mong muốn trong điều kiện không chứa chì và antimon.

Thứ nhất, nghiên cứu được thực hiện trên sự phá hủy nóng chảy mà không xảy ra trong bước hàn. Sự xuất hiện của sự phá hủy nóng chảy là do trạng thái của bóng hàn trên cạnh của BGA và bột nhão trên cạnh của lớp nền. Nếu lớp oxit Sn dày được tạo ra trên ít nhất một trong số bóng hàn và bột nhão, các hợp kim hàn của chúng sẽ hòa nhập kém với nhau trong khi nóng chảy, và ranh giới giữa bóng hàn và bột nhão do đó được tạo ra sau khi làm mát. Một phương tiện để loại bỏ màng oxit trên mỗi bề mặt là có thể sử dụng chất nóng chảy. Ngay cả khi chất nóng chảy được sử dụng, tuy nhiên, rất khó để loại bỏ hoàn toàn màng oxit, và khả năng thấm ướt giảm đi do màng oxit còn lại.

Tuy nhiên, ngay cả khi do bột nhão chứa chất nóng chảy, rất khó để loại bỏ cả màng oxit và cải thiện khả năng thấm ướt. Ngoài ra, vì thể tích của bóng hàn lớn hơn vài lần so với bột hàn được sử dụng cho bột nhão, hợp lý hơn để giải quyết vấn đề sự phá hủy nóng chảy trên cạnh của bóng hàn hơn là trên cạnh của bột nhão.

Nghiên cứu được tiến hành để ngăn chặn việc xảy ra sự phá hủy nóng chảy trong thành phần hợp kim trên cạnh của bóng hàn. Trong hợp kim hàn Sn-Ag-Cu-Ni-Ge, để ngăn chặn việc tạo ra lớp oxit Sn trên bề mặt của chúng, cần phải điều chỉnh thích hợp hàm lượng Ge đến phạm vi tối ưu. Ge làm nguyên tố chung mà kết hợp với oxi trong khí quyển để tạo ra oxit germani. Oxit germani được tạo ra là màng oxit cứng và giòn trên bề mặt của chất hàn nóng chảy. Tuy nhiên, màng oxit này dễ bị phá hủy bởi sự đối lưu của chính chất hàn nóng chảy và cũng bằng áp suất bên ngoài được đưa vào chất hàn nóng chảy ở thời điểm khi chip được đặt trên chất hàn nóng chảy. Do đó, sự dung hợp của bóng hàn và bột hàn trong bột nhão được tăng lên. Ngoài ra, nếu các hàm lượng Ag, Cu, và Ni được cân bằng một cách thích hợp, ΔT ở trong phạm vi thích hợp. Ngoài

ra, bột hàn cho bột nhão được dung hợp với bóng hàn trên BGA bằng cách điều chỉnh độ nhớt của chất hàn nóng chảy.

Khi xem xét những việc này, nghiên cứu chi tiết được tiến hành trên thực tế là việc dung hợp do sự cân bằng giữa các hàm lượng Ag, Cu, và Ni và hàm lượng Ge trong hợp kim hàn Sn-Ag-Cu-Ni-Ge. Kết quả là, người ta thấy rằng sự phá hủy nóng chảy không xảy ra khi các hàm lượng này cân bằng trong phạm vi định trước.

Các tác giả cũng nghiên cứu vụn các hợp chất liên kim được tạo ra ở mặt phân cách được gắn để ngăn việc xảy ra sự phá hủy nóng chảy và để cải thiện độ gắn kết của mối hàn. Để tạo ra hợp chất của Cu và Sn được tạo ra ở mặt phân cách được gắn, tỉ lệ hàm lượng của Cu và Sn cần có trong phạm vi định trước. Ngoài ra, trong hợp chất của Cu và Sn, vụn hợp chất đạt được bằng cách thay thế một phần của Cu với Ni. Một cách cụ thể hơn, khi mối hàn được tạo ra với hợp kim hàn chứa Cu và Ni, lớp hợp chất liên kim với cấu trúc tinh thể nhỏ hơn Cu_6Sn_5 được tạo ra bởi vì $(\text{Cu},\text{Ni})_6\text{Sn}_5$ được tạo ra ở mặt phân cách được gắn. Do đó, độ gắn kết của mối hàn được cải thiện bởi sự cải tiến trong sức bền của hợp chất liên kim. Các tác giả đã tập trung trên Ge làm nguyên tố mà dễ dàng tập trung trên bề mặt của hợp kim hàn và hòa tan trong Ni để làm biến dạng cấu trúc tinh thể của hợp chất. Khi Ge bằng lượng định trước, Ge hòa tan trong Ni trong hợp chất, cấu trúc tinh thể của hợp chất bị biến dạng, và $(\text{Cu},\text{Ni})_6\text{Sn}_5$ là dung dịch rắn được tăng sức bền.

Kết quả của việc nghiên cứu liên tục được tiến hành như trên, người ta thấy rằng trong hợp kim hàn Sn-Ag-Cu-Ni-Ge, các hàm lượng của mỗi nguyên tố cấu thành trong phạm vi định trước và Sn, Cu, Ni, và Ge thỏa mãn các mối quan hệ định trước, sao cho độ gắn kết được cải thiện bởi các vụn hợp chất. Sau đó, người ta thấy rằng Ag, Cu, Ni, và Ge có thể thỏa mãn việc ngăn chặn của sự phá hủy nóng chảy ở cùng thời điểm bằng cách cũng thỏa mãn các mối quan hệ định trước, như được mô tả ở trên.

Sáng chế thu được từ những phát hiện này như sau.

(1) Hợp kim hàn không chứa chì và antimon có thành phần hợp kim bao gồm, theo phần trăm khối lượng, 0,1 đến 4,5% của Ag, 0,20 đến 0,85% của Cu, 0,005 đến 0,090% của Ni, và 0,0005 đến 0,0090% của Ge với lượng cân bằng là Sn,

trong đó thành phần hợp kim thỏa mãn các hệ thức (1) và (2):

$$0,006 \leq (\text{Ag} + \text{Cu} + \text{Ni}) \times \text{Ge} < 0,023 \quad \text{Hệ thức (1)}$$

$$(\text{Sn}/\text{Cu}) \times (\text{Ni} \times \text{Ge})/(\text{Ni} + \text{Ge}) < 0,89 \quad \text{Hệ thức (2)}$$

trong đó Ag, Cu, Ni, Ge, và Sn trong các hệ thức (1) và (2) mỗi thành phần đại diện các hàm lượng (phần trăm khối lượng) trong thành phần hợp kim.

(2) Hợp kim hàn không chứa chì và antimon có thành phần hợp kim bao gồm, theo phần trăm khối lượng, 0,1 đến 4,5% của Ag, 0,20 đến 0,85% của Cu, 0,005 đến 0,090% của Ni, và 0,0005 đến 0,0090% của Ge với lượng cân bằng là Sn,

trong đó thành phần hợp kim thỏa mãn các hệ thức (1) và (2):

$$0,003 < (\text{Ag} + \text{Cu} + \text{Ni}) \times \text{Ge} < 0,023 \quad \text{Hệ thức (1)}$$

$$0,57 \leq (\text{Sn}/\text{Cu}) \times (\text{Ni} \times \text{Ge})/(\text{Ni} + \text{Ge}) < 0,89 \quad \text{Hệ thức (2)}$$

trong đó Ag, Cu, Ni, Ge, và Sn trong các hệ thức (1) và (2) mỗi đại diện các hàm lượng (phần trăm khối lượng) trong thành phần hợp kim.

(3) Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo (1) hoặc (2) nêu trên, trong đó thành phần hợp kim chứa 0,0005 đến 0,0045% của Ge theo phần trăm khối lượng.

(4) Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo hệ thức bất kỳ trong số các hệ thức từ (1) đến (3) nêu trên, trong đó thành phần hợp kim chứa một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm Mn, Pd, P, Au, Pt, Cr, Fe, Co, V, Mo, và Nb mỗi với giới hạn trên là 0,01% theo phần trăm khối lượng.

(5) Bóng hàn bao gồm hợp kim hàn không chứa chì và antimon hệ thức bất kỳ trong số các hệ thức từ (1) đến (4) nêu trên.

(6) Bóng hàn theo (5) nêu trên, có đường kính hạt trung bình từ 1 đến 1000 μm .

(7) Bóng hàn theo (5) hoặc (6) nêu trên, có độ cầu lớn hơn hoặc bằng 0,95.

(8) Bóng hàn theo (5) hoặc (6) nêu trên, có độ cầu lớn hơn hoặc bằng 0,99.

(9) Màng lưới bóng được tạo ra nhờ sử dụng bóng hàn hệ thức bất kỳ trong số các hệ thức từ (5) đến (8) nêu trên.

(10) Mỗi hàn bao gồm hợp kim hàn không chứa chì và antimon hệ thức bất kỳ trong số các hệ thức từ (1) đến (4) nêu trên.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế được mô tả chi tiết hơn bên dưới. Trong phần mô tả này, "%" liên quan đến thành phần hợp kim chất hàn đề cập đến "phần trăm khối lượng" trừ khi được chỉ ra khác đi.

1. Thành phần hợp kim

(1) 0,1 đến 4,5% của Ag

Ag là nguyên tố để cải thiện sức bền của hợp kim hàn bằng cách kết tủa vụn Ag_3Sn ở các biên hạt. Nếu hàm lượng Ag nhỏ hơn 0,1%, ảnh hưởng của việc thêm Ag không được thể hiện ra đủ. Về giới hạn dưới, hàm lượng Ag bằng 0,1% hoặc hơn, tốt hơn là 0,5% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 1,0% hoặc lớn hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 1,2% hoặc lớn hơn, và cụ thể tốt hơn là 2,0% hoặc lớn hơn, và tốt nhất là 2,5% hoặc lớn hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng Ag quá lớn, Ag_3Sn thô bị kết tủa, nhờ đó sức bền suy giảm. Về giới hạn trên, hàm lượng Ag là 4,5% hoặc ít hơn, tốt hơn là 4,0% hoặc ít hơn, tốt hơn nữa là 3,5% hoặc ít hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 3,2% hoặc ít hơn, và cụ thể tốt hơn là 3,0% hoặc ít hơn.

(2) 0,20 đến 0,85% của Cu

Cu là nguyên tố để có thể ngăn chặn việc rửa trôi Cu và cho phép kết tủa được tăng cường bởi Cu_6Sn_5 . Nếu hàm lượng Cu nhỏ hơn 0,20%, vì lượng kết tủa của Cu_6Sn_5 nhỏ và hợp chất SnNi bị kết tủa giòn, nên hợp kim hàn cũng trở nên giòn. Về giới hạn dưới, hàm lượng Cu bằng 0,20% hoặc lớn hơn, tốt hơn là 0,3% hoặc lớn hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,4% hoặc lớn hơn, và cụ thể tốt hơn là 0,5% hoặc lớn hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng Cu nhiều hơn 0,85%, nhiệt độ pha lỏng của hợp kim hàn cao và hợp kim hàn khó nóng chảy. Về giới hạn trên, hàm lượng Cu là 0,85% hoặc ít hơn, tốt hơn là 0,80% hoặc ít hơn, tốt hơn nữa là 0,75% hoặc ít hơn, và thậm chí tốt hơn nữa là 0,70% hoặc ít hơn.

(3) 0,005 đến 0,090% của Ni

Ni là nguyên tố để có thể điều khiển nhiệt độ pha lỏng của hợp kim hàn và ngăn chặn việc rửa trôi Ni tương tự với Cu. Nếu hàm lượng Ni nhỏ hơn 0,005%, ảnh hưởng của việc thêm Ni khó thể hiện ra. Về giới hạn dưới, 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, thậm chí tốt hơn nữa là 0,025% hoặc lớn hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,03% hoặc lớn hơn, cụ thể tốt

hơn là 0,04% hoặc lớn hơn, và tốt nhất là 0,05% hoặc lớn hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng Ni nhiều hơn 0,090%, nhiệt độ pha lỏng của hợp kim hàn cao và hợp kim hàn khó nóng chảy. Về giới hạn trên, hàm lượng Ni là 0,090% hoặc ít hơn, tốt hơn là 0,080% hoặc ít hơn, tốt hơn nữa là 0,075% hoặc ít hơn, và thậm chí tốt hơn nữa là 0,070% hoặc ít hơn.

(4) 0,0005 đến 0,0090% của Ge

Ge là nguyên tố để có thể ngăn chặn sự phá hủy nóng chảy và việc rửa trôi Ni. Khi Ge không được chứa, oxit thiếc được tạo ra trên bề mặt của chất hàn nóng chảy. Oxit thiếc khỏe và khó nứt gãy. Mặt khác, Ge được thêm vào hợp kim hàn phản ứng với O trong khí quyển để tạo ra màng oxit cứng và giòn trên bề mặt của chất hàn nóng chảy. Bởi vì màng oxit này giòn, rất dễ bị phá hủy bằng đối lưu của chính chất hàn nóng chảy hoặc lực bên ngoài tác dụng vào chip ở thời điểm khi chip được đặt. Do đó, việc tạo ra màng oxit của Sn bị ức chế, và màng oxit không được giữ lại trên bề mặt của chất hàn nóng chảy. Đối lập với màng oxit của Sn, sự dung hợp của bóng hàn và bột hàn trong bột nhão được tăng lên.

Ngoài ra, Ge là nguyên tố để có thể bị hòa tan trong Ni của $(\text{Cu,Ni})_6\text{Sn}_5$ được tạo ra ở mặt phân cách được gắn để ngăn chặn việc rửa trôi Ni. Bởi vì $(\text{Cu,Ni})_6\text{Sn}_5$ được tạo ra ở mặt phân cách được gắn, cấu trúc tinh thể của hợp chất này bị biến dạng bởi Ge, sao cho sự di chuyển của Ni trong hợp chất được ngăn chặn và sự di chuyển của Ni đến hợp kim hàn bị ức chế. Khi Ge không được chứa, cấu trúc tinh thể của $(\text{Cu,Ni})_6\text{Sn}_5$ được duy trì trong trạng thái được cân bằng, sau đó Ni ở mặt phân cách được gắn khuếch tán vào hợp kim hàn, và việc rửa trôi Ni xảy ra.

Khi hàm lượng Ge nhỏ hơn 0,0005%, oxit thiếc được tạo ra, cấu trúc tinh thể của $(\text{Cu,Ni})_6\text{Sn}_5$ không bị biến dạng, và hàm lượng nêu trên khó ảnh hưởng được thể hiện ra. Về giới hạn dưới, hàm lượng Ge là 0,0005% hoặc lớn hơn, tốt hơn là 0,002% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,003% hoặc lớn hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,0035% hoặc lớn hơn, và cụ thể tốt hơn là 0,004% hoặc lớn hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng Ge quá lớn, nhiệt độ pha lỏng cao và hợp kim hàn khó nóng chảy. Về giới hạn trên, hàm lượng Ge là 0,0090% hoặc ít hơn, tốt hơn là 0,0082% hoặc ít hơn, tốt hơn nữa là 0,0080% hoặc ít hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,0075% hoặc ít hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,0060% hoặc ít hơn, cụ thể tốt hơn là 0,0050% hoặc ít hơn, và tốt nhất là 0,0045% hoặc ít hơn.

(5) Bao gồm Một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm Mn, Pd, P, Au, Pt, Cr, Fe, Co, V, Mo, và Nb mỗi thành phần với giới hạn trên là 0,01%

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

(8) Sự cân bằng: Sn

Sự cân bằng của hợp kim hàn theo sáng chế là Sn. Ngoài các nguyên tố được nêu ở trên, các tạp chất không thể tránh khỏi có thể được chứa trong đó. Ngay cả khi các tạp chất không thể tránh khỏi có trong đó, nó không ảnh hưởng đến các ảnh hưởng được đề cập ở trên. Các ví dụ cụ thể của các tạp chất không thể tránh khỏi bao gồm As và Cd. Ngoài ra, mặc dù sáng chế không chứa chì và antimon, nó không loại trừ việc bao gồm Pb và Sb là các tạp chất không thể tránh khỏi. Nếu In được chứa trong đó, khả năng thấm ướt suy giảm, và tốt hơn là không chứa nó. Ngoài ra, Mn không được chứa trong đó bởi vì nó bị oxi hóa trong quá trình sản xuất của hợp kim hàn và rất khó để sản xuất hợp kim hàn.

(6) Hệ thức (1)

Sáng chế thỏa mãn hệ thức (1):

$$0,003 < (Ag + Cu + Ni) \times Ge < 0,023 \quad \text{Hệ thức (1)}$$

Trong hệ thức (1) nêu trên, Ag, Cu, Ni, và Ge mỗi đại diện các hàm lượng (phần trăm khối lượng) trong thành phần hợp kim.

Nếu hệ thức (1) được thỏa mãn, sự phá hủy nóng chảy được ngăn chặn. Ag, Cu, và Ni tạo ra các hợp chất với Sn như được mô tả ở trên. Nếu các hàm lượng của Ag, Cu, và Ni tăng lên, ΔT gia tăng bởi vì nhiệt độ pha lỏng tăng lên. Ngoài ra, các hợp chất của các nguyên tố này với Sn tăng lên trong khi nóng chảy và sự đóng rắn để tăng độ nhớt của chất hàn nóng chảy, và sự dung hợp của bột hàn trong bột nhào và bóng hàn trên BGA bị ức chế. Mặt khác, nếu các hàm lượng của các nguyên tố này quá nhỏ, màng oxit cứng và giòn của Ge sẽ được bao phủ dày bởi vì hàm lượng Ge trở nên quá lớn, nhờ đó sự phá hủy nóng chảy xảy ra. Khi hệ thức (1) được thỏa mãn, việc tạo ra màng oxit của Sn bị ức chế, và màng oxit không được giữ lại trên bề mặt của chất hàn nóng chảy. Đối

lập với màng oxit của Sn, sự dung hợp của bóng hàn và bột hàn trong bột nhão được tăng lên.

Về giới hạn dưới, hệ thức (1) cần lớn hơn 0,003 và tốt hơn là 0,004 hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,005 hoặc lớn hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,006 hoặc lớn hơn, và cụ thể tốt hơn là 0,007 hoặc lớn hơn, và tốt nhất là 0,008 hoặc lớn hơn. Về giới hạn trên, hệ thức (1) cần nhỏ hơn 0,023, tốt hơn là 0,022 hoặc ít hơn, tốt hơn nữa là 0,021 hoặc ít hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,020 hoặc ít hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,019 hoặc ít hơn, cụ thể tốt hơn là 0,018 hoặc ít hơn, và tốt nhất là 0,016 hoặc ít hơn, và có thể là 0,014 hoặc ít hơn, 0,013 hoặc ít hơn, 0,011 hoặc ít hơn, và 0,009 hoặc ít hơn.

(7) Hệ thức (2)

Sáng chế thỏa mãn hệ thức (2):

$$(\text{Sn}/\text{Cu}) \times (\text{Ni} \times \text{Ge})/(\text{Ni} + \text{Ge}) < 0,89 \quad \text{Hệ thức (2)}$$

Trong hệ thức (2) nêu trên, Cu, Ni, Ge, và Sn mỗi đại diện các hàm lượng (phần trăm khối lượng) trong thành phần hợp kim.

Trong hợp kim hàn Sn-Ag-Cu-Ni-Ge theo sáng chế, sự cân bằng giữa các hàm lượng của Cu, Ni, Ge, và Sn cần được xem xét để cải thiện sức chịu cắt ngay lập tức.

Để cải thiện độ gắn kết của mối hàn, vụn hợp chất liên kim được tạo ra ở liên kết mặt phân cách là cần thiết, trong đó sức căng bên ngoài được tập trung. Lý do là sức căng được phân tán ra các biên hạt bằng cách làm vụn hợp chất. Để tạo ra hợp chất của Cu và Sn ở mặt phân cách được gắn, tỉ lệ hàm lượng của Cu và Sn cần ở trong phạm vi định trước. Ngoài ra, vụn $(\text{Cu}, \text{Ni})_6\text{Sn}_5$ được tạo ra bằng cách đặt lại một phần của Cu với Ni, và Ge hòa tan in Ni và làm biến dạng cấu trúc tinh thể của hợp chất. Do đó người ta cho rằng độ gắn kết được cải thiện bằng cách tăng cường dung dịch rắn của $(\text{Cu}, \text{Ni})_6\text{Sn}_5$. Theo đó, người ta cho rằng trong hợp kim hàn Sn-Ag-Cu-Ni-Ge, Sn, Cu, Ni, và Ge thỏa mãn các mối quan hệ định trước, sao cho độ gắn kết được cải thiện bằng cách làm vụn và tăng cường dung dịch rắn của hợp chất.

Ngoài ra, việc xảy ra việc rửa trôi Ni cũng có thể được ngăn chặn bằng cách thỏa mãn hệ thức (2). Để ngăn chặn việc rửa trôi Ni, cần thiết để ngăn chặn sự khuếch tán của Ni ở mặt phân cách được gắn. Để ngăn chặn sự khuếch tán của Ni, sự di chuyển của Ni vào hợp kim hàn nên bị ức chế. Ở đây, người ta cho rằng $(\text{Cu}, \text{Ni})_6\text{Sn}_5$ được tạo ra ở

mặt phân cách được gắn, và cấu trúc tinh thể của hợp chất ngoài ra bị làm biến dạng bởi chứa Ge, mà hòa tan trong Ni, theo cách cân bằng tốt nhất, và sự khuếch tán của Ni được ngăn chặn.

Về giới hạn trên, hệ thức (2) nhỏ hơn 0,89, tốt hơn là 0,88 hoặc ít hơn, tốt hơn nữa là 0,84 hoặc ít hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,83 hoặc ít hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,81 hoặc ít hơn, cụ thể tốt hơn là 0,80 hoặc ít hơn, và tốt nhất là 0,79 hoặc ít hơn, và có thể là 0,73 hoặc ít hơn. Về giới hạn dưới, hệ thức (2) không bị giới hạn cụ thể, nhưng từ quan điểm của ngăn chặn việc rửa trôi Ni và cải thiện đủ sức chịu cắt, tốt hơn là nhiều hơn 0,25, tốt hơn nữa là 0,32 hoặc lớn hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,34 hoặc lớn hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,36 hoặc lớn hơn, cụ thể tốt hơn là 0,37 hoặc lớn hơn, và tốt nhất là 0,44 hoặc lớn hơn, và có thể là 0,49 hoặc lớn hơn, 0,57 hoặc lớn hơn, 0,63 hoặc lớn hơn, và 0,71 hoặc lớn hơn.

Do đó, hợp kim hàn theo sáng chế cần thỏa mãn các hệ thức (1) và (2) để đạt được cả việc ngăn chặn của sự phá hủy nóng chảy và sự cải tiến trong sức chịu cắt. Kết quả là, việc rửa trôi Ni cũng có thể được ngăn chặn.

(8) ΔT

Tốt hơn là ΔT của hợp kim hàn theo sáng chế trong phạm vi định trước bởi vì vùng tồn tại chung pha rắn và lỏng rất hẹp, và sự gia tăng độ nhớt của chất hàn nóng chảy có thể được ngăn chặn. Phạm vi của ΔT là tốt hơn là 100°C hoặc ít hơn, tốt hơn nữa là 70°C hoặc ít hơn, và thậm chí tốt hơn nữa là 40°C hoặc ít hơn.

3. Bóng hàn

Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo sáng chế là phù hợp nhất cho dạng của các bóng hàn được sử dụng cho BGA. Độ cầu của bóng hàn tốt hơn là 0,90 hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,95 hoặc lớn hơn, và tốt nhất là 0,99 hoặc lớn hơn. Độ cầu được xác định bằng các phương pháp khác nhau chẳng hạn như phương pháp vòng tròn bình phương tối thiểu (phương pháp LSC), phương pháp vòng 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). Trong sáng chế, độ cầu của bóng hàn được đo nhờ dùng hệ thống đo hình ảnh CNC (thiết bị đo Ultra Quick Vision ULTRA QV350-PRO được sản xuất bởi tập đoàn Mitutoyo) nhờ sử dụng phương pháp

vòng tròn vùng tối thiểu (phương pháp MZC). Trong sáng chế, độ cầu đại diện độ lệch với hình cầu tuyệt đối, và ví dụ, độ cầu là giá trị trung bình số học được tính toán khi đường kính của mỗi bóng trong số 500 bóng được chia theo trục chính. Giá trị của độ cầu càng gần với giới hạn trên của 1,00, thì càng gần với hình cầu tuyệt đối.

Các bóng hàn theo sáng chế được sử dụng để tạo ra các vết trên điện cực và các lớp nền của các khối bán dẫn chẳng hạn như BGA (mảng lưới bóng). Đường kính của bóng hàn theo sáng chế tốt hơn là trong phạm vi từ 1 đến 1000 μm và tốt hơn nữa là 50 μm hoặc lớn hơn đến 300 μm . Bóng hàn có thể được chế tạo bởi phương pháp chế tạo bóng hàn thông thường. Đường kính trong sáng chế có nghĩa là đường kính được đo bởi thiết bị đo Ultra Quick Vision ULTRA QV350-PRO được chế tạo bởi tập đoàn Mitutoyo.

4. Mỗi hàn

Mỗi hàn theo sáng chế phù hợp để nối giữa chip IC với khối bán dẫn và lớp nền của nó (lớp ở giữa), hoặc để nối giữa khối bán dẫn và bảng mạch in. Ở đây, thuật ngữ "mỗi hàn" theo sáng chế được xác định làm phần nối ở giữa IC chip và lớp nền, mà được nối nhờ sử dụng hợp kim hàn được mô tả nêu trên theo sáng chế, và phần nối bao gồm mỗi nối điện cực hoặc phần nối ở giữa đế và lớp nền.

5. Phương pháp khác

Phương pháp gắn kết nhờ sử dụng hợp kim hàn theo sáng chế được thực hiện theo phương pháp thông thường ví dụ nhờ sử dụng phương pháp chảy ngược. Nhiệt độ nung có thể được điều chỉnh thích hợp phụ thuộc vào khả năng chịu nhiệt của chip hoặc nhiệt độ pha lỏng của hợp kim hàn. Khoảng 240°C nhiệt độ nung tốt hơn từ quan điểm của việc ngăn chặn hư hại vì nhiệt cho chip. Nhiệt độ nóng chảy của hợp kim hàn để thực hiện bước hàn chảy có thể xấp xỉ bằng 20°C cao hơn nhiệt độ pha lỏng. Trong trường hợp trong đó bước gắn kết được tiến hành bằng cách sử dụng hợp kim hàn theo sáng chế, cấu trúc có thể còn được làm vụn bằng cách xem xét tốc độ làm mát trong quá trình đóng rắn. Ví dụ, mỗi hàn được làm mát ở tốc độ làm mát bằng từ 2 đến 3°C/s hoặc cao hơn. Các điều kiện gắn kết khác có thể được điều chỉnh thích hợp phụ thuộc vào thành phần hợp kim của hợp kim hàn.

Hợp kim hàn theo sáng chế cho phép hợp kim tia- α được tạo ra bằng cách sử dụng vật liệu tia- α thấp làm vật liệu thô của chúng. Khi hợp kim tia- α này được sử dụng để tạo ra các vết hàn trong phần ngoại vi của bộ nhớ, các lỗi mềm có thể được ngăn chặn.

Các ví dụ

Đối với các hợp kim hàn cấu thành từ các thành phần hợp kim như thể hiện trên Bảng 1, sự phá hủy nóng chảy và ΔT thu được từ nhiệt độ pha lỏng và nhiệt độ pha rắn được đánh giá như sau. Sức chịu cắt và việc rửa trôi Ni cũng được đánh giá.

(1) sự xuất hiện hoặc không xuất hiện của sự phá hủy nóng chảy

Các hợp kim hàn như thể hiện trên Bảng 1 đã xác minh sự xuất hiện hoặc không xuất hiện của sự phá hủy nóng chảy. Phương pháp để xác minh chúng là đã chuẩn bị các hợp kim hàn dựa trên các thành phần của các ví dụ và các ví dụ so sánh được đúc và cán, và chúng được đập thành những viên nhỏ (mỗi viên bằng 2 mm (chiều dài) $\times$ 2 mm (chiều rộng) $\times$ 0,1 mm (chiều dày)). Những mảnh nhỏ này được tạo ra làm vật liệu tấm có kích thước định trước, mà được đặt trên tấm Cu trên đó quy trình bảo quản khả năng hàn hữu cơ (organic solderability preservative, OSP) (quy trình làm nóng chảy chất trước hòa tan được trong nước) được thực hiện và chất nóng chảy được đưa vào. Chúng được chảy ngược, và sau đó bề mặt của chúng được làm sạch và ở lại môi trường của nhiệt độ bằng 125°C và độ ẩm RH của 100% RH trong 24 giờ. Ngoài ra, các bóng hàn (trong trường hợp của ví dụ này, đường kính của chúng là 300 μ m) mà được chuẩn bị trước bằng cách sử dụng hợp kim hàn bao gồm, theo phần trăm khối lượng, 3,0% của Ag và 0,5% của Cu với lượng cân bằng là Sn (Sn-3,0Ag-0,5Cu) ở lại môi trường của nhiệt độ bằng 125°C và độ ẩm RH bằng 100% RH trong 24 giờ tương tự với các thành phần viên nhỏ. Tiếp theo, chất nóng chảy được đưa vào các mẫu được làm từ các hợp kim hàn của các ví dụ hoặc các ví dụ so sánh, và số định trước của các bóng hàn được đặt trên đó. Trong các ví dụ, số lượng các bóng hàn được đặt thành chín mảnh và các vật liệu tấm 5 tương ứng được chuẩn bị. Sau đó, sau khi việc chảy ngược được thực hiện, số lượng các bóng hàn dung hợp thất bại được tính toán và tỉ lệ đến của sai hỏng dung hợp được xác định. Thuật ngữ sự phá hủy nóng chảy được xác định làm trạng thái trong đó các mảnh nhỏ và các bóng hàn không được liên kết với nhau.

Khi số lượng của các bóng hàn thất bại khi dung hợp bằng 0 hoặc ít hơn, được đánh giá là "A"; khi nó lớn hơn hoặc bằng 0 và nhỏ hơn hoặc bằng 10, được đánh giá là "B"; và khi lớn hơn 10, được đánh giá là "D".

(2) ΔT (K)

Mỗi hợp kim hàn như thể hiện trên Bảng 1 được chuẩn bị, và nhiệt độ nóng chảy của chất hàn được đo. Phép đo nhiệt độ pha rắn được thực hiện theo JIS Z3198-1, Nhiệt độ pha lỏng được đo, thay vì JIS Z3198-1, với phương pháp với DSC tương tự như phương pháp đo nhiệt độ pha rắn theo JIS Z3198-1, ΔT (K), là khác nhau giữa nhiệt độ pha lỏng đo được và nhiệt độ pha rắn, được xác định. Khi ΔT (K) là 100 K hoặc ít hơn, được đánh giá là "B", và khi trên 100 K, được đánh giá là "D".

(3) Sức chịu cắt

Các bóng hàn với đường kính của 0,6 mm được chuẩn bị từ các thành phần hàn như thể hiện trên Bảng 1, các bóng hàn này được sử dụng cho bước hàn đến lớp nền với độ dày của 1,2 mm và kích thước điện cực bằng 0,5 mm đường kính (Cu-OSP).

Đối với các điều kiện hàn, chất nóng chảy (được chế tạo bởi SENJU METAL INDUSTRY CO., LTD.: WF-6400) được áp dụng trên điện cực, và bước hàn được tạo ra nhờ sử dụng thiết bị chảy ngược (được chế tạo bởi SENJU METAL INDUSTRY CO., LTD.: SNR-615) dưới hồ sơ chảy ngược với nhiệt độ đỉnh bằng 245°C và tốc độ làm lạnh của 2°C/s. Mẫu được chuẩn bị phải chịu bài kiểm tra sức chịu cắt dưới các điều kiện của tỷ lệ cắt của 1000 mm/s trong sức chịu cắt thiết bị đo (được chế tạo bởi Nordson Dage: SERIES 4000HS).

(4) việc rửa trôi Ni

Thực hiện với độ dày bằng 250 μm và được làm từ thành phần hợp kim như thể hiện trên Bảng 1 được gắn trên khung dẫn Cu. Sau đó, chip IC có kim loại gốc trên cạnh của lớp nền bề mặt gắn kết của chip silicon của 5 mm $\times$ 5 mm $\times$ 200 μm^t được gắn trên hợp kim hàn. Kim loại gốc thu được bởi tuần tự xếp chồng 0,05 μm lớp Ti làm lớp rào chắn, và 0,20 μm lớp Ni. Việc lắp đặt được thực hiện theo hướng sao cho trong chip IC có kim loại gốc, lớp Ni được tiếp xúc với hợp kim hàn. Lớp nền với hợp kim hàn và chip IC được gắn trên đó được nung trong lò nung lại sao cho nhiệt độ cao nhất là 240°C, sau đó liên kết để được thực hiện.

Sau đó, phần giao nhau của khung dẫn thu được phóng to lên bằng hệ số 30000 trên màn hình SEM, và giá trị trung bình của độ dày màng của lớp Ni được tính toán từ 10 vị trí tùy ý.

Các kết quả được thể hiện trong bảng 1.

[Bảng 1]

	Thành phần hợp kim (phần trăm khối lượng)						Hệ thức (1)	Hệ thức (2)	Sự phá hủy nóng chảy	ΔT	Đánh giá toàn diện
	Sn	Ag	Cu	Ni	Ge	thành phần khác					
Ví dụ1	Bal.	0,5	0,50	0,010	0,0080		0,008	0,88	B	B	B
Ví dụ2	Bal.	1,0	0,50	0,050	0,0040		0,006	0,73	A	B	B
Ví dụ3	Bal.	1,0	0,70	0,010	0,0082		0,014	0,63	B	B	B
Ví dụ4	Bal.	1,0	0,50	0,080	0,0030		0,005	0,57	A	B	B
Ví dụ5	Bal.	2,0	0,75	0,070	0,0030		0,008	0,37	A	B	B
Ví dụ6	Bal.	2,5	0,70	0,030	0,0040		0,013	0,49	A	B	B
Ví dụ7	Bal.	3,0	0,50	0,005	0,0030		0,011	0,36	A	B	B
Ví dụ8	Bal.	3,0	0,50	0,010	0,0020		0,007	0,32	A	B	B
Ví dụ9	Bal.	3,0	0,50	0,050	0,0045		0,016	0,80	A	B	B

Ví dụ10	Bal.	3,5	0,50	0,020	0,0035		0,014	0,57	A	B	B
Ví dụ11	Bal.	3,5	0,50	0,070	0,0040		0,016	0,73	A	B	B
Ví dụ12	Bal.	3,5	0,80	0,070	0,0030		0,013	0,34	A	B	B
Ví dụ13	Bal.	4,0	0,80	0,010	0,0045		0,022	0,37	A	B	B
Ví dụ14	Bal.	4,5	0,20	0,025	0,0020		0,009	0,88	A	B	B
Ví dụ15	Bal.	4,5	0,80	0,060	0,0040		0,021	0,44	A	B	B
Ví dụ16	Bal.	1,0	0,50	0,080	0,0045		0,007	0,84	A	B	B
Ví dụ17	Bal.	2,5	0,75	0,070	0,0060		0,020	0,71	A	B	B
Ví dụ18	Bal.	2,0	0,75	0,070	0,0075		0,021	0,88	A	B	B
Ví dụ19	Bal.	1,2	0,50	0,050	0,0045		0,008	0,81	A	B	B
Ví dụ20	Bal.	3,0	0,50	0,050	0,0050		0,018	0,88	A	B	B
Ví dụ21	Bal.	3,2	0,50	0,030	0,0050		0,019	0,83	A	B	B
Ví dụ22	Bal.	3,5	0,50	0,050	0,0045	Mn:0,01	0,018	0,79	A	B	B

Ví dụ23	Bal.	3,5	0,50	0,050	0,0045	Pd:0,01	0,018	0,79	A	B	B
Ví dụ24	Bal.	3,5	0,50	0,050	0,0045	P:0,01	0,018	0,79	A	B	B
Ví dụ25	Bal.	3,5	0,50	0,050	0,0045	Au:0,01	0,018	0,79	A	B	B
Ví dụ26	Bal.	3,5	0,50	0,050	0,0045	Pt:0,01	0,018	0,79	A	B	B
Ví dụ27	Bal.	3,5	0,50	0,050	0,0045	Cr:0,01	0,018	0,79	A	B	B
Ví dụ28	Bal.	3,5	0,50	0,050	0,0045	Fe:0,01	0,018	0,79	A	B	B
Ví dụ29	Bal.	3,5	0,50	0,050	0,0045	Co:0,01	0,018	0,79	A	B	B
Ví dụ30	Bal.	3,5	0,50	0,050	0,0045	V:0,01	0,018	0,79	A	B	B
Ví dụ31	Bal.	3,5	0,50	0,050	0,0045	Mo:0,01	0,018	0,79	A	B	B
Ví dụ32	Bal.	3,5	0,50	0,050	0,0045	Nb:0,01	0,018	0,79	A	B	B
Ví dụ so sánh1	Bal.	3,0	0,50	0,030	<u>0,0150</u>		<u>0,053</u>	<u>1,93</u>	D	B	D
Ví dụ so sánh2	Bal.	2,0	0,75	0,070	0,0080		<u>0,023</u>	<u>0,93</u>	D	B	D

Ví dụ so sánh3	Bal.	3,5	0,50	0,100	0,1500		0,615	11,49	D	D	D
Ví dụ so sánh4	Bal.	3,5	0,50	0,200	0,0500		0,210	7,66	D	D	D
Ví dụ so sánh5	Bal.	3,5	0,50	0,200	0,1000		0,420	12,76	D	D	D
Ví dụ so sánh6	Bal.	1,2	0,50	0,050	0,0001		0,000	0,02	D	B	D
Ví dụ so sánh7	Bal.	1,2	0,50	0,050	0,0005		0,001	0,10	D	B	D
Ví dụ so sánh8	Bal.	1,2	0,50	0,050	0,0010		0,002	0,19	D	B	D
Ví dụ so sánh9	Bal.	1,2	0,50	0,050	0,0200		0,035	2,81	S	B	D
Ví dụ so sánh10	Bal.	4,5	0,85	0,005	0,0005		0,003	0,05	D	B	D

Ví dụ so sánh 11	Bal.	0,1	0,20	0,050	0,0005		0,000	0,25	D	B	D
---------------------	------	-----	------	-------	--------	--	-------	------	---	---	---

đường gạch chân chỉ ra rằng nó không nằm trong phạm vi của sáng chế.

Như thể hiện trên bảng 1, theo các ví dụ từ 1 đến 32, tiết lộ rằng sự phá hủy nóng chảy không xảy ra và ΔT trong phạm vi định trước bởi vì hàm lượng của mỗi nguyên tố cấu thành và các hệ thức (1) và (2) thỏa mãn cho tất cả các thành phần hợp kim. Ngoài ra, xác nhận rằng các mối hàn bao gồm các hợp kim hàn của các ví dụ thể hiện các giá trị sức chịu cắt cao hơn bất kỳ các ví dụ so sánh nào. Ngoài ra, đã xác nhận rằng giá trị trung bình của độ dày màng của lớp Ni nhiều hơn hoặc bằng 20% độ dày màng ban đầu.

Mặt khác, theo các ví dụ so sánh từ 1 đến 11, hệ thức (1) không được thỏa mãn, nhờ đó nhiều bóng hàn dung hợp thất bại được phát hiện. Ngoài ra, Sn-1,2Ag-0,50Cu-0,050Ni-0,0050Ge hợp kim hàn (các giá trị số được diễn giải theo phần trăm khối lượng; sự cân bằng là Sn và các tạp chất không thể tránh khỏi) và Sn-1,2Ag-0,50Cu-0,050Ni-0,0100Ge hợp kim hàn (các giá trị số được diễn giải theo phần trăm khối lượng; sự cân bằng là Sn và các tạp chất không thể tránh khỏi) có sức chịu cắt kém của các mối hàn bởi vì chúng thỏa mãn hệ thức (1) nhưng không thỏa mãn hệ thức (2).

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon có thành phần hợp kim bao gồm, theo phần trăm khối lượng:

từ 0,1 đến 4,5% của Ag,

từ 0,20 đến 0,85% của Cu,

từ 0,005 đến 0,090% của Ni, và

từ 0,0005 đến 0,0090% của Ge, với lượng cân bằng là Sn,

trong đó thành phần hợp kim thỏa mãn các hệ thức (1) và (2):

$$0,005 \leq (Ag + Cu + Ni) \times Ge < 0,023 \quad \text{hệ thức (1)}$$

$$(Sn/Cu) \times (Ni \times Ge)/(Ni + Ge) < 0,49 \quad \text{hệ thức (2)}$$

trong đó Ag, Cu, Ni, Ge, và Sn trong các hệ thức (1) và (2) mỗi hệ thức đại diện các hàm lượng (phần trăm khối lượng) của chúng trong thành phần hợp kim.

2. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon có thành phần hợp kim bao gồm, theo phần trăm khối lượng,

từ 0,1 đến 4,5% của Ag,

từ 0,20 đến 0,85% của Cu,

từ 0,005 đến 0,090% của Ni, và

từ 0,0005 đến 0,0090% của Ge, với lượng cân bằng là Sn,

trong đó thành phần hợp kim thỏa mãn các hệ thức (1) và (2):

$$0,003 < (Ag + Cu + Ni) \times Ge < 0,023 \quad \text{hệ thức (1)}$$

$$0,57 \leq (Sn/Cu) \times (Ni \times Ge)/(Ni + Ge) < 0,89 \quad \text{hệ thức (2)}$$

trong đó Ag, Cu, Ni, Ge, và Sn trong các hệ thức (1) và (2) mỗi đại diện các hàm lượng (phần trăm khối lượng) của chúng trong thành phần hợp kim.

3. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm 1 hoặc 2, trong đó, theo phần trăm khối lượng,

thành phần hợp kim bao gồm 0,0005 đến 0,0045% của Ge.

4. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó, theo phần trăm khối lượng,

thành phần hợp kim bao gồm một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm Mn, Pd, P, Au, Pt, Cr, Fe, Co, V, Mo, và Nb mỗi thành phần có giới hạn trên là 0,01%.

5. Bóng hàn bao gồm hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4.

6. Bóng hàn theo điểm 5, có đường kính hạt trung bình nằm trong khoảng từ 1 đến 1000 μm .

7. Bóng hàn theo điểm 5 hoặc 6, có độ cầu lớn hơn hoặc bằng 0,95.

8. Bóng hàn theo điểm 5 hoặc 6, có độ cầu lớn hơn hoặc bằng 0,99.

9. Màng lưới bóng được tạo ra nhờ sử dụng bóng hàn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 5 đến 8.

10. Mối hàn bao gồm hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4.