



(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)



1-0031257

(51)⁷ B22F 1/00; B23K 1/00; B23K 1/19; (13) B
B23K 35/362; B23K 35/26; B23K 35/30;
B23K 35/36; B22F 1/02; B23K 35/02

(21) 1-2019-06278

(22) 08/11/2019

(30) 2018-211535 09/11/2018 JP

(45) 25/03/2022 408

(43) 25/05/2020 386ASC

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

23, Senju-Hashido-cho, Adachi-ku, Tokyo 120-8555, Japan

(72) Hiroyoshi KAWASAKI (JP); Yuri NAKAMURA (JP); Osamu MUNEKATA (JP);
Kaichi TSURUTA (JP).

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

(54) BÓNG HÀN, MÔI HÀN VÀ PHƯƠNG PHÁP NÓI

(57) Sáng chế đề cập đến bóng hàn bao gồm In với lượng nằm trong khoảng từ 0,1% đến 10% khối lượng và phần còn lại là Sn, trong đó bóng hàn có sắc vàng (b*) trong hệ thống màu $L^*a^*b^*$ nằm trong khoảng từ 2,8 đến 15,0 và độ sáng (L^*) trong hệ thống màu $L^*a^*b^*$ nằm trong khoảng từ 60 đến 100. Bóng hàn còn bao gồm ít nhất một nguyên tố được chọn từ nhóm gồm Ag với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 4% khối lượng, Cu với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 1,0% khối lượng, nguyên tố được chọn từ nhóm gồm Bi và Sb với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 3% tổng khối lượng, và nguyên tố được chọn từ nhóm gồm Ni, Co, Fe, Ge, và P với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 0,1% tổng khối lượng, với điều kiện là bóng hàn bao gồm Ag với lượng bằng 3% khối lượng, Cu với lượng bằng 0,5% khối lượng, In với lượng bằng 0,2% khối lượng và phần còn lại là Sn được loại trừ.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến bóng hàn, mối hàn, và phương pháp nối.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Với việc tiểu hình hóa và gắn các linh kiện điện tử với mật độ cao ngày nay, khi gắn (các) linh kiện điện tử lên bảng mạch in hoặc dạng tương tự, các kỹ thuật mảng lưới bóng (BGA - ball grid array) và gói quy mô chip (CSP - chip size package) đã được sử dụng. Là thành phần của chất hàn được sử dụng để hàn (các) linh kiện điện tử, chất hàn không chỉ nền Sn-In được lấy làm ví dụ. Được biết rằng chất hàn không chỉ nền Sn-In tạo ra các hiệu quả khác nhau do sự bổ sung lượng định trước của In vào Sn.

Ví dụ, khi hàn (các) linh kiện điện tử trên bề mặt của điện cực Cu mà đã được xử lý liên tục bằng Ni và Au, tốc độ khuếch tán của Au vào Sn là rất nhanh, vì thế lớp mạ Au mất đi khỏi phía trên của điện cực do sự khuếch tán của Au vào Sn. Do đó, có vấn đề là sự phát triển của hợp chất liên kim (IMC - intermetallic compounds) giữa Ni và Cu là lớp nằm dưới của Au và Sn trong chất hàn không chỉ có thể dễ dàng tiến triển. Cũng có vấn đề là tính thấm ướt của chất hàn không chỉ có thể giảm đi. Do đó, ví dụ, “The growth process of intermetallic compounds at the interface between Au and In-Sn solder”, bởi Ikuo Soji, tạp chí của Học viện gói điện tử Nhật Bản, 1999, trang 121-126, bộc lộ kỹ thuật trì hoãn tốc độ khuếch tán của In vào Sn bằng cách sử dụng chất hàn không chỉ nền Sn-In có lượng In tăng thêm.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật cần giải quyết bởi sáng chế

Tuy nhiên, việc tăng lượng In, là kim loại hiếm, để bổ sung vào chất hàn không chỉ nền Sn-In sẽ làm giảm quá mức nhiệt độ nóng chảy của chất hàn trong chất hàn Sn-In, mà là chất hàn nhiệt độ thấp. Do đó, vật liệu chất hàn không chỉ nền Sn-In mà

có thể đạt được hiệu quả nhờ việc bổ sung In bằng cách bổ sung lượng In nhất định, được mong muốn.

Theo đó, để giải quyết các vấn đề trên, mục đích của sáng chế là đề xuất bóng hàn, mối hàn và phương pháp nối mà có thể đảm bảo tính thấm ướt của chất hàn trong quá trình nối hàn mà không cần tăng lượng In được bổ sung vào chất hàn nền Sn-In.

Cách thức để giải quyết vấn đề

Để giải quyết các vấn đề trên, liên quan đến bóng hàn thu được bằng cách cải thiện chất hàn không chỉ nền Sn-In hiện có và tạo ra chất hàn không chỉ nền Sn-In cải thiện có hình dạng quả bóng, các tác giả sáng chế nhận ra rằng sự khuếch tán của Au vào chất hàn trong quá trình nối hàn có thể được ức chế bằng cách cho bóng hàn chính nó chịu xử lý già hóa chẳng hạn như gia nhiệt, ở giai đoạn trước khi nối bóng hàn, để từ đó tạo ra màng oxit trong đó mật độ của In được làm giàu trên bề mặt bóng hàn.

Sáng chế được mô tả như sau:

(1) Bóng hàn bao gồm In với lượng nằm trong khoảng từ 0,1% đến 10% khối lượng và phần còn lại là Sn, trong đó bóng hàn có sắc vàng (b^*) trong hệ thống màu $L^*a^*b^*$ nằm trong khoảng từ 2,8 đến 15,0 và độ sáng (L^*) trong hệ thống màu $L^*a^*b^*$ nằm trong khoảng từ 60 đến 100 và trong đó bóng hàn còn bao gồm ít nhất một nguyên tố được chọn từ nhóm gồm Ag với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 4% khối lượng, Cu với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 1,0% khối lượng, nguyên tố được chọn từ nhóm gồm Bi và Sb với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 3% tổng khối lượng, và nguyên tố được chọn từ nhóm gồm Ni, Co, Fe, Ge, và P với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 0,1% tổng khối lượng, với điều kiện là bóng hàn bao gồm Ag với lượng bằng 3% khối lượng, Cu với lượng bằng 0,5% khối lượng, In với lượng bằng 0,2% khối lượng và phần còn lại là Sn được loại trừ.

(2) Bóng hàn In theo mục (1) ở trên, hàm lượng của In là nằm trong khoảng từ

0,1% đến 7% khối lượng.

(3) Bóng hàn In theo mục (1) hoặc (2) ở trên, bóng hàn có đường kính hình cầu nằm trong khoảng từ 0,1 μm đến 120 μm .

(4) Mỗi hàn bao gồm bóng hàn theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (3) ở trên.

(5) Phương pháp nối bao gồm các bước bố trí các bóng hàn theo mục bất kỳ trong số các mục (1) từ (3) ở trên lên các điện cực và nung chảy các bóng hàn được bố trí lên các điện cực này bằng cách sử dụng khí axit hữu cơ.

Hiệu quả của sáng chế

Theo sáng chế, liên quan đến các vấn đề xảy ra khi sử dụng chất hàn không chỉ nền Sn-In, có thể ức chế sự khuếch tán của Au vào chất hàn trong quá trình nối hàn trong khi ngăn việc tăng lượng In được bổ sung vào, nhờ đó ức chế sự phát triển của IMC mà không làm giảm tính thấm ướt của chất hàn.

Mô tả chi tiết sáng chế

Bóng hàn theo một phương án chứa Sn làm thành phần chính và chứa In với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 10% khối lượng, và có sắc vàng (b^*) trong hệ thống màu $L^*a^*b^*$ nằm trong khoảng từ 2,8 đến 15,0. Bóng hàn cũng có độ sáng (L^*) trong hệ thống màu $L^*a^*b^*$ nằm trong khoảng từ 60 đến 100, và đường kính hình cầu nằm trong khoảng từ 0,1 μm đến 120 μm . Ngoài ra, bóng hàn theo phương án có màng oxit có độ dày định trước trên bề mặt của nó. Màng oxit được tạo ra bằng cách thực hiện bước xử lý già hóa bất kỳ. Các ví dụ của bước xử lý già hóa bao gồm cho tiếp xúc với môi trường (cố định) hoặc xử lý dùng nhiệt.

(1) In: nằm trong khoảng từ 0% đến 10,0% khối lượng

Hàm lượng của In trong bóng hàn là nằm trong khoảng từ 0% đến 10,0% khối

lượng. Bằng cách đặt hàm lượng In với lượng nhiều hơn 0%, lượng In nhất định có thể được đảm bảo, vì thế có thể ngăn được sự khuếch tán của Au vào chất hàn. Ngoài ra, bằng cách đặt hàm lượng In với lượng ít hơn hoặc bằng 10,0% khối lượng, sự phát triển của màng oxit có thể được ức chế trong một khoảng nhất định, vì thế sự khuếch tán của Au vào chất hàn có thể ngăn được mà không làm giảm tính thấm ướt của chất hàn. Ngoài ra, bằng cách đặt hàm lượng In trong các khoảng trên, hàm lượng In có thể giảm đi, vì thế giá thành có thể giảm đi. Ngoài ra, tốt hơn là hàm lượng In nằm trong khoảng từ 0,1% đến 7,0% khối lượng, và tốt hơn nữa nếu hàm lượng In nằm trong khoảng từ 3,0% đến 7,0% khối lượng. Hàm lượng trên của In có thể thực hiện được bằng cách làm giàu mật độ của In thông qua bước xử lý già hóa.

(2) Đường kính hình cầu của bóng hàn: nằm trong khoảng từ 0,1 μm đến 120 μm

Bóng hàn có đường kính hình cầu nằm trong khoảng từ 0,1 μm đến 120 μm . Điều này là do nếu đường kính hình cầu của bóng hàn vượt quá 120 μm , có thể khó hàn các bóng hàn với bước hàn nhỏ, vì thế không thể đáp ứng yêu cầu cho việc tiêu hình hóa lớp nền và thu hẹp các điện cực của các linh kiện điện tử. Giá trị giới hạn dưới được đặt lớn hơn hoặc bằng 0,1 μm , là giới hạn của đường kính hình cầu mà về mặt kỹ thuật có thể được sử dụng cho việc tạo ra bước hàn. Như được mô tả ở trên, bằng cách đặt đường kính hình cầu của bóng hàn 10 trong khoảng nằm trong khoảng từ 0,1 μm đến 120 μm , có thể đáp ứng được việc tiêu hình hóa và sự tích hợp mức cao của các linh kiện điện tử. Ngoài ra, hiệu quả của việc ngăn sự khuếch tán của Au vào chất hàn được mô tả ở trên có thể đạt được khi kích thước hạt của bóng hàn được giảm đi. Do đó, đường kính hình cầu của bóng hàn tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 120 μm , tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 80 μm , tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 50 μm , tốt nhất là nhỏ hơn hoặc bằng 30 μm .

(3) Sắc vàng (b^*) trong hệ thống màu $L^*a^*b^*$: nằm trong khoảng từ 2,8 đến 15,0

Sắc vàng (b^*) trong hệ thống màu $L^*a^*b^*$ của bóng hàn là nằm trong khoảng từ 2,8 đến 15,0. Nếu sắc vàng (b^*) nằm trong khoảng từ 2,8 đến 15,0, có thể ức chế hiệu quả sự khuếch tán của Au vào chất hàn trong quá trình nối hàn. Khi bóng hàn được cho xử lý già hóa ở nhiệt độ định trước trong thời gian định trước, màng oxit chứa lượng lớn indi oxit (In_2O_3) được tạo ra trên bề mặt bóng hàn, vì thế hiện tượng làm giàu xảy ra trong đó mật độ của In trên bề mặt bóng hàn tăng lên. Kể cả khi hàm lượng In là thấp mà nằm trong khoảng từ 0% đến 10,0% khối lượng theo phương án, mật độ của In trên bề mặt bóng hàn có thể được làm tăng bằng cách chủ ý oxy hóa bề mặt bóng hàn, nhờ đó hiệu quả ức chế sự khuếch tán của Au vào chất hàn có thể thu được. Ở đây, cần xem xét rằng, nếu bóng hàn bị oxy hóa quá mức để tăng mật độ của In trên bề mặt bóng hàn, thì hiệu quả của việc ức chế sự khuếch tán của Au vào chất hàn cũng có thể được ức chế một cách hiệu quả hơn. Tuy nhiên, trong bóng hàn có đường kính hình cầu nhỏ hơn hoặc bằng 120 μm , ảnh hưởng của màng oxit là đặc biệt lớn, do đó gây ra vấn đề làm giảm độ chắc chắn trong quá trình nối hàn. Do đó, cần phải kiểm soát độ dày của màng oxit để thỏa mãn cả điều kiện về độ dày của màng oxit có xét đến tính hàn được và điều kiện về độ dày của màng oxit có xét đến hiệu quả ức chế sự khuếch tán của Au vào chất hàn bằng cách làm giàu mật độ của In. Do đó, theo phương án, để kiểm soát độ dày của màng oxit được tạo ra trên bề mặt bóng hàn một cách đơn giản và nhanh chóng, sắc vàng (b^*) trong hệ thống màu $L^*a^*b^*$ được sử dụng, và bóng hàn có sắc vàng (b^*) nằm trong khoảng từ 2,8 đến 15,0 trong hệ thống màu $L^*a^*b^*$ được tạo ra, nhờ đó làm cho bóng hàn có độ dày màng oxit định trước. Khi sắc vàng (b^*) thấp hơn 2,8, In không được làm giàu, và sự khuếch tán của Au vào chất hàn có thể không được ức chế hiệu quả trong quá trình tạo ra bước hàn. Mặt khác, khi sắc vàng (b^*) vượt quá 15,0, tính thấm ướt của chất hàn trong quá trình nối bóng hàn có thể giảm đi, và giá thành cho vật liệu chất hàn sẽ tăng lên. Sắc vàng (b^*) tốt hơn nữa là ít hơn hoặc bằng 7.

(4) Độ sáng (L^*) trong hệ thống màu $L^*a^*b^*$: nằm trong khoảng từ 60 đến 100

Bóng hàn có sự tương quan sao cho, khi màng oxit được làm dày bằng cách xử lý già hóa, sắc vàng (b^*) trong hệ thống màu $L^*a^*b^*$ tăng lên, trong khi độ sáng (L^*) trong hệ thống màu $L^*a^*b^*$ lại giảm đi. Do đó, như là phương pháp kiểm soát độ dày của màng oxit nhờ bước xử lý già hóa bóng hàn, ngoài sắc vàng (b^*) trong hệ thống màu $L^*a^*b^*$ như được mô tả ở trên, thì độ sáng (L^*) trong hệ thống màu $L^*a^*b^*$ cũng có thể được sử dụng như một chỉ số để kiểm soát màng oxit. Độ sáng (L^*) trong hệ thống màu $L^*a^*b^*$ của bóng hàn nằm trong khoảng từ 60 đến 100. Khi độ sáng (L^*) thấp hơn 60, mật độ của In không được làm giàu, và sự khuếch tán của Au vào chất hàn có thể không được ức chế hiệu quả trong quá trình tạo ra bướu hàn. Mặt khác, khi độ sáng (L^*) vượt quá 100, tính thấm ướt của chất hàn trong quá trình nối bóng hàn có thể giảm đi. Giới hạn trên của độ sáng (L^*) tốt hơn nữa là ít hơn hoặc bằng 80.

(5) Việc bổ sung ít nhất một nguyên tố trong số Ag: với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 4% khối lượng, Cu: với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 1,0% khối lượng; nguyên tố được chọn từ nhóm gồm Bi và Sb: với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 3% tổng khối lượng; và nguyên tố được chọn từ nhóm gồm Ni, Co, Fe, Ge và P: với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 0,1% tổng khối lượng.

Bóng hàn theo sáng chế chứa Ag, Cu, Bi, In, Sb, Ni, Co, Fe, Ge, và/hoặc P trong khoảng được mô tả ở trên. Do đó, độ chắc chắn của mỗi nối có thể được cải thiện. Hàm lượng của Ag, Cu, Bi, In, Ni, Sb, Co, Fe, Ge và/hoặc P tốt hơn được đặt là: Ag: với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 4% khối lượng; Cu: với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 1,0% khối lượng; nguyên tố được chọn từ nhóm gồm Bi và Sb: với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 3% tổng khối lượng; và nguyên tố được chọn từ nhóm gồm Ni, Co, Fe, Ge và P: với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 0,1% tổng khối lượng, do phản ứng giữa In và thành phần nối không bị ảnh hưởng.

(6) Phần còn lại: Sn

Phần còn lại của bóng hàn theo sáng chế là Sn. Tức là, thành phần chính của bóng hàn là Sn, và hàm lượng của nó luôn là cao nhất trong số các nguyên tố kim loại trong bóng hàn. Ngoài các nguyên tố nêu trên, tạp chất không thể tránh khỏi cũng có thể được bao gồm. Kể cả khi bóng hàn chứa tạp chất không thể tránh khỏi, các hiệu quả được mô tả ở trên vẫn không bị ảnh hưởng. Ngoài ra, ngay cả khi nguyên tố không được bao gồm theo sáng chế được bao gồm dưới dạng tạp chất không thể tránh khỏi, thì hiệu quả được mô tả ở trên vẫn không bị ảnh hưởng.

(7) Định lượng alpha (α): ít hơn hoặc bằng 0,0200 cph/cm²

Định lượng α của bóng hàn theo sáng chế ít hơn hoặc bằng 0,0200 cph/cm² theo khía cạnh ức chế các lỗi nhỏ. Đây là định lượng α sao cho các lỗi nhỏ sẽ không trở thành vấn đề khi gắn các linh kiện điện tử với mật độ cao. Định lượng α tốt hơn nữa là ít hơn hoặc bằng 0,0010 cph/cm² theo khía cạnh ức chế các lỗi nhỏ khi gắn với mật độ cao.

(8) Phương pháp tạo ra bóng hàn

Đầu tiên, bóng hàn có đường kính hình cầu nằm trong khoảng từ 0,1 μm đến 120 μm và chứa In với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 10,0% khối lượng, được tạo ra. Là phương pháp để tạo ra bóng hàn, phương pháp đã biết chẳng hạn như phương pháp thả trong đó chất hàn nóng chảy được thả và được tạo ra dưới dạng khối dạng cầu hoặc phương pháp phun khí có thể được sử dụng. Một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm Ag, Cu, Bi, Ni, Sb, Co, Fe, Ge và P có thể được bổ sung vào bóng hàn.

Tiếp đó, bóng hàn được tạo ra được cho xử lý già hóa để tạo ra màng oxit trên bề mặt bóng hàn, nhờ đó điều khiển mật độ của In trên bề mặt bóng hàn cho cao lên. Trong bước xử lý già hóa, nhiệt độ gia nhiệt và thời gian gia nhiệt được đặt để đạt

được độ dày của màng oxit sao cho sắc vàng (b^*) của bóng hàn nằm trong khoảng từ 2,8 đến 15,0. Ngoài ra, với các phương pháp khác để điều khiển mật độ của In cho cao lên, gồm các bước: giữ bóng hàn ở trạng thái tiếp xúc với môi trường ở nhiệt độ phòng trong một khoảng thời gian dài; già hóa bằng cách tăng nồng độ oxy trong quá trình tạo ra bóng; và chiếu xạ plasma oxy ít nhất là trong quá trình tạo ra bóng hoặc sau khi tạo ra bóng. Do đó, có thể tạo ra bóng hàn trong đó màng oxit có độ dày nhất định được tạo ra trên bề mặt của nó.

Theo bóng hàn theo phương án, ví dụ, kể cả khi sử dụng bóng hàn cho điện cực chứa Au, thì màng oxit có thể được tạo ra trên bề mặt bóng hàn để ức chế sự khuếch tán của Au vào chất hàn mà không tăng lượng In được bổ sung vào và ngăn sự suy giảm tính thấm ướt của chất hàn trong quá trình nối hàn. Ngoài ra, do lượng In được bổ sung vào Sn được ức chế, có thể ngăn không cho nhiệt độ nóng chảy của chất hàn bị làm giảm quá mức.

Bóng hàn theo sáng chế có thể cũng được sử dụng để tạo ra mối hàn để nối các điện cực. Theo sáng chế, ví dụ, cấu trúc trong đó bấu hàn được gắn lên điện cực của bảng mạch được gọi là mối hàn. Bấu hàn có nghĩa là, ví dụ, cấu trúc trong đó bóng hàn được gắn lên điện cực của chip bán dẫn.

Bóng hàn theo sáng chế có thể cũng được áp dụng cho phương pháp nối mà không sử dụng chất trợ hàn nào. ví dụ, mỗi trong số các bóng hàn, mà được cho xử lý già hóa, được bố trí (được đặt) trên điện cực của lớp nền, và sau đó các bóng hàn được bố trí trên đó được nung chảy sử dụng khí axit hữu cơ bất kỳ, nhờ đó tạo ra bấu hàn. Khi các bóng hàn, được sử dụng là 50 bóng hàn mà có trung bình cộng của các giá trị đường kính đo được bằng 120 μm . Kể cả trong trường hợp này, vẫn có thể ức chế sự khuếch tán của Au vào chất hàn một cách hiệu quả.

Các ví dụ được thực hiện sáng chế

Đầu tiên, mỗi trong số các bóng hàn Sn-In có đường kính hình cầu bằng 120 μm và có thành phần hợp kim được thể hiện trong mỗi trong số các ví dụ được chuẩn bị. Tiếp đó, mỗi trong số các bóng hàn đã được chuẩn bị này được cho xử lý già hóa trước dưới các điều kiện khác nhau, và bề mặt của mỗi trong số các bóng hàn được oxy hóa chủ định để tăng mật độ của In trên bề mặt của chúng, nhờ đó việc chuẩn bị các bóng hàn được tạo ra trên đó màng oxit chứa indium oxit mật độ cao chẳng hạn như In_2O_3 . Sau đó, sắc vàng (b^*), độ sáng (L^*), và mật độ của In trên bề mặt trong mỗi trong số các bóng hàn được đo tương ứng.

(1) Đo sắc vàng (b^*) và độ sáng (L^*) của bóng hàn

Sắc vàng (b^*) và độ sáng (L^*) của các bóng hàn được đo bằng cách sử dụng quang phổ kế CM-2600d được sản xuất bởi Konica Minolta, Inc.

(2) Phép đo mật độ của In trên bề mặt của mỗi trong số các bóng hàn

Mật độ của In trên bề mặt của mỗi trong số các bóng hàn được phân tích định lượng với máy vi phân tích đầu dò điện tử phát xạ trường (FE-EPMA - field emission electron probe microanalyzer), và giá trị phân tích bán định lượng được xác định. Với mật độ của In trên bề mặt của mỗi trong số các bóng hàn, giá trị phân tích bán định lượng được tính toán để so sánh tương quan với sự thay đổi nồng độ.

(3) Đánh giá mật độ của In trên bề mặt của mỗi trong số các bóng hàn

Bóng hàn Sn-In, mà không được cho xử lý già hóa, được chuẩn bị, và việc làm giàu mật độ của In được đánh giá bằng cách so sánh giá trị phân tích bán định lượng của In trong mỗi trong số các bóng hàn mà được cho xử lý già hóa với giá trị phân tích bán định lượng của bóng hàn này, mà không được cho xử lý già hóa, để tham chiếu.

(a) Khi giá trị phân tích bán định lượng của bóng hàn của mỗi trong số các ví dụ được thực hiện hoặc các ví dụ so sánh vượt quá giá trị phân tích bán định lượng của bóng hàn tham chiếu: bóng hàn này được thể hiện là $\circ$ (mật độ In được làm giàu ở

mức cao).

(b) Khi giá trị phân tích bán định lượng của bóng hàn của mỗi trong số ví dụ được thực hiện hoặc ví dụ so sánh nhỏ hơn hoặc bằng giá trị phân tích bán định lượng của bóng hàn tham chiếu: bóng hàn này được thể hiện là × (mật độ In được làm giàu không đủ).

(4) Đánh giá Tính thẩm ướt của chất hàn

Tấm Cu được mạ Ni và Au liên tục được sử dụng. Chất trợ hàn WF-6400 (được sản xuất bởi Senju Metal Industry Co., Ltd.) được in trên tấm Cu, và mỗi trong số các bóng hàn được gắn trên đó. Nhiệt độ của đệm điện cực mà bóng hàn được gắn lên đó được làm tăng từ 25°C lên 250°C trong môi trường N₂ với tốc độ tăng nhiệt bằng 5°C/giây, và sau đó hàn đối lưu được thực hiện trong vòng 1 phút. Bước xử lý này được thực hiện trên 100 bóng hàn.

(a) Khi tất cả 100 bóng hàn được rải ẩm trong mỗi trong số toàn bộ đệm điện cực: trường hợp này được thể hiện là ○ (Tốt).

(b) Khi một hoặc nhiều bóng hàn không được rải ẩm trong mỗi trong số toàn bộ đệm điện cực: trường hợp này được thể hiện là × (Không cho phép)

Bảng 1 thể hiện kết quả đo và kết quả đánh giá khi thành phần hợp kim là Sn-7% khối lượng In-3% khối lượng Ag-0,5% khối lượng Cu. Đánh giá của việc làm giàu mật độ của In trong Bảng 1 được thực hiện dựa trên mật độ của bóng hàn, mà không được cho xử lý già hóa. Trong Bảng 1, đơn vị của In là % khối lượng.

Bảng 1

Số	Điều kiện giả hóa Nhiệt độ/thời gian	Thành phần hợp kim	Sắc vàng (b*)	Độ sáng (L*)	In được phân tích bán định lượng (% khối lượng)	Sự làm giàu In	Tính thấm ướt
Ví dụ được thực hiện 1	Nhiệt độ bình thường/ 90 ngày	Sn-7In-3Ag-0,5Cu	2,83	67,04	7,9	○	○
Ví dụ được thực hiện 2	200°C/60 phút	Sn-7In-3Ag-0,5Cu	8,33	63,08	10,8	○	○
Ví dụ so sánh 1	0	Sn-7In-3Ag-0,5Cu	2,75	69,11	7,2	-	○
Ví dụ so sánh 2	200°C/120 phút	Sn-7In-3Ag-0,5Cu	15,59	48,00	13,1	○	×
Ví dụ so sánh 3	200°C/180 phút	Sn-7In-3Ag-0,5Cu	24,40	32,19	14,9	○	×
Ví dụ so sánh 4	200°C/240 phút	Sn-7In-3Ag-0,5Cu	24,45	33,45	15,4	○	×
Ví dụ so sánh 5	200°C/300 phút	Sn-7In-3Ag-0,5Cu	22,77	36,90	18,3	○	×

Trong ví dụ được thực hiện 1, các bóng hàn chứa Sn-7% khối lượng In-3% khối lượng Ag-0,5% khối lượng Cu được cho xử lý già hóa cùng với cho tiếp xúc liên tục với môi trường ở nhiệt độ bình thường nằm trong khoảng từ 20°C đến 30°C trong vòng 90 ngày. Theo ví dụ được thực hiện 1, khi mỗi bóng hàn có sắc vàng (b^*) bằng 2,83 và độ sáng (L^*) bằng 67,04 được chọn, thì giá trị phân tích bán định lượng của In trên bề mặt của bóng hàn bằng bằng 7,9% khối lượng. Có thể xác nhận rằng việc làm giàu mật độ của In được thúc đẩy, khi so sánh với trường hợp các bóng hàn của ví dụ so sánh 1, mà không được cho xử lý già hóa. Cũng có thể xác nhận rằng, nếu việc làm giàu mật độ của In (độ dày của màng oxit) trên bề mặt của bóng hàn nằm trong một khoảng nhất định, thì có thể duy trì tốt tính thấm ướt của chất hàn và ức chế sự phát triển của IMC.

Trong ví dụ được thực hiện 2, các bóng hàn chứa Sn-7% khối lượng In-3% khối lượng Ag-0,5% khối lượng Cu được cho xử lý già hóa cùng với việc cho tiếp xúc liên tục với môi trường có nhiệt độ bằng 200°C trong vòng 60 phút. Theo ví dụ được thực hiện 2, khi mỗi bóng hàn có sắc vàng (b^*) bằng 8,33 và độ sáng (L^*) bằng 63,08 được chọn, thì giá trị phân tích bán định lượng của In trên bề mặt của bóng hàn bằng bằng 10,8% khối lượng, và có thể xác nhận rằng việc làm giàu mật độ của In được thúc đẩy, khi so sánh với trường hợp các bóng hàn của ví dụ so sánh 1, mà không được cho xử lý già hóa. Cũng có thể xác nhận rằng, nếu việc làm giàu mật độ của In (độ dày của màng oxit) trên bề mặt bóng hàn nằm trong một khoảng nhất định, thì có thể duy trì tốt tính thấm ướt của chất hàn và ức chế sự phát triển của IMC.

Trong ví dụ so sánh 1, các bóng hàn chứa Sn-7% khối lượng In-3% khối lượng Ag-0,5% khối lượng Cu, mà không được cho xử lý già hóa, được sử dụng. Trong ví dụ so sánh 1, khi mỗi bóng hàn có sắc vàng (b^*) bằng 2,75 và độ sáng (L^*) bằng 69,11 được chọn, thì giá trị phân tích bán định lượng của In trên bề mặt của bóng hàn bằng 7,2% khối lượng. Trong Bảng 1, việc đánh giá để xem mật độ của In trong quá trình

nổi trong ví dụ so sánh 1 có được làm giàu hay không được thể hiện là “-” thay vì “x” do ví dụ so sánh 1 trong đó bước xử lý già hóa không được thực hiện được sử dụng làm tham chiếu. Đánh giá của tính thấm ướt của các bóng hàn là “o”.

Trong ví dụ so sánh 2, các bóng hàn chứa Sn-7% khối lượng In-3% khối lượng Ag-0,5% khối lượng Cu được cho xử lý già hóa cùng với việc cho tiếp xúc liên tục với môi trường ở nhiệt độ bằng 200°C trong vòng 120 phút. Theo ví dụ so sánh 2, khi mỗi bóng hàn có sắc vàng (b^*) bằng 15,59 và độ sáng (L^*) bằng 48,00 được chọn, thì giá trị phân tích bán định lượng của In trên bề mặt của bóng hàn bằng 13,1% khối lượng, và có thể xác nhận rằng việc làm giàu mật độ của In được thúc đẩy, khi so sánh với trường hợp các bóng hàn của ví dụ so sánh 1, mà không được cho xử lý già hóa. Tuy nhiên, có thể xác nhận rằng tính thấm ướt của chất hàn giảm đi do In bị oxy hóa trở nên dày hơn tỷ lệ thuận với việc làm giàu mật độ của In trong bước xử lý già hóa.

Trong ví dụ so sánh 3, các bóng hàn chứa Sn-7% khối lượng In-3% khối lượng Ag-0,5% khối lượng Cu được cho xử lý già hóa cùng với việc cho tiếp xúc liên tục với môi trường ở nhiệt độ bằng 200°C trong vòng 180 phút. Theo ví dụ so sánh 3, khi mỗi bóng hàn có sắc vàng (b^*) bằng 24,40 và độ sáng (L^*) bằng 32,19 được chọn, thì giá trị phân tích bán định lượng của In trên bề mặt của bóng hàn bằng 14,9% khối lượng, và có thể xác nhận rằng việc làm giàu mật độ của In được thúc đẩy, khi so sánh với trường hợp các bóng hàn của ví dụ so sánh 1, mà không được cho xử lý già hóa. Tuy nhiên, có thể xác nhận rằng tính thấm ướt của chất hàn giảm đi do In bị oxy hóa trở nên dày hơn tỷ lệ thuận với việc làm giàu mật độ của In trong bước xử lý già hóa.

Trong ví dụ so sánh 4, các bóng hàn chứa Sn-7% khối lượng In-3% khối lượng Ag-0,5% khối lượng Cu được cho xử lý già hóa cùng với việc cho tiếp xúc liên tục với môi trường ở nhiệt độ bằng 200°C trong vòng 240 phút. Theo ví dụ so sánh 4, khi mỗi bóng hàn có sắc vàng (b^*) bằng 24,45 và độ sáng (L^*) bằng 33,45 được chọn, thì giá trị phân tích bán định lượng của In trên bề mặt của bóng hàn bằng 15,4% khối lượng,

và có thể xác nhận rằng việc làm giàu mật độ của In được thúc đẩy, khi so sánh với trường hợp các bóng hàn của ví dụ so sánh 1, mà không được cho xử lý già hóa. Tuy nhiên, có thể xác nhận rằng tính thấm ướt của chất hàn giảm đi do In bị oxy hóa trở nên dày hơn tỷ lệ thuận với việc làm giàu mật độ của In trong bước xử lý già hóa.

Trong ví dụ so sánh 5, các bóng hàn chứa Sn-7% khối lượng In-3% khối lượng Ag-0,5% khối lượng Cu được cho xử lý già hóa cùng với việc cho tiếp xúc liên tục với môi trường ở nhiệt độ bằng 200°C trong vòng 300 phút. Theo ví dụ so sánh 5, khi mỗi bóng hàn có sắc vàng (b^*) bằng 22,77 và độ sáng (L^*) bằng 36,90 được chọn, thì giá trị phân tích bán định lượng của In trên bề mặt của bóng hàn bằng 18,3% khối lượng, và có thể xác nhận rằng việc làm giàu mật độ của In được thúc đẩy, khi so sánh với trường hợp các bóng hàn của ví dụ so sánh 1, mà không được cho xử lý già hóa. Tuy nhiên, có thể xác nhận rằng tính thấm ướt của chất hàn giảm đi do In bị oxy hóa trở nên dày hơn tỷ lệ thuận với việc làm giàu mật độ của In trong bước xử lý già hóa.

Bảng 2 thể hiện kết quả đo và kết quả đánh giá khi thành phần hợp kim là Sn-1% khối lượng In-0,7% khối lượng Cu. Đánh giá của việc làm giàu mật độ của In trong Bảng 2 được thực hiện dựa trên mật độ của bóng hàn, mà không được cho xử lý già hóa. Trong Bảng 2, đơn vị của In là % khối lượng.

Bảng 2

Số	Điều kiện già hóa Nhiệt độ/thời gian	Thành phần hợp kim	Sắc vàng (b*)	Độ sáng (L*)	In được phân tích bản định lượng (% khối lượng)	Sự làm giàu In	Tính thấm ướt
Ví dụ được thực hiện 3	Nhiệt độ bình thường/ 90 ngày	Sn-1In-0,7Cu	3,01	67,37	2,1	○	○
Ví dụ được thực hiện 4	200°C/60 phút	Sn-1In-0,7Cu	4,47	67,33	2,2	○	○
Ví dụ được thực hiện 5	200°C/120 phút	Sn-1In-0,7Cu	6,20	67,16	2,5	○	○
Ví dụ được thực hiện 6	200°C/180 phút	Sn-1In-0,7Cu	10,23	65,34	2,7	○	○
Ví dụ được thực hiện 7	200°C/240 phút	Sn-1In-0,7Cu	12,66	62,15	2,8	○	○
Ví dụ so sánh 6	0	Sn-1In-0,7Cu	2,79	69,30	1,2	-	○
Ví dụ so sánh 7	200°C/300 phút	Sn-1In-0,7Cu	15,30	59,89	3,0	○	×

Trong ví dụ được thực hiện 3, các bóng hàn chứa Sn-1% khối lượng In-0,7% khối lượng Cu được cho xử lý già hóa cùng với việc cho tiếp xúc liên tục với môi trường ở nhiệt độ bình thường nằm trong khoảng 20°C đến 30°C trong vòng 90 ngày. Theo ví dụ được thực hiện 3, khi mỗi bóng hàn có sắc vàng (b^*) bằng 3,01 và độ sáng (L^*) bằng 67,37 được chọn, thì giá trị phân tích bán định lượng của In trên bề mặt của bóng hàn bằng 2,1% khối lượng, và có thể xác nhận rằng việc làm giàu mật độ của In được thúc đẩy, khi so sánh với trường hợp các bóng hàn của ví dụ so sánh 6, mà không được cho xử lý già hóa. Cũng có thể xác nhận rằng, nếu việc làm giàu mật độ của In (độ dày của màng oxit) trên bề mặt của bóng hàn nằm trong một khoảng nhất định, thì có thể duy trì tốt tính thấm ướt của chất hàn và ức chế sự phát triển của IMC.

Trong ví dụ được thực hiện 4, các bóng hàn chứa Sn-1% khối lượng In-0,7% khối lượng Cu được cho xử lý già hóa cùng với việc cho tiếp xúc liên tục với môi trường ở nhiệt độ bằng 200°C trong vòng 60 phút. Theo ví dụ được thực hiện 4, khi mỗi bóng hàn có sắc vàng (b^*) bằng 4,47 và độ sáng (L^*) bằng 67,33 được chọn, thì giá trị phân tích bán định lượng của In trên bề mặt của bóng hàn bằng 2,2% khối lượng, và có thể xác nhận rằng việc làm giàu mật độ của In được thúc đẩy, khi so sánh với trường hợp các bóng hàn của ví dụ so sánh 6, mà không được cho xử lý già hóa. Cũng có thể xác nhận rằng, nếu việc làm giàu mật độ của In (độ dày của màng oxit) trên bề mặt của bóng hàn nằm trong một khoảng nhất định, thì có thể duy trì tốt tính thấm ướt của chất hàn và ức chế sự phát triển của IMC.

Trong ví dụ được thực hiện 5, các bóng hàn chứa Sn-1% khối lượng In-0,7% khối lượng Cu được cho xử lý già hóa cùng với việc cho tiếp xúc liên tục với môi trường ở nhiệt độ bằng 200°C trong vòng 120 phút. Theo ví dụ được thực hiện 5, khi mỗi bóng hàn có sắc vàng (b^*) bằng 6,20 và độ sáng (L^*) bằng 67,16 được chọn, thì giá trị phân tích bán định lượng của In trên bề mặt của bóng hàn bằng 2,5% khối lượng, và có thể xác nhận rằng việc làm giàu mật độ của In được thúc đẩy, khi so sánh với

trường hợp các bóng hàn của ví dụ so sánh 6, mà không được cho xử lý già hóa. Cũng có thể xác nhận rằng, nếu việc làm giàu mật độ của In (độ dày của màng oxit) trên bề mặt của bóng hàn nằm trong một khoảng nhất định, thì có thể duy trì tốt tính thấm ướt của chất hàn và ức chế sự phát triển của IMC.

Trong ví dụ được thực hiện 6, các bóng hàn chứa Sn-1% khối lượng In-0,7% khối lượng Cu được cho xử lý già hóa cùng với việc cho tiếp xúc liên tục với môi trường ở nhiệt độ bằng 200°C trong vòng 180 phút. Theo ví dụ được thực hiện 6, khi mỗi bóng hàn có sắc vàng (b^*) bằng 10,23 và độ sáng (L^*) bằng 65,34 được chọn, thì giá trị phân tích bán định lượng của In trên bề mặt của bóng hàn bằng 2,7% khối lượng, và có thể xác nhận rằng việc làm giàu mật độ của In được thúc đẩy, khi so sánh với trường hợp các bóng hàn của ví dụ so sánh 6, mà không được cho xử lý già hóa. Cũng có thể xác nhận rằng, nếu việc làm giàu mật độ của In (độ dày của màng oxit) trên bề mặt của bóng hàn nằm trong một khoảng nhất định, thì có thể duy trì tốt tính thấm ướt của chất hàn và ức chế sự phát triển của IMC.

Trong ví dụ được thực hiện 7, các bóng hàn chứa Sn-1% khối lượng In-0,7% khối lượng Cu được cho xử lý già hóa cùng với việc cho tiếp xúc liên tục với môi trường ở nhiệt độ bằng 200°C trong vòng 240 phút. Theo ví dụ được thực hiện 7, khi mỗi bóng hàn có sắc vàng (b^*) bằng 12,66 và độ sáng (L^*) bằng 62,15 được chọn, thì giá trị phân tích bán định lượng của In trên bề mặt của bóng hàn bằng 2,8% khối lượng, và có thể xác nhận rằng việc làm giàu mật độ của In được thúc đẩy, khi so sánh với trường hợp các bóng hàn của ví dụ so sánh 6, mà không được cho xử lý già hóa. Cũng có thể xác nhận rằng, nếu việc làm giàu mật độ của In (độ dày của màng oxit) trên bề mặt của bóng hàn nằm trong một khoảng nhất định, thì có thể duy trì tốt tính thấm ướt của chất hàn và ức chế sự phát triển của IMC.

Trong ví dụ so sánh 6, các bóng hàn chứa Sn-1% khối lượng In-0,7% khối lượng Cu, mà không được cho xử lý già hóa, được sử dụng. Trong ví dụ so sánh 6, khi

mỗi bóng hàn có sắc vàng (b^*) bằng 2,79 và độ sáng (L^*) bằng 69,30 được chọn, thì giá trị phân tích bán định lượng của In trên bề mặt của bóng hàn bằng 1,2% khối lượng. Trong Bảng 2, đánh giá để xem mật độ của In trong quá trình nổi trong ví dụ so sánh 6 có được làm giàu hay không được thể hiện là “-” thay vì “x” vì ví dụ so sánh 6 trong đó bước xử lý già hóa không được thực hiện được sử dụng làm tham chiếu. Đánh giá của tính thấm ướt của các bóng hàn là “o”.

Trong ví dụ so sánh 7, các bóng hàn chứa Sn-1% khối lượng In-0,7% khối lượng Cu được cho xử lý già hóa cùng với việc cho tiếp xúc liên tục với môi trường ở nhiệt độ bằng 200°C trong vòng 300 phút. Theo ví dụ so sánh 7, khi mỗi bóng hàn có sắc vàng (b^*) bằng 15,30 và độ sáng (L^*) bằng 59,89 được chọn, thì giá trị phân tích bán định lượng của In trên bề mặt của bóng hàn bằng 3,0% khối lượng, và có thể xác nhận rằng việc làm giàu mật độ của In được thúc đẩy, khi so sánh với trường hợp các bóng hàn của ví dụ so sánh 6, mà không được cho xử lý già hóa. Tuy nhiên, có thể xác nhận rằng tính thấm ướt của chất hàn giảm đi do In bị oxy hóa trở nên dày hơn tỷ lệ thuận với việc làm giàu mật độ của In trong bước xử lý già hóa.

Bảng 3 thể hiện kết quả đo và kết quả đánh giá khi thành phần hợp kim Sn-1% khối lượng In-0,1% khối lượng Bi-0,001% khối lượng Ni-0,7% khối lượng Cu. Đánh giá của việc làm giàu mật độ của In trong Bảng 3 được thực hiện dựa trên mật độ của bóng hàn, mà không được cho xử lý già hóa. Trong Bảng 3, đơn vị của In là % khối lượng.

Bảng 3

Số	Điều kiện già hóa Nhiệt độ/thời gian	Thành phần hợp kim	Sắc vàng (b*)	Độ sáng (L*)	In được phân tích bán định lượng (% khối lượng)	Sự làm giàu In	Tính thấm ướt
Ví dụ được thực hiện 8	200°C/60 phút	Sn-1In-0,1Bi-0,001Ni-0,7Cu	4,61	64,22	2,0	○	○
Ví dụ so sánh 8	0	Sn-1In-0,1Bi-0,001Ni-0,7Cu	2,79	68,76	0,9	-	○

Trong ví dụ được thực hiện 8, các bóng hàn chứa Sn-1% khối lượng In-0,1% khối lượng Bi-0,001% khối lượng Ni-0,7% khối lượng Cu được cho xử lý già hóa cùng với việc cho tiếp xúc liên tục với môi trường ở nhiệt độ bằng 200°C trong vòng 60 phút. Theo ví dụ được thực hiện 8, khi mỗi bóng hàn có sắc vàng (b^*) bằng 4,61 và độ sáng (L^*) bằng 64,22 được chọn, thì giá trị phân tích bán định lượng của In trên bề mặt của bóng hàn bằng 2,0% khối lượng, và có thể xác nhận rằng việc làm giàu mật độ của In được thúc đẩy, khi so sánh với trường hợp các bóng hàn của ví dụ so sánh 1, mà không được cho xử lý già hóa. Cũng có thể xác nhận rằng, nếu việc làm giàu mật độ của In (độ dày của màng oxit) trên bề mặt của bóng hàn nằm trong một khoảng nhất định, thì có thể duy trì tốt tính thấm ướt của chất hàn và ức chế sự phát triển của IMC.

Trong ví dụ so sánh 8, các bóng hàn chứa Sn-1% khối lượng In-0,1% khối lượng Bi-0,001% khối lượng Ni-0,7% khối lượng Cu, mà không được cho xử lý già hóa, được sử dụng. Trong ví dụ so sánh 8, khi mỗi bóng hàn có sắc vàng (b^*) bằng 2,79 và độ sáng (L^*) bằng 68,76 được chọn, thì giá trị phân tích bán định lượng của In trên bề mặt của bóng hàn bằng 0,9% khối lượng. Trong Bảng 3, đánh giá để xem mật độ của In trong quá trình nổi trong ví dụ so sánh 1 có được làm giàu hay không được thể hiện là “-” thay vì “x” vì ví dụ so sánh 1 trong đó bước xử lý già hóa không được thực hiện được sử dụng làm tham chiếu. Đánh giá của tính thấm ướt của các bóng hàn là “o”.

Bảng 4 thể hiện kết quả đo và kết quả đánh giá khi thành phần hợp kim Sn-1% khối lượng In-0,1% khối lượng Sb-0,001% khối lượng Co-0,7% khối lượng Cu. Đánh giá của việc làm giàu mật độ của In trong Bảng 4 được thực hiện dựa trên mật độ của bóng hàn, mà không được cho xử lý già hóa. Trong Bảng 4, đơn vị của In là % khối lượng.

Bảng 4

Số	Điều kiện già hóa Nhiệt độ/thời gian	Thành phần hợp kim	Sắc vàng (b*)	Độ sáng (L*)	In được phân tích bản định lượng (% khối lượng)	Sự làm giàu In	Tính thấm ướt
Ví dụ được thực hiện 9	200°C/60 phút	Sn-1in-0,1Bi-0,001Co-0,7Cu	4,55	63,81	2,5	○	○
Ví dụ so sánh 9	0	Sn-1in-0,1Bi-0,001Co-0,7Cu	2,76	67,21	1,5	-	○

Trong ví dụ được thực hiện 9, các bóng hàn chứa Sn-1% khối lượng In-0,1% khối lượng Sb-0,001% khối lượng Co-0,7% khối lượng Cu được cho xử lý già hóa cùng với việc cho tiếp xúc liên tục với môi trường ở nhiệt độ bằng 200°C trong vòng 60 phút. Theo ví dụ được thực hiện 9, khi mỗi bóng hàn có sắc vàng (b^*) bằng 4,55 và độ sáng (L^*) bằng 63,81 được chọn, thì giá trị phân tích bán định lượng của In trên bề mặt của bóng hàn bằng 2,5% khối lượng, và có thể xác nhận rằng việc làm giàu mật độ của In được thúc đẩy, khi so sánh với trường hợp các bóng hàn của ví dụ so sánh 9, mà không được cho xử lý già hóa. Cũng có thể xác nhận rằng, nếu việc làm giàu mật độ của In (độ dày của màng oxit) trên bề mặt của bóng hàn nằm trong một khoảng nhất định, thì có thể duy trì tốt tính thấm ướt của chất hàn và ức chế sự phát triển của IMC.

Trong ví dụ so sánh 9, các bóng hàn chứa Sn-1% khối lượng In-0,1% khối lượng Sb-0,001% khối lượng Co-0,7% khối lượng Cu, mà không được cho xử lý già hóa, được sử dụng. Trong ví dụ so sánh 9, khi mỗi bóng hàn có sắc vàng (b^*) bằng 2,76 và độ sáng (L^*) bằng 67,21 được chọn, thì giá trị phân tích bán định lượng của In trên bề mặt của bóng hàn bằng 1,5% khối lượng. Trong Bảng 4, đánh giá để xem mật độ của In trong quá trình nổi trong ví dụ so sánh 9 có được làm giàu hay không được thể hiện là “-” thay vì “x” vì ví dụ so sánh 9 trong đó bước xử lý già hóa không được thực hiện được sử dụng làm tham chiếu. Đánh giá của tính thấm ướt của các bóng hàn là “o”.

Bảng 5 thể hiện kết quả đo và kết quả đánh giá khi thành phần hợp kim là Sn-0,1% khối lượng In-0,7% khối lượng Cu. Đánh giá của việc làm giàu mật độ của In trong Bảng 5 được thực hiện dựa trên mật độ của bóng hàn, mà không được cho xử lý già hóa. Trong Bảng 5, đơn vị của In là % khối lượng.

Bảng 5

Số	Điều kiện già hóa Nhiệt độ/thời gian	Thành phần hợp kim	Sắc vàng (b*)	Độ sáng (L*)	In được phân tích bản định lượng (% khối lượng)	Sự làm giàu In	Tính thấm ướt
Ví dụ được thực hiện 10	200°C/60 phút	Sn-0,1In-0,7Cu	4,08	67,35	0,3	○	○
Ví dụ so sánh 10	0	Sn-0,1In-0,7Cu	2,65	70,11	0,1	-	○

Trong ví dụ được thực hiện 10, các bóng hàn chứa Sn-0,1% khối lượng In-0,7% khối lượng Cu được cho xử lý già hóa cùng với việc cho tiếp xúc liên tục với môi trường ở nhiệt độ bằng 200°C trong vòng 60 phút. Theo ví dụ được thực hiện 10, khi mỗi bóng hàn có sắc vàng (b^*) bằng 4,08 và độ sáng (L^*) bằng 67,35 được chọn, thì giá trị phân tích bán định lượng của In trên bề mặt của bóng hàn bằng 0,3% khối lượng, và có thể xác nhận rằng mật độ của In được làm tăng, khi so sánh với trường hợp các bóng hàn của ví dụ so sánh 10, mà không được cho xử lý già hóa. Cũng có thể xác nhận rằng, nếu việc làm giàu mật độ của In (độ dày của màng oxit) trên bề mặt của bóng hàn nằm trong một khoảng nhất định, thì có thể duy trì tốt tính thấm ướt của chất hàn và ức chế sự phát triển của IMC.

Trong ví dụ so sánh 10, các bóng hàn chứa Sn-0,1% khối lượng In-0,7% khối lượng Cu, mà không được cho xử lý già hóa, được sử dụng. Trong ví dụ so sánh 10, khi mỗi bóng hàn có sắc vàng (b^*) bằng 2,65 và độ sáng (L^*) bằng 70,11 được chọn, thì giá trị phân tích bán định lượng của In trên bề mặt của bóng hàn bằng 0,1% khối lượng. Trong Bảng 5, đánh giá để xem mật độ của In trong quá trình nổi trong ví dụ so sánh 10 có được làm giàu hay không được thể hiện là “-” thay vì “x” vì ví dụ so sánh 10 trong đó bước xử lý già hóa không được thực hiện được sử dụng làm tham chiếu. Đánh giá của tính thấm ướt của các bóng hàn là “o”.

Từ các kết quả trên, có thể xác nhận rằng, trong trường hợp bóng hàn có hàm lượng In với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 10% khối lượng và đường kính hình cầu nhỏ hơn hoặc bằng 120 μm , bước xử lý già hóa được thực hiện để tạo ra bóng hàn có sắc vàng (b^*) nằm trong khoảng từ 2,8 đến 15,0, nhờ đó mật độ của In được làm giàu đáng kể trên bề mặt của bóng hàn. Cũng có thể xác nhận rằng, kết quả là, màng oxit chứa indi oxit (In_2O_3), mà được tạo ra trên bề mặt của bóng hàn, có chức năng như màng bảo vệ, nhờ đó tính thấm ướt của chất hàn trong quá trình nổi hàn có thể được đảm bảo, khi so sánh với bóng hàn thông thường, mà không được cho xử lý già

hóa, và bóng hàn được cho xử lý già hóa cũng ngoài các điều kiện nhất định. Tuy nhiên, bóng hàn bao gồm Ag với lượng bằng 3% khối lượng, Cu với lượng bằng 0,5% khối lượng, In với lượng bằng 0,2% khối lượng và phần còn lại là Sn được loại trừ khỏi sáng chế.

Phạm vi kỹ thuật của sáng chế không bị giới hạn ở các phương án được mô tả ở trên, và bao gồm các loại cải biến và thay thế bất kỳ cho các phương án được mô tả ở trên mà không tách rời khỏi phạm vi của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Bóng hàn bao gồm:

In với lượng nằm trong khoảng từ 0,1% đến 10% khối lượng; và

phần còn lại là Sn,

trong đó bóng hàn có sắc vàng (b^*) trong hệ thống màu $L^*a^*b^*$ nằm trong khoảng từ 2,8 đến 15,0 và độ sáng (L^*) trong hệ thống màu $L^*a^*b^*$ nằm trong khoảng từ 60 đến 100, và

trong đó bóng hàn còn bao gồm ít nhất một nguyên tố được chọn từ nhóm gồm:

Ag với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 4% khối lượng;

Cu với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 1,0% khối lượng;

nguyên tố được chọn từ nhóm gồm Bi và Sb với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 3% tổng khối lượng, và

nguyên tố được chọn từ nhóm gồm Ni, Co, Fe, Ge, và P với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 0,1% tổng khối lượng, với điều kiện là bóng hàn bao gồm Ag với lượng bằng 3% khối lượng, Cu với lượng bằng 0,5% khối lượng, In với lượng bằng 0,2% khối lượng và phần còn lại là Sn được loại trừ.

2. Bóng hàn theo điểm 1, trong đó hàm lượng của In nằm trong khoảng từ 0,1% đến 7% khối lượng.

3. Bóng hàn theo điểm 1 hoặc 2, trong đó bóng hàn có đường kính hình cầu nằm trong khoảng từ 0,1 μm đến 120 μm .

4. Mỗi hàn bao gồm bóng hàn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3.

5. Phương pháp nối bao gồm các bước:

bố trí các bóng hàn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3 lên các điện cực; và

nung chảy các bóng hàn được bố trí lên các điện cực bằng cách sử dụng khí axit hữu cơ.