



(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)



1-0023485

(51)<sup>7</sup> B23K 35/26; C22C 13/02; C22C 12/00 (13) B

(21) 1-2015-04003

(22) 18/04/2013

(86) PCT/JP2013/061531 18/04/2013

(87) WO2014/170994 23/10/2014

(45) 27/04/2020 385

(43) 25/01/2016 334A

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

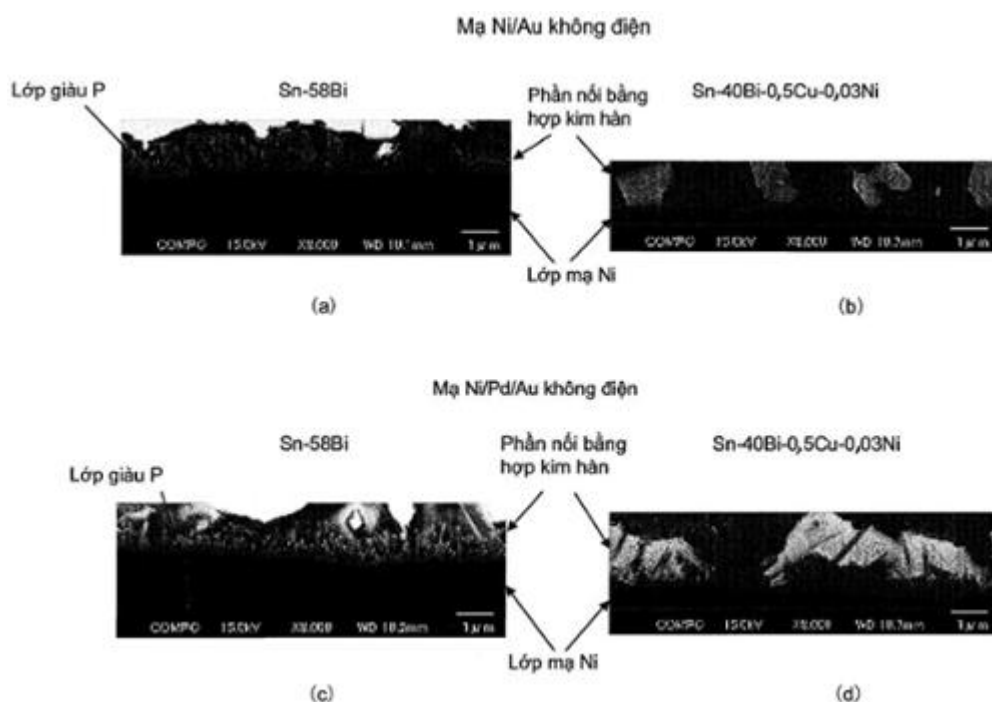
23, Senju-Hashido-Cho, Adachi-Ku, Tokyo 1208555, Japan

(72) TACHIBANA Ken (JP); NOMURA Hikaru (JP)

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

#### (54) HỢP KIM HÀN KHÔNG CHỨA CHÌ, MỐI HÀN VÀ LỚP NỀN

(57) Sáng chế đề cập đến hợp kim hàn chứa Sn-Bi-Cu-Ni không chứa chì có điểm nóng chảy thấp, độ mềm cao và độ bền kéo cao, triệt tiêu được sự biến dạng trên lớp nền bằng cách triệt tiêu việc sinh ra lớp giàu P trên mặt phân cách nối để có độ bền cắt cao và có độ tin cậy của mối nối cao hơn. Để triệt tiêu được sự khuếch tán của Cu và Ni bên điện cực và duy trì độ giãn dài và khả năng uốn của hợp kim hàn, hợp kim hàn này có thành phần hợp kim chứa Bi với lượng nằm trong khoảng từ 31% đến 59% trọng lượng, Cu với lượng nằm trong khoảng từ 0,3% đến 1,0% trọng lượng, Ni với lượng nằm trong khoảng từ 0,01% đến 0,06% trọng lượng và lượng còn lại là Sn. Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến mối hàn và lớp nền.



### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề cập đến hợp kim hàn không chứa chì. Cụ thể, sáng chế đề cập đến hợp kim hàn chứa Sn-Bi-Cu-Ni có độ tin cậy của mối nối cao hơn.

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

Trong những năm gần đây, thiết bị điện tử như điện thoại di động chẳng hạn có xu hướng thu nhỏ và/hoặc mỏng hóa. Lớp nền mỏng có chiều dày nằm trong khoảng từ một vài mm đến 1mm hoặc nhỏ hơn thường được sử dụng trong các linh kiện điện tử như cấu kiện bán dẫn được sử dụng trong thiết bị điện.

Mặt khác, trước đây, hợp kim hàn Sn-Ag-Cu được sử dụng rộng rãi dưới dạng hợp kim hàn không chứa chì. Hợp kim hàn Sn-Ag-Cu có điểm nóng chảy tương đối cao và thậm chí hợp kim hàn Sn-3Ag-0,5Cu còn có hợp chất cùng tinh (eutectic composition) có điểm nóng chảy khoảng 220°C. Vì lý do này, khi tiến hành hàn trên các điện cực của lớp nền mỏng nêu trên bằng hợp kim hàn Sn-Ag-Cu, lớp nền này có thể bị biến dạng do nhiệt khi nối chúng, do đó khả năng hư hỏng mối nối bất kỳ có thể xảy ra.

Để ngăn chặn khả năng gây hư hỏng mối nối này, việc hàn thường được tiến hành ở nhiệt độ thấp để triệt tiêu sự biến dạng bất kỳ trên lớp nền mỏng này, nhờ đó nâng cao được độ tin cậy của mối nối. Hợp kim hàn Sn-Bi đã biết là hợp kim hàn có điểm nóng chảy thấp, có thể áp dụng được phương pháp hàn nêu trên. Trong số các hợp kim hàn này, hợp kim Sn-58Bi có điểm nóng chảy thấp khoảng 140°C và có thể triệt tiêu được sự biến dạng trên lớp nền này.

Tuy nhiên, Bi là nguyên tố giòn tự nhiên và hợp kim hàn Sn-Bi cũng giòn. Kể cả khi hàm lượng Bi trong hợp kim hàn Sn-Bi giảm, nó cũng trở nên giòn vì Bi bị cô lập trong Sn. Mối hàn được hàn bằng cách sử dụng hợp kim hàn Sn-Bi có thể sinh ra các vết nứt bất kỳ vì tính giòn của nó khi có ứng suất đáng kể bất kỳ được bổ sung vào khiến cho độ bền cơ học của nó có thể bị ảnh hưởng.

Ngoài ra, để đáp ứng được việc thu nhỏ các linh kiện điện tử, diện tích của lớp nền được sử dụng cho việc này phải hẹp hơn và việc thu nhỏ điện cực và/hoặc thu hẹp

bước giữa các điện cực phải được thực hiện. Ngoài ra, vì lượng hợp kim hàn được sử dụng khi thực hiện việc hàn giảm đi, độ bền cơ học của mối hàn bị suy giảm.

Do đó, tài liệu sáng chế 1 mô tả hợp kim hàn không chứa chì Sn-Bi-Cu-Ni, trong đó Cu và Ni được bổ sung vào hợp kim hàn Sn-Bi để thu được phần nối hàn bất kỳ có độ bền nối cao. Theo tài liệu này, phần nối bằng hợp kim hàn này cải thiện được độ bền cơ học của nó vì các hợp chất liên kim loại bất kỳ có kết cấu xếp khít nhất hình lục giác được tạo ra trên phần nối hàn và/hoặc trên mặt phân cách nối hàn.

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2013-00744.

Điện cực của các linh kiện điện tử thường được làm bằng Cu và điện cực Cu này thường được phủ bằng cách mạ Ni không điện, mạ Ni/Au không điện hoặc mạ Ni/Pd/Au không điện. Do đó, việc mạ không điện bằng kim loại quý như Au và kết hợp Au và Pd chẳng hạn được thực hiện trên điện cực Cu. Việc mạ Au khử sự oxy hóa của lớp mạ Ni bên dưới và cải thiện khả năng ướt cho hợp kim hàn nóng chảy. Việc mạ Ni không điện tạo ra lớp mạ Ni chứa một lượng P đáng kể có nguồn gốc từ chất khử (ví dụ, natri hypophosphit) được sử dụng trong việc mạ không điện này. Lớp mạ Ni chứa ít nhất một lượng tính theo phần trăm khối lượng, ví dụ từ 2% đến 15% khối lượng P.

Mặc dù tài liệu sáng chế 1 mô tả rằng Cu và Ni được bổ sung vào hợp kim hàn Sn-Bi để tạo ra hợp chất liên kim loại có kết cấu xếp khít nhất hình lục giác trên mặt phân cách nối giữa hợp kim hàn và phần dây Cu có nguồn gốc từ điện cực, nhưng tài liệu này không mô tả bất kỳ bộ phận hợp kim nào cũng như không mô tả bất kỳ kết quả nào để thiết lập hiệu quả độ bền nối cao. Mặc dù tài liệu này mô tả phạm vi hàm lượng của Cu và Ni cần được bổ sung vào hợp phần trong đó Sn chiếm 57% atm và Bi chiếm 43% atm, nhưng chưa đề cập đến việc tăng cường độ bền nối trong toàn bộ phạm vi này.

Mặc dù tài liệu nêu trên mô tả các phần dây Cu của bản mạch in và các phần dây không chứa Cu đóng vai trò làm vật cần được nối với hợp kim hàn, nhưng đề cập đến loại cấu hình của vật cần nối ngoại trừ việc các phần dây được làm bằng Cu. Vì

tài liệu này không mô tả bất kỳ thành phần hợp kim nào của hợp kim hàn một cách cụ thể như nêu trên, nên nó không mô tả cũng như không đề xuất bất kỳ điều kiện nào của mặt phân cách nối chỉ khác là các hợp chất liên kim loại được tạo ra trên mặt phân cách nối giữa điện cực và hợp kim hàn. Do đó, khi tất cả các hợp kim hàn đáp ứng được hàm lượng Bi, Cu và Ni được mô tả trong tài liệu này được sử dụng để hàn điện cực Cu mà trên đó, ví dụ, việc mạ Ni không điện đã được thực hiện, các vấn đề dưới đây khó có thể được giải quyết.

Khi thực hiện việc hàn trên điện cực Cu mà trên đó việc mạ Ni không điện đã được thực hiện, Ni được ưu tiên khuếch tán vào hợp kim hàn vì Ni trong hợp kim hàn hệ số khuếch tán lớn hơn so với hệ số khuếch tán P. Một phần tương đối lớn hơn về hàm lượng của P được tạo ra trên mặt phân cách nối giữa hợp kim hàn và điện cực, do đó lớp giàu P được tạo ra. Vì lớp giàu P này cứng và giòn, nên nó khiến cho độ bền cắt của mối hàn giảm đi. Khi cắt mối hàn có lớp giàu P này bằng cách cắt, một hiện tượng diễn ra là lớp mạ Ni bất kỳ bị hở. Tác động cắt được tạo ra bằng cách bóc lớp giàu P được tạo ra trên điện cực thay vì cắt chính mối hàn. Do đó, sự hình thành lớp giàu P ảnh hưởng xấu đến độ tin cậy của mối nối của mối hàn.

Tương tự, khi thực hiện việc hàn trên điện cực Cu mà trên đó việc mạ bất kỳ vẫn chưa được thực hiện, không chắc chắn được là tất cả các hợp kim hàn có các thành phần với lượng nằm trong khoảng được mô tả trong tài liệu nêu trên thể hiện được độ bền nối cao.

### **Bản chất kỹ thuật của sáng chế**

Do đó, mục đích của sáng chế là đề xuất hợp kim hàn chứa Sn-Bi-Cu-Ni không chứa chì có điểm nóng chảy thấp, độ dai cao và độ bền kéo cao, triệt tiêu được sự biến dạng nhiệt trên lớp nền nhờ độ bền cắt cao được thể hiện bởi mối hàn được tạo ra khi thực hiện việc hàn trên điện cực Cu mà trên đó việc mạ Ni không điện đã được thực hiện, và có độ tin cậy của mối nối cao hơn. Ngoài ra, mục đích của sáng chế là đề xuất hợp kim hàn chứa Sn-Bi-Cu-Ni không chứa chì có độ tin cậy của mối nối cao hơn đối với điện cực Cu mà trên đó việc mạ bất kỳ chưa được thực hiện nhờ độ bền cắt cao được thể hiện bởi mối hàn được tạo ra bằng cách hàn.

Các tác giả sáng chế đã tập trung vào việc nâng cao độ bền cắt khi thực hiện

việc hàn trên điện cực có lớp mạ Ni chứa P, được tạo ra bằng cách mạ Ni không điện, Ni trong hợp kim hàn có hệ số khuếch tán lớn hơn hệ số khuếch tán của P. Sau đó, các tác giả sáng chế đã nhận thấy rằng có thể triệt tiêu được sự tăng trưởng của lớp giàu P bằng cách triệt tiêu sự khuếch tán của Ni vào hợp kim hàn khi thực hiện việc hàn và họ đã nghiên cứu sâu việc cải thiện độ bền cắt.

Trước tiên, các tác giả sáng chế thực hiện việc hàn trên điện cực có lớp mạ Ni không điện bằng cách chỉ bổ sung khoảng 0,5% trọng lượng Cu vào hợp kim hàn Sn-Bi, do đó họ đã phát hiện ra rằng mỗi hàn được tạo ra bằng phương pháp hàn này có độ bền cắt thấp. Do đó, họ cũng đã phát hiện ra rằng kể cả khi hàm lượng Cu tăng tối đa 1,1% trọng lượng trong hợp kim hàn Sn-Bi-Cu này, độ bền cắt của nó cũng không được cải thiện, điểm nóng chảy của nó trở nên cao hơn và độ dai của nó bị giảm đáng kể. Cụ thể, các tác giả sáng chế đã tìm ra rằng kể cả khi chỉ có Cu được bổ sung vào hợp kim hàn Sn-Bi thì vẫn không thể nâng cao được độ bền cắt trong mỗi hàn được tạo ra và hàm lượng Cu có thể khiến cho điểm nóng chảy của nó trở nên cao hơn và độ dai của nó trở nên thấp hơn.

Dựa vào phát hiện nêu trên bằng cách chỉ bổ sung Cu vào, các tác giả sáng chế đã tập trung vào hàm lượng Cu cần được bổ sung vào hợp kim hàn Sn-Bi và Ni là thành phần hoà tan rắn hoàn toàn với Cu, từ đó họ đã tìm ra chính xác hàm lượng Ni. Kết quả là, các tác giả sáng chế đã tìm ra rằng khi hợp kim này chứa Cu với lượng nằm trong khoảng từ 0,3% đến 1,0% trọng lượng và Ni với lượng nằm trong khoảng từ 0,01% đến 0,06% trọng lượng, hợp kim này sẽ có điểm nóng chảy thấp, độ dai cao và độ bền kéo cao và triệt tiêu được sự tăng trưởng của lớp giàu P cũng như độ bền cắt được cải thiện đáng kể trên mỗi hàn được tạo ra trên điện cực Cu có lớp mạ Ni không điện. Do đó, các tác giả sáng chế đã tìm ra rằng có thể giảm được sự biến dạng bất kỳ trên lớp nền khi thực hiện việc hàn dựa vào việc làm mỏng lớp nền để có thể mang lại độ tin cậy rất cao của mỗi nối. Ngoài ra, các tác giả sáng chế còn thực hiện việc hàn trên điện cực Cu mà trên đó việc mạ Ni không điện bất kỳ chưa được thực hiện để kiểm tra tính đa dạng khi sử dụng của nó, do đó họ phát hiện ra rằng mỗi hàn được tạo ra trên điện cực Cu cũng có độ bền cắt cao, tương tự mỗi hàn được tạo ra trên điện cực Cu có lớp mạ Ni không điện, nhờ đó hoàn thành sáng chế.

Dưới đây, sáng chế đề xuất:

(1) Hợp kim hàn không chứa chì có thành phần hợp kim chứa Bi với lượng nằm trong khoảng từ 31% đến 59% trọng lượng, Cu với lượng nằm trong khoảng từ 0,3% đến 1,0% trọng lượng, Ni với lượng nằm trong khoảng từ 0,01% đến 0,06% trọng lượng và lượng còn lại là Sn, trong đó hợp kim hàn có điểm nóng chảy là 185°C hoặc nhỏ hơn, độ bền kéo là 70 MPa hoặc lớn hơn và độ giãn dài là 65% hoặc lớn hơn.

(2) Hợp kim hàn không chứa chì được mô tả trong mục (1) nêu trên, hợp kim hàn này còn chứa ít nhất một nguyên tố được chọn từ nhóm chỉ bao gồm P và Ge với tổng lượng nằm trong khoảng từ 0,003% đến 0,05% trọng lượng.

(3) Mỗi hàn được tạo ra trên điện cực Cu có lớp mạ Ni bằng cách sử dụng hợp kim hàn không chứa chì được mô tả trong mục (1) hoặc (2) nêu trên.

(4) Mỗi hàn được mô tả trong mục (3) nêu trên, trong đó lớp mạ Ni bao gồm lớp mạ không điện chứa P.

(5) Lớp nền có chiều dày là 5mm hoặc nhỏ hơn và các điện cực Cu, mỗi điện cực này có lớp mạ Ni, trong đó từng điện cực trong số các điện cực Cu có mỗi hàn được tạo ra bằng hợp kim hàn không chứa chì được nêu trong mục (1) hoặc (2) nêu trên.

(6) Lớp nền được mô tả trong mục (5) nêu trên, trong đó lớp mạ Ni chứa P.

Hợp kim hàn không chứa chì theo sáng chế có thể được sử dụng để hàn trên điện cực Cu được tạo ra trên lớp nền mỏng có chiều dày 5mm hoặc nhỏ hơn, trên đó việc mạ Ni không điện được thực hiện. Hiệu quả này của sáng chế có được một cách tốt nhất nhờ sử dụng hợp kim nêu trên để hàn trên điện cực có lớp mạ Ni không điện bất kỳ. Do đó, độ cong của lớp nền mỏng khi thực hiện việc hàn được giới hạn ở mức tối thiểu của nó vì điểm nóng chảy thấp của hợp kim hàn theo sáng chế. Do đó, độ tin cậy của mối nối của mỗi hàn được nâng cao vì sự gia tăng của lớp giàu P trên mặt phân cách nối, mà làm cho độ bền cắt của mối hàn giảm đi, bị triệt tiêu và hợp kim hàn có độ dai (độ giãn dài) cao và độ bền kéo cao. Ngoài ra, hợp kim hàn không chứa chì theo sáng chế còn có thể sử dụng được để hàn trên điện cực Cu mà trên đó vẫn

chưa thực hiện việc mạ Ni không điện bất kỳ.

### **Mô tả vắn tắt các hình vẽ**

Fig.1 là ảnh chụp được phóng đại 300 lần thể hiện bề mặt của điện cực Cu mà trên đó việc mạ Ni/Au không điện đã được thực hiện sau khi điện cực Cu được hàn bằng hợp kim Sn-58Bi và phần nối hàn được cắt và lấy ra;

Fig.2(a) và Fig.2(b) là các hình ảnh mặt cắt thể hiện vùng lân cận của mặt phân cách giữa phần nối hàn và điện cực Cu mà trên đó việc mạ Ni/Au không điện đã được thực hiện, mỗi hình được phóng đại 800 lần, khi mối hàn được tạo ra bằng cách hàn điện cực Cu; và Fig.2(c) và Fig.2(d) là các hình ảnh mặt cắt thể hiện vùng lân cận của mặt phân cách giữa phần nối hàn và điện cực Cu mà trên đó việc mạ Ni/Pd/Au không điện đã được thực hiện, mỗi hình được phóng đại 800 lần, khi mối hàn được tạo ra bằng cách hàn điện cực Cu;

Fig.3 là đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa hàm lượng Cu và độ bền cắt (điện cực Cu) trên hợp kim hàn Sn-40Bi-(0-1,1)Cu-0,03Ni;

Fig.4 là đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa hàm lượng Cu và độ bền cắt (điện cực Ni/Au không điện) trên hợp kim hàn Sn-40Bi-(0-1,1)Cu-0,03Ni;

Fig.5 là đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa hàm lượng Cu và độ giãn dài của hợp kim khi hợp kim hàn là Sn-40Bi-(0-1,1)Cu-0,03Ni;

Fig.6 là đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa hàm lượng Cu và độ bền cắt (điện cực Cu) khi hợp kim hàn là Sn-40Bi-0,5Cu-(0-0,07)Ni;

Fig.7 là đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa hàm lượng Cu và độ bền cắt (điện cực Ni/Au không điện) khi hợp kim hàn là Sn-40Bi-0,5Cu-(0-0,07)Ni; và

Fig.8 là đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa hàm lượng Cu và độ giãn dài của hợp kim khi hợp kim hàn là Sn-40Bi-0,5Cu-(0-0,07)Ni.

### **Mô tả chi tiết sáng chế**

Phần mô tả sau đây sẽ mô tả sáng chế chi tiết hơn. Trong bản mô tả này, thuật ngữ, tỷ lệ phần trăm % liên quan đến các thành phần của hợp kim hàn biểu thị tỷ lệ % trọng lượng trừ khi được quy định khác.

Hợp kim hàn không chứa chì theo sáng chế là hợp kim hàn Sn-Bi-Cu-Ni chứa Cu và Ni. Vì Cu và Ni hoà tan lẫn hoàn toàn, trong hợp kim hàn không chứa chì theo sáng chế chứa Cu và Ni, độ hoà tan của Cu và Ni giảm, do đó có thể triệt tiêu sự khuếch tán của Cu và Ni từ điện cực vào hợp kim hàn. Việc triệt tiêu được sự khuếch tán của Ni có thể triệt tiêu sự tăng trưởng của lớp giàu P được tạo ra trên lớp mạ Ni không điện. Ở đây, dường như là cũng có thể triệt tiêu được sự khuếch tán của Cu và Ni bằng cách chỉ bổ sung Cu vào hợp kim hàn Sn-Bi để tăng hàm lượng Cu.

Tuy nhiên, vì kể cả khi hàm lượng Cu chỉ tăng trong hợp kim hàn Sn-Bi-Cu, hợp chất Cu Sn cũng tăng lên ở mặt phân cách nối với điện cực và trong hợp kim hàn, độ bền cắt của nó giảm đi, điểm nóng chảy của bản thân hợp kim hàn trở nên cao hơn và độ dai của nó giảm. Do đó, hợp kim hàn Sn-Bi-Cu không thể sử dụng để hàn trên điện cực Cu có lớp mạ Ni không điện bất kỳ.

Ở đây, Ni được liệt kê là nguyên tố để giảm độ hoà tan của Ni mà không tăng hàm lượng Cu. Khi hợp kim hàn chứa một lượng Ni nhỏ, hợp kim hàn này có điểm nóng chảy thấp và độ dai cao. Khi việc mạ Ni không điện như mạ Ni/Au không điện hoặc mạ Ni/Pd/Au không điện được thực hiện trên điện cực này, độ bền cắt của mối hàn được nâng cao đáng kể bằng cách triệt tiêu sự khuếch tán của Ni vào hợp kim hàn và triệt tiêu sự tăng trưởng của lớp giàu P giòn.

Ngoài ra, hợp kim hàn không chứa chì theo sáng chế có độ hoà tan thấp của Cu vì nó chứa Cu và Ni với các lượng định trước. Đối với điện cực Cu không có lớp mạ Ni không điện, có thể triệt tiêu sự khuếch tán của Cu vào hợp kim hàn và triệt tiêu sự hình thành quá mức của hợp chất Cu Sn giòn được tạo ra trên mặt phân cách nối và hợp kim hàn để độ bền cắt của mối hàn được nâng cao. Kết quả là, theo sáng chế, có thể triệt tiêu được sự biến dạng bất kỳ trên lớp nền mỏng khi thực hiện việc hàn bất kể là việc mạ có được thực hiện trên điện cực Cu hay không, và duy trì độ tin cậy cao của mối nối.

Như được mô tả ở trên, lớp mạ kim loại quý như Au và Au/Pd hoặc hợp kim của nó thường được tạo ra trên lớp mạ Ni không điện. Lớp mạ Au được tạo ra trên lớp mạ Ni. Tuy nhiên, lớp mạ Au, có chiều dày rất mỏng khoảng 0,05 $\mu$ m và khuếch tán vào trong hợp kim hàn biến mất khi thực hiện công việc hàn. Do đó, khi đánh giá các

đặc tính khác nhau của sáng chế, không cần thiết phải xem xét cụ thể lớp mạ Au và lớp mạ kim loại quý khác.

Theo sáng chế, lý do vì sao các thành phần của hợp kim hàn bị giới hạn là như sau:

Hàm lượng Bi nằm trong khoảng từ 31% đến 59%. Bi làm giảm điểm nóng chảy của hợp kim hàn. Khi hàm lượng Bi nhỏ hơn 31%, điểm nóng chảy của hợp kim hàn là cao, do đó lớp nền bị biến dạng khi hàn. Khi hàm lượng Bi lớn hơn 59%, độ bền kéo và độ dai của nó bị giảm bởi vì sự kết tủa của Bi. Tốt hơn, nếu hàm lượng Bi nằm trong khoảng từ 32% đến 58%, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 35% đến 58%.

Hàm lượng Cu nằm trong khoảng từ 0,3% đến 1,0%. Cu triệt tiêu sự khuếch tán của Ni trong lớp mạ Ni không điện vào hợp kim hàn và triệt tiêu sự tăng trưởng của lớp giàu P được tạo ra trên mặt phân cách giữa lớp mạ Ni và phần nối hàn. Ngoài ra, vì nó triệt tiêu sự khuếch tán của Cu, nên nó triệt tiêu sự hình thành quá mức của hợp chất Cu Sn giòn được tạo ra trên mặt phân cách nối giữa điện cực Cu mà trên đó việc mạ Ni không điện không được thực hiện và phần nối hàn và trong hợp kim hàn sao cho độ bền cắt của mối hàn được nâng cao. Nếu hàm lượng Cu nhỏ hơn 0,3%, không thể triệt tiêu lớp giàu P hoặc sự hình thành quá mức của hợp chất Sn Cu để độ bền cắt của nó giảm đi. Nếu hàm lượng Cu lớn hơn 1,0%, hợp chất liên kim loại với Sn được tạo ra dư trên hợp kim hàn khiến cho độ dai của hợp kim hàn giảm đi. Ngoài ra, điểm nóng chảy của hợp kim hàn trở nên rất cao khiến cho khả năng ướt của hợp kim hàn giảm đi. Ngoài ra, sự biến dạng bất kỳ xảy ra trên lớp nền sao cho khả năng gia công của nó bị giảm đi. Tốt hơn, nếu hàm lượng Cu nằm trong khoảng từ 0,3% đến 0,8%, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0,3% đến 0,7%.

Hàm lượng Ni nằm trong khoảng từ 0,01% đến 0,06%. Việc bổ sung Ni trợ giúp cho tác động bất kỳ của Cu để triệt tiêu sự khuếch tán của Ni, và biểu thị tác dụng triệt tiêu sự tăng trưởng của lớp giàu P để cải thiện thêm độ bền cắt. Nếu hàm lượng Ni nhỏ hơn 0,01%, không thể có tác dụng cải thiện độ bền cắt. Nếu hàm lượng Ni lớn hơn 0,06%, hợp chất Sn và Ni được tạo ra dư trên hợp kim hàn khiến cho độ dai của nó giảm đi. Tốt hơn, nếu hàm lượng Ni nằm trong khoảng từ 0,02% đến

0,05%.

Hợp kim hàn không chứa chì theo sáng chế có thể chứa ít nhất một nguyên tố trong số các nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm P và Ge, dưới dạng các nguyên tố tùy chọn, với tổng lượng nằm trong khoảng từ 0,003% đến 0,05%. Việc bổ sung các nguyên tố này triệt tiêu sự tăng trưởng của lớp giàu P để nâng cao độ bền cắt của mối hàn, tương tự như trong trường hợp chúng chưa được bổ sung vào, và có tác dụng ngăn không cho hợp kim hàn bị đổi màu thành màu vàng hoặc tương tự (sau đây, được gọi là “màu vàng” một cách thích hợp) do sự oxy hóa của nó. Hợp kim hàn không chứa chì theo sáng chế có thể được sử dụng dưới dạng quả cầu hợp kim hàn. Các quả cầu hợp kim hàn được gắn trên lớp nền môđun và được gắn trên các điện cực nhờ chảy ngược. Sau đó, xác định xem việc hàn được thực hiện có sử dụng bất kỳ sự nhận biết hình ảnh hay không. Nếu quả cầu hợp kim hàn bị vàng bởi oxy chắc chắn được trộn vào nhờ áp suất chảy ngược bằng cách gia nhiệt nhờ chảy ngược, quả cầu hợp kim hàn màu vàng được xác định là lỗi vì việc nhận biết hình ảnh không thể phát hiện quả cầu này. Do đó, tốt hơn là quả cầu hợp kim hàn không bị vàng trong khi diễn ra chảy ngược. Hợp kim hàn không chứa chì theo sáng chế có thể tránh được các sai số bất kỳ trong việc kiểm tra chất lượng nhờ có ít nhất một nguyên tố trong số các nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm P và Ge và ngăn không cho nó bị đổi màu bởi oxy hoặc tương tự.

Từ các quan điểm này, tốt hơn là hợp kim hàn này chứa P, tốt hơn nữa là P và Ge. Tốt hơn, nếu hàm lượng P nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,03%, tốt hơn nữa là từ 0,01% đến 0,07%. Tốt hơn, nếu hàm lượng Ge nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,03%, tốt hơn nữa là từ 0,01% đến 0,03%.

Hợp kim hàn không chứa chì theo sáng chế có các thành phần hợp kim như vậy không lộ bất kỳ lớp mạ Ni không điện nào của điện cực khi phần nổi hàn của mối hàn bị cắt và lấy ra. Sở dĩ như vậy là vì, như được mô tả ở trên, hợp kim hàn không chứa chì theo sáng chế có thể triệt tiêu được sự khuếch tán của Ni trong lớp mạ Ni không điện và triệt tiêu được sự tăng trưởng của lớp giàu P được tạo ra trên bề mặt của lớp mạ. Kết quả là, trong hợp kim hàn không chứa chì theo sáng chế, về tính chất cơ học, cụ thể là độ bền cắt của mặt phân cách của phần nổi được cải thiện đáng kể.

Ngoài ra, hợp kim hàn không chứa chì theo sáng chế có thể được sử dụng dưới dạng phôi định hình, dây, bột hàn, quả cầu hợp kim hàn hoặc dạng tương tự. Hợp kim hàn không chứa chì theo sáng chế có độ bền kéo và độ dai cao và độ bền cắt cao. Do đó, trong trường hợp khi nó được sử dụng dưới dạng quả cầu hợp kim hàn, có thể thu nhỏ quả cầu hợp kim hàn sao cho nó nhỏ hơn quả cầu hợp kim hàn thông thường, có thể đáp ứng đầy đủ việc làm mỏng lớp nền và việc thu nhỏ điện cực, được sử dụng trong các linh kiện điện tử hoặc tương tự.

Hợp kim hàn không chứa chì theo sáng chế có thể tạo ra mối hàn bằng cách nối các điện cực của gói (PKG (package)) như vi mạch IC chẳng hạn với các điện cực của lớp nền như bản mạch in (PCB) chẳng hạn. Ở đây, hợp kim hàn không chứa chì theo sáng chế duy trì độ dai và độ bền kéo cao cũng như có độ bền cắt cao khi nó được sử dụng cho mối hàn, như được mô tả ở trên. Do đó, các điện cực và các phần nối bằng hợp kim hàn không phá hủy lẫn nhau kể cả khi sự biến dạng có xảy ra chút ít trên lớp nền ở phần chảy ngược, do đó có thể duy trì được độ tin cậy của mối nối tốt kể cả khi lớp nền mỏng hơn lớp nền thông thường được sử dụng. Mối hàn theo sáng chế có điện cực và phần nối hàn. Phần nối hàn này được gọi là “phần chủ yếu được tạo ra bởi hợp kim hàn”.

Lớp nền theo sáng chế có chiều dày 5mm hoặc nhỏ hơn và các điện cực Cu đều có lớp mạ Ni. Mỗi điện cực Cu có mối hàn được tạo ra bằng cách sử dụng hợp kim hàn không chứa chì theo sáng chế. Vì trên lớp nền theo sáng chế, mối nối được tạo ra nhờ sử dụng hợp kim hàn không chứa chì theo sáng chế có điểm nóng chảy thấp và độ dai cao, kể cả khi lớp nền này có chiều dày 5mm hoặc nhỏ hơn, nó triệt tiêu được khả năng xuất hiện độ cong của nó và có độ tin cậy rất cao của mối nối. Tốt hơn, nếu chiều dày của lớp nền là 3mm hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 2mm hoặc nhỏ hơn. Đóng vai trò vật liệu chế tạo lớp nền, Si, thủy tinh epoxy, giấy phenol, nhựa bakelit và vật liệu tương tự được ưu tiên. Đóng vai trò các điện cực, lớp nền có các điện cực Cu mà trên đó việc mạ không được thực hiện, các điện cực Cu mà trên đó việc mạ Ni hoặc tương tự được thực hiện, các điện cực Ni được ưu tiên.

Bằng cách sử dụng vật liệu có độ tinh khiết cao hoặc vật liệu tia  $\alpha$  thấp trong hợp kim hàn không chứa chì theo sáng chế, có thể sản xuất được hợp kim hàn không

chứa chì tia  $\alpha$  thấp. Nếu hợp kim hàn này được sử dụng xung quanh bộ nhớ, có thể ngăn chặn được các sai số nhỏ.

### **Ví dụ thực hiện sáng chế**

Các hợp kim hàn được thể hiện trên Bảng 1 được sản xuất. Khi sử dụng các hợp kim hàn này, điểm nóng chảy của các hợp kim hàn, độ bền kéo của chúng, độ giãn dài (độ dai) của chúng được đo. Khi sử dụng mỗi hàn được tạo ra bằng cách sử dụng các hợp kim hàn này, chiều dày của lớp giàu P, độ bền cắt và tỷ lệ phần trăm hờ của lớp mạ thu được như sau. Kết quả thu được được thể hiện trên Bảng 1.

#### **Điểm nóng chảy của các hợp kim hàn**

Các điểm nóng chảy được đo theo độ C dưới điều kiện tốc độ tăng nhiệt độ là 5°C/phút sử dụng máy đo nhiệt lượng quét vi sai (Differential Scanning Calorimetry) (DSC6200) của hãng SEIKO Instrument Inc.

#### **Độ bền kéo và độ giãn dài (độ dai)**

Các hợp kim hàn được thể hiện trên Bảng 1 được chế tạo sao cho có dạng định trước. Độ bền kéo (MPa) và độ giãn dài (%) của chúng được đo dưới điều kiện tốc độ chuyển động 6,0mm/phút và tốc độ biến dạng 0,33%/giây có sử dụng máy kiểm tra độ bền kéo (AUTO GRAPH AG-20kN của hãng Shimazu Corporation). Nếu hợp kim này có độ bền kéo 70 MPa hoặc lớn hơn và độ giãn dài 65% hoặc lớn hơn, nó có thể được sử dụng không gặp phải vấn đề gì trong thực tế sử dụng.

#### **Chiều dày của lớp giàu P**

Việc hàn được thực hiện sao cho các hợp kim hàn được thể hiện trên Bảng 1 được nối vào các điện cực Cu trên PCB có chiều dày lớp nền 1,2mm, trên đó việc mạ Ni/Au không điện đã được thực hiện (sau đây, các điện cực Cu này được gọi là “các điện cực Ni/Au không điện”), mỗi điện cực có đường kính 0,24mm. Việc hàn này được thực hiện sao cho nhờ sử dụng dòng chảy trong nước (WF-6400 được chế tạo bởi SENJU METAL INDUSTRY CO., LTD), các quả cầu hợp kim hàn có đường kính 0,3mm, được chế tạo bằng hợp kim hàn, được gắn trên lớp nền sau khi dòng chảy trong nước được cấp vào và chúng được hàn bằng phương pháp chảy ngược dưới biên dạng chảy ngược trong đó nhiệt độ đỉnh được thiết lập là 210°C. Do đó, thu được các

mẫu trên đó các mối hàn tạo ra.

Chiều dày của lớp giàu P của từng mẫu được xác định dựa vào ảnh SEM nhờ phân kiểm tra vùng lân cận của mặt phân cách giữa phần nối hàn và lớp mạ Ni. Cụ thể, các ảnh này được phân tích nhờ sử dụng kính hiển vi điện tử (JSM-7000F được chế tạo bởi Japan Electron Optics Laboratory), lớp giàu P và lớp không giàu P được tách ra khỏi nhau bằng cách phân loại chúng theo màu, và chiều dày của lớp giàu P được đo theo ( $\mu\text{m}$ ). Trên 5 mẫu được sản xuất dưới cùng một điều kiện, độ dày của lớp giàu P của chúng được đo một cách tương tự và giá trị trung bình của chúng được xác định là chiều dày của lớp giàu P.

#### Độ bền cắt

Liên quan đến các điện cực trên PCB nêu trên, hai loại điện cực như điện cực Cu mà trên đó bất kỳ việc mạ nào đều chưa được thực hiện (sau đây, được gọi là “các điện cực Cu”) và các điện cực Ni/Au không điện được sử dụng và việc hàn được thực hiện sao cho chúng được nối với các hợp kim hàn được thể hiện trên Bảng 1 để tạo ra các mối hàn của chúng. Độ bền cắt của từng mẫu trong số các mẫu này được đo theo (N) bởi thiết bị đo độ bền cắt (SERIES 4000HS được chế tạo bởi DAGE Corporation) dưới điều kiện 1000mm/giây. Nếu có độ bền cắt 3,00N hoặc lớn hơn trên các điện cực Cu và độ bền cắt 2,60N hoặc lớn hơn trên các điện cực Ni/Au không điện, các mối hàn này có thể được sử dụng không gặp phải vấn đề gì trong thực tế sử dụng.

#### Tỷ lệ phần trăm hơ của lớp mạ

Các ảnh SEM được chụp trên bề mặt của từng điện cực Ni/Au không điện của các mẫu thử nghiệm độ bền cắt sau khi phần nối hàn được cắt và lấy ra. Vùng Ni hơ được nhận biết bằng cách thực hiện phép phân tích EDS và bằng cách sử dụng phần mềm phân tích hình ảnh (Scandium) của Seika Corporation, thu được một diện tích thuộc vùng này. Cuối cùng, tỷ lệ phần trăm hơ của lớp mạ (%) được tính bằng cách chia diện tích thuộc vùng mà lớp mạ Ni hơ cho tổng diện tích của điện cực.

Bảng 1

|                        | Thành phần (% trọng lượng) |    |     |       |        |        | Điểm nóng chảy (°C) | Độ bền kéo (MPa) | Độ giãn dài (%) | Độ dày của lớp phủ P-RICH (μm) | Độ bền cắt (N) |                              | Tỷ lệ phần trăm hồ của lớp mạ (%) |
|------------------------|----------------------------|----|-----|-------|--------|--------|---------------------|------------------|-----------------|--------------------------------|----------------|------------------------------|-----------------------------------|
|                        | Sn                         | Bi | Cu  | Ni    | P      | Ge     |                     |                  |                 |                                | Điện cực Cu    | Điện cực Ni/Au không có điện | Điện cực Ni/Au không có điện      |
| Phương án thực hiện 1  | quả cầu                    | 35 | 0,3 | 0,03  | 0      | 0      | 183,1               | 79,9             | 78,2            | 0,011                          | 3,21           | 2,85                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 2  | quả cầu                    | 35 | 0,5 | 0,03  | 0      | 0      | 183,8               | 80,2             | 78,0            | 0,010                          | 3,38           | 2,78                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 3  | quả cầu                    | 35 | 0,7 | 0,03  | 0      | 0      | 183,2               | 81,3             | 76,1            | 0,010                          | 3,49           | 2,89                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 4  | quả cầu                    | 35 | 0,5 | 0,01  | 0      | 0      | 183,7               | 79,3             | 77,2            | 0,013                          | 3,14           | 2,77                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 5  | quả cầu                    | 35 | 0,5 | 0,06  | 0      | 0      | 183,9               | 80,4             | 76,5            | 0,012                          | 3,38           | 2,87                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 6  | quả cầu                    | 40 | 0,3 | 0,03  | 0      | 0      | 173,9               | 77,9             | 87,3            | 0,012                          | 3,29           | 2,75                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 7  | quả cầu                    | 40 | 0,5 | 0,03  | 0      | 0      | 173,5               | 78,2             | 87,1            | 0,010                          | 3,18           | 2,85                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 8  | quả cầu                    | 40 | 0,7 | 0,03  | 0      | 0      | 173,8               | 78,3             | 86,4            | 0,010                          | 3,22           | 2,67                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 9  | quả cầu                    | 40 | 0,9 | 0,03  | 0      | 0      | 174,3               | 77,6             | 84,1            | 0,013                          | 3,21           | 2,62                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 10 | quả cầu                    | 40 | 0,5 | 0,01  | 0      | 0      | 173,5               | 79,3             | 88,3            | 0,013                          | 3,19           | 2,74                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 11 | quả cầu                    | 40 | 0,5 | 0,06  | 0      | 0      | 174,1               | 78,9             | 89,4            | 0,012                          | 3,32           | 2,77                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 12 | quả cầu                    | 45 | 0,3 | 0,03  | 0      | 0      | 165,7               | 77,4             | 75,3            | 0,009                          | 3,28           | 2,81                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 13 | quả cầu                    | 45 | 0,5 | 0,03  | 0      | 0      | 165,2               | 78,1             | 75,1            | 0,014                          | 3,31           | 2,86                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 14 | quả cầu                    | 45 | 0,7 | 0,03  | 0      | 0      | 165,0               | 78,5             | 76,6            | 0,012                          | 3,38           | 2,79                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 15 | quả cầu                    | 45 | 0,5 | 0,01  | 0      | 0      | 165,3               | 77,9             | 75,6            | 0,010                          | 3,23           | 2,78                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 16 | quả cầu                    | 45 | 0,5 | 0,06  | 0      | 0      | 165,7               | 78,8             | 75,0            | 0,013                          | 3,34           | 2,71                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 17 | quả cầu                    | 58 | 0,3 | 0,03  | 0      | 0      | 139,8               | 74,6             | 68,5            | 0,012                          | 3,21           | 2,76                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 18 | quả cầu                    | 58 | 0,5 | 0,03  | 0      | 0      | 140,2               | 75,8             | 67,3            | 0,008                          | 3,24           | 2,75                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 19 | quả cầu                    | 58 | 0,7 | 0,03  | 0      | 0      | 139,7               | 74,9             | 67,2            | 0,014                          | 3,39           | 2,75                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 20 | quả cầu                    | 58 | 0,5 | 0,01  | 0      | 0      | 140,0               | 75,3             | 68,1            | 0,012                          | 3,16           | 2,78                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 21 | quả cầu                    | 58 | 0,5 | 0,06  | 0      | 0      | 139,9               | 75,9             | 66,9            | 0,010                          | 3,26           | 2,69                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 22 | quả cầu                    | 35 | 0,5 | 0,01  | 0,003  | 0      | 184,0               | 78,9             | 77,4            | 0,011                          | 3,21           | 2,72                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 23 | quả cầu                    | 35 | 0,5 | 0,06  | 0,05   | 0      | 184,5               | 78,3             | 75,3            | 0,013                          | 3,12           | 2,89                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 24 | quả cầu                    | 40 | 0,5 | 0,01  | 0,003  | 0      | 173,4               | 78,3             | 89,2            | 0,012                          | 3,21           | 2,79                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 25 | quả cầu                    | 40 | 0,5 | 0,06  | 0,05   | 0      | 173,7               | 79,1             | 86,9            | 0,013                          | 3,33           | 2,74                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 26 | quả cầu                    | 45 | 0,5 | 0,01  | 0,003  | 0      | 165,1               | 77,6             | 77,1            | 0,011                          | 3,28           | 2,71                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 27 | quả cầu                    | 45 | 0,5 | 0,06  | 0,05   | 0      | 165,7               | 77,3             | 74,3            | 0,014                          | 3,38           | 2,85                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 28 | quả cầu                    | 58 | 0,5 | 0,01  | 0,003  | 0      | 139,6               | 75,1             | 68,1            | 0,012                          | 3,15           | 2,73                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 29 | quả cầu                    | 58 | 0,5 | 0,06  | 0,05   | 0      | 140,3               | 75,9             | 66,3            | 0,013                          | 3,31           | 2,72                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 30 | quả cầu                    | 35 | 0,5 | 0,01  | 0      | 0,003  | 184,1               | 78,5             | 78,1            | 0,011                          | 3,15           | 2,78                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 31 | quả cầu                    | 58 | 0,5 | 0,06  | 0      | 0,05   | 140,4               | 77,9             | 65,8            | 0,012                          | 3,28           | 2,81                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 32 | quả cầu                    | 35 | 0,5 | 0,01  | 0,0015 | 0,0015 | 183,9               | 78,3             | 76,9            | 0,012                          | 3,17           | 2,77                         | 0                                 |
| Phương án thực hiện 33 | quả cầu                    | 58 | 0,5 | 0,06  | 0,025  | 0,025  | 140,1               | 76,9             | 66,4            | 0,012                          | 3,19           | 2,75                         | 0                                 |
| Vi dụ so sánh 1        | quả cầu                    | 58 | 0   | 0     | 0      | 0      | 140,0               | 69,7             | 65,8            | 0,092                          | 2,30           | 2,01                         | 59                                |
| Vi dụ so sánh 2        | quả cầu                    | 40 | 0,5 | 0     | 0      | 0      | 173,4               | 76,1             | 80,9            | 0,016                          | 2,61           | 2,43                         | 0                                 |
| Vi dụ so sánh 3        | quả cầu                    | 40 | 0   | 0,03  | 0      | 0      | 174,4               | 75,3             | 81,7            | 0,046                          | 2,63           | 2,26                         | 49                                |
| Vi dụ so sánh 4        | quả cầu                    | 30 | 0,5 | 0,03  | 0      | 0      | 187,4               | 77,3             | 62,3            | 0,012                          | 3,12           | 2,65                         | 0                                 |
| Vi dụ so sánh 5        | quả cầu                    | 60 | 0,5 | 0,03  | 0      | 0      | 148,7               | 63,9             | 54,3            | 0,011                          | 3,22           | 2,46                         | 0                                 |
| Vi dụ so sánh 6        | quả cầu                    | 40 | 0,2 | 0,03  | 0      | 0      | 173,8               | 75,9             | 77,6            | 0,032                          | 2,98           | 2,21                         | 19                                |
| Vi dụ so sánh 7        | quả cầu                    | 40 | 1,1 | 0     | 0      | 0      | 207,9               | 77,1             | 61,4            | 0,010                          | 2,88           | 2,48                         | 0                                 |
| Vi dụ so sánh 8        | quả cầu                    | 40 | 1,1 | 0,03  | 0      | 0      | 233,7               | 77,3             | 59,3            | 0,010                          | 3,26           | 2,58                         | 0                                 |
| Vi dụ so sánh 9        | quả cầu                    | 40 | 0,5 | 0,004 | 0      | 0      | 173,2               | 76,1             | 79,3            | 0,013                          | 2,62           | 2,62                         | 0                                 |
| Vi dụ so sánh 10       | quả cầu                    | 40 | 0,5 | 0,07  | 0      | 0      | 174,3               | 75,3             | 55,7            | 0,012                          | 3,28           | 2,71                         | 0                                 |

Như được thể hiện trên Bảng 1, theo các phương án thực hiện từ 1 đến 33, tất cả các phương án thực hiện đều thể hiện kết quả là các điểm nóng chảy của chúng là 185°C hoặc nhỏ hơn; độ bền kéo là 70 MPa hoặc lớn hơn; độ giãn dài là 65% hoặc lớn hơn; độ dày của các lớp giàu P là 0,014  $\mu\text{m}$ ; độ bền cắt của các mối hàn được tạo ra bằng cách sử dụng điện cực Cu là 3,00N hoặc lớn hơn; độ bền cắt của các mối hàn được tạo ra bằng cách sử dụng các điện cực Ni/Au không có điện là 2,60N hoặc lớn hơn; và tỷ lệ phần trăm hở của lớp mạ của chúng đều là 0%.

Mặt khác, hợp kim hàn trong ví dụ so sánh 1 là hợp kim Sn-58Bi và không chứa Cu và Ni đã cho thấy rằng chiều dày của lớp giàu P là lớn; độ bền cắt trong các mối hàn của các điện cực Cu và các điện cực Ni/Au không có điện giảm mạnh; và tỷ lệ phần trăm hở của lớp mạ vẫn còn cao.

Cả hợp kim hàn trong ví dụ so sánh 2 không chứa Ni lẫn hợp kim hàn trong ví dụ so sánh 3 không chứa Cu đều cho thấy rằng chiều dày của lớp giàu P là lớn; và độ bền cắt trong các mối hàn của các điện cực Cu và các điện cực Ni/Au không có điện giảm mạnh. Cụ thể, hợp kim hàn trong ví dụ so sánh 3 không chứa Cu cho thấy có tỷ lệ phần trăm hở của lớp mạ cao.

Vì hợp kim hàn trong ví dụ so sánh 4 chứa lượng Bi nhỏ cho thấy có điểm nóng chảy cao và độ giãn dài nhỏ, nên đã xác nhận được rằng sự biến dạng có xảy ra trên lớp nền. Hợp kim hàn trong ví dụ so sánh 5 chứa lượng Bi lớn cho thấy hợp kim này kém về độ bền kéo và độ giãn dài. Ngoài ra, có thể thấy rằng độ bền cắt trong mối hàn của điện cực Ni/Au không có điện là thấp.

Hợp kim hàn trong ví dụ so sánh 6 chứa lượng Cu nhỏ cho thấy độ bền cắt trong mối hàn của điện cực Ni/Au không có điện là nhỏ, chiều dày của lớp giàu P là lớn, và tỷ lệ phần trăm hở của lớp mạ là cao. Cả hợp kim hàn trong ví dụ so sánh 7 không chứa Ni và chứa lượng Cu lớn và hợp kim hàn trong ví dụ so sánh 8 chứa lượng Cu lớn đều cho thấy rằng các hợp kim này có điểm nóng chảy cao và kém về độ giãn dài và có độ bền cắt trên điện cực Ni/Au không có điện thấp.

Hợp kim hàn trong ví dụ so sánh 9 chứa lượng Ni nhỏ cho thấy độ bền cắt trong mối hàn của điện cực Cu là nhỏ. Hợp kim hàn trong ví dụ so sánh 10 chứa lượng

Ni lớn cho thấy hợp kim này rất kém về độ giãn dài.

Fig.1 là ảnh SEM thể hiện bề mặt bị cắt của điện cực sau khi điện cực Ni/Au không có điện được hàn nhờ sử dụng hợp kim hàn Sn-58Bi và phần nối hàn được cắt và lấy ra. Trong tất cả các ví dụ 1, 3, 5 và 6, lớp mạ Ni hờ như được thể hiện trên Fig.1. Có thể hiểu rằng điều này là vì lớp giàu P tăng trưởng và sự bóc tách xảy ra ở mặt phân cách giữa lớp giàu P và lớp mạ Ni/Au không điện.

Fig.2(a) và Fig.2(b) là các hình vẽ thể hiện các ảnh SEM được cắt, mỗi hình vẽ thể hiện vùng lân cận của mặt phân cách giữa phần nối hàn và điện cực trong mỗi hàn khi mỗi hàn này được tạo ra bằng cách hàn điện cực Ni/Au không có điện. Fig.2(c) và Fig.2(d) là các hình vẽ thể hiện các ảnh SEM được cắt, mỗi hình vẽ thể hiện vùng lân cận của mặt phân cách giữa phần nối hàn và điện cực trong mỗi hàn khi mỗi hàn được tạo ra bằng cách hàn điện cực Cu mà trên đó việc mạ Ni/Pd/Au không điện đã được thực hiện. Rõ ràng từ Fig.2(a) và Fig.2(c), vì hợp kim hàn Sn-58Bi (của ví dụ so sánh 1: độ bền cắt trong mỗi hàn của điện cực Ni/Au không có điện là 2,01N) không chứa Cu, lớp giàu P tăng trưởng. Mặt khác, rõ ràng từ Fig.2(b) và Fig.2(d) là vì hợp kim hàn Sn-40Bi-0,5Cu-0,03Ni theo sáng chế (theo Phương án thực hiện 7: độ bền cắt trong mỗi hàn của điện cực Ni/Au không có điện là 2,85 N) chứa Cu và Ni với các lượng định trước, điều này triệt tiêu sự tăng trưởng của lớp giàu P, do đó lớp giàu P bất kỳ không thể xác nhận được từ các ảnh chụp này. Do đó, từ Fig.2, cần hiểu rằng việc triệt tiêu sự tăng trưởng lớp giàu P cho phép độ bền cắt được cải thiện đáng kể.

Dựa vào các kết quả trên Bảng 1, mối quan hệ giữa hàm lượng của Cu và Ni trong hợp kim hàn và các độ bền cắt trong các mối hàn của các điện cực Cu, và các điện cực Ni/Au không có điện hoặc độ giãn dài của các hợp kim hàn được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.3 đến Fig.8. Theo các hình vẽ từ Fig.3 đến Fig. 5, kết quả của các phương án thực hiện từ 6 đến 9 và các ví dụ so sánh 3, 6 và 7 trong đó các hợp kim hàn chứa 40% Bi và 0,03% Ni đã được sử dụng. Theo các hình vẽ từ Fig.6 đến Fig.8, kết quả của các phương án thực hiện 7, 10 và 11 và các ví dụ so sánh 2, 8 và 9 trong đó các hợp kim hàn chứa 40% Bi và 0,5% Cu đã được sử dụng. Fig.3 là đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa hàm lượng Cu và độ bền cắt (trong mỗi hàn của điện cực Cu) trên hợp kim hàn Sn-40Bi-(0-1,1)Cu-0,03Ni. Fig.4 là đồ thị thể hiện mối quan hệ

giữa hàm lượng Cu và độ bền cắt (trong mỗi hàn của điện cực Ni/Au không có điện) trên hợp kim hàn Sn-40Bi-(0-1,1)Cu-0,03Ni. Fig.5 là đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa hàm lượng Cu và độ giãn dài trên hợp kim hàn Sn-40Bi-(0-1,1)Cu-0,03Ni. Từ các hình vẽ từ Fig.3 đến Fig.5, rõ ràng là phạm vi của Cu thể hiện độ bền cắt trong mỗi hàn của điện cực Cu là 3,0N hoặc lớn hơn, độ bền cắt trong mỗi hàn của điện cực Ni không có điện là 2,6N hoặc lớn hơn và độ giãn dài là 65% hoặc lớn hơn là nằm trong khoảng từ 0,3 đến 1,0%.

Fig.6 là đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa hàm lượng Cu và độ bền cắt (trong mỗi hàn của điện cực Cu) trên hợp kim hàn Sn-40Bi-0,5Cu-(0-0,07)Ni. Fig.7 là đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa hàm lượng Cu và độ bền cắt (trong mỗi hàn của điện cực Ni/Au không có điện) trên hợp kim hàn Sn-40Bi-0,5Cu-(0-0,07)Ni. Fig.8 là đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa hàm lượng Cu và độ giãn dài của hợp kim trên hợp kim hàn Sn-40Bi-0,5Cu-(0-0,07)Ni. Các hình vẽ từ Fig.6 đến Fig.8, rõ ràng là phạm vi của Ni thể hiện độ bền cắt trong mỗi hàn của điện cực Cu là 3,0N hoặc lớn hơn, độ bền cắt trong mỗi hàn của điện cực Ni không có điện là 2,6N hoặc lớn hơn và độ giãn dài là 65% hoặc lớn hơn là nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,06%.

**YÊU CẦU BẢO HỘ**

1. Hợp kim hàn không chứa chì có thành phần hợp kim chứa Bi với lượng nằm trong khoảng từ 31% đến 59% trọng lượng, Cu với lượng nằm trong khoảng từ 0,3% đến 1,0% trọng lượng, Ni với lượng nằm trong khoảng từ 0,01% đến 0,06% trọng lượng và lượng còn lại là Sn, trong đó hợp kim hàn này có điểm nóng chảy là 185°C hoặc nhỏ hơn, độ bền kéo là 70 MPa hoặc lớn hơn và độ giãn dài là 65% hoặc lớn hơn.
2. Hợp kim hàn theo điểm 1, trong đó hợp kim hàn này còn chứa ít nhất một nguyên tố được chọn từ nhóm chỉ bao gồm P và Ge với tổng lượng nằm trong khoảng từ 0,003% đến 0,05% trọng lượng.
3. Mỗi hàn được tạo ra trên điện cực Cu có lớp mạ Ni bằng cách sử dụng hợp kim hàn không chứa chì theo điểm 1 hoặc 2.
4. Mỗi hàn theo điểm 3, trong đó lớp mạ Ni có lớp mạ không điện chứa P.
5. Lớp nền có chiều dày là 5mm hoặc nhỏ hơn và các điện cực Cu, mỗi điện cực này có lớp mạ Ni, trong đó từng điện cực trong số các điện cực Cu có mỗi hàn được tạo ra bằng cách sử dụng hợp kim hàn không chứa chì theo điểm 1 hoặc 2.
6. Lớp nền theo điểm 5, trong đó lớp mạ Ni chứa P.

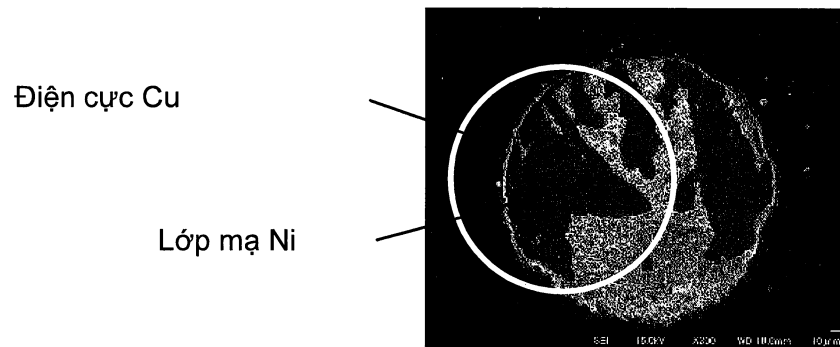
**FIG. 1**

FIG. 2

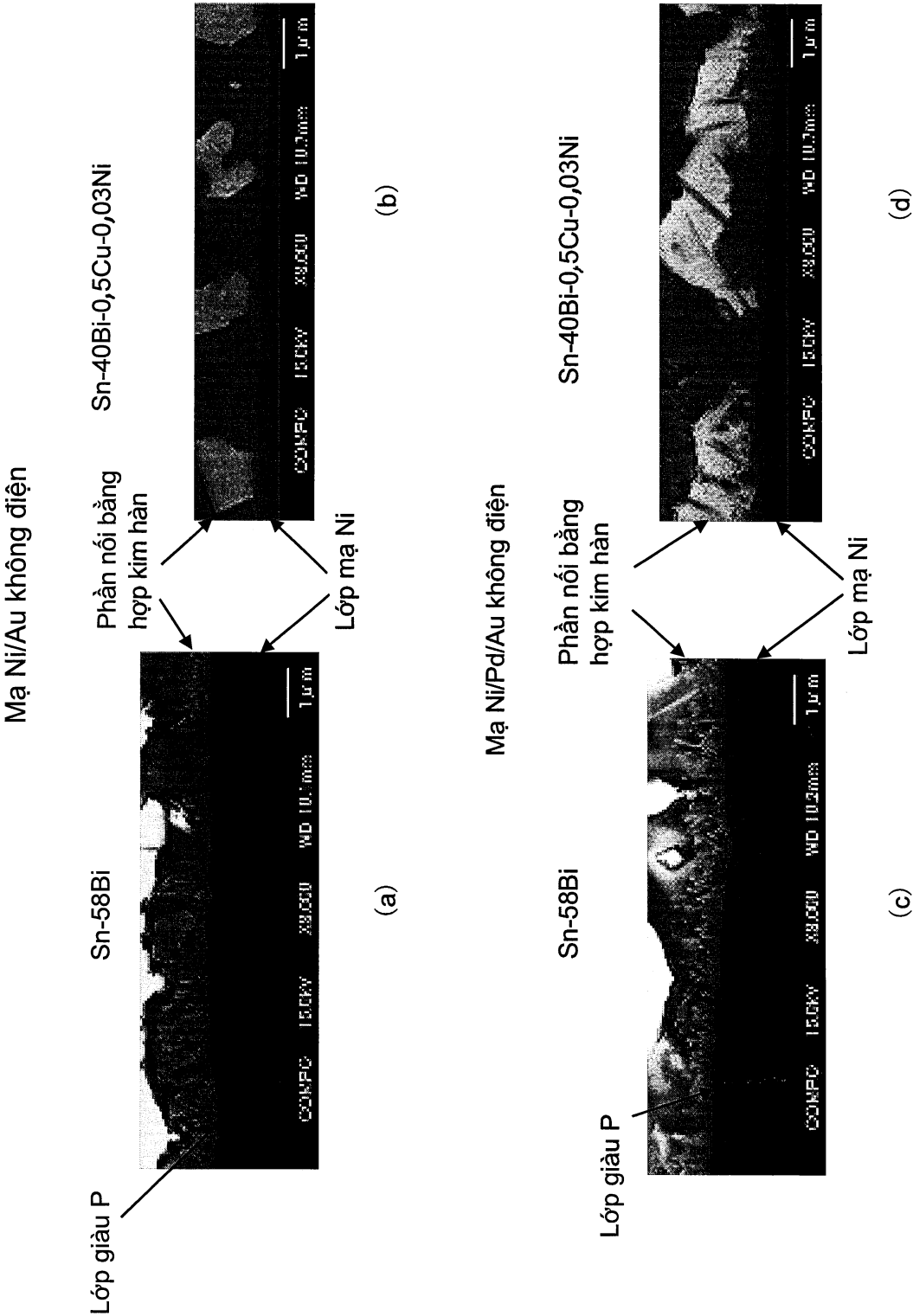


FIG. 3

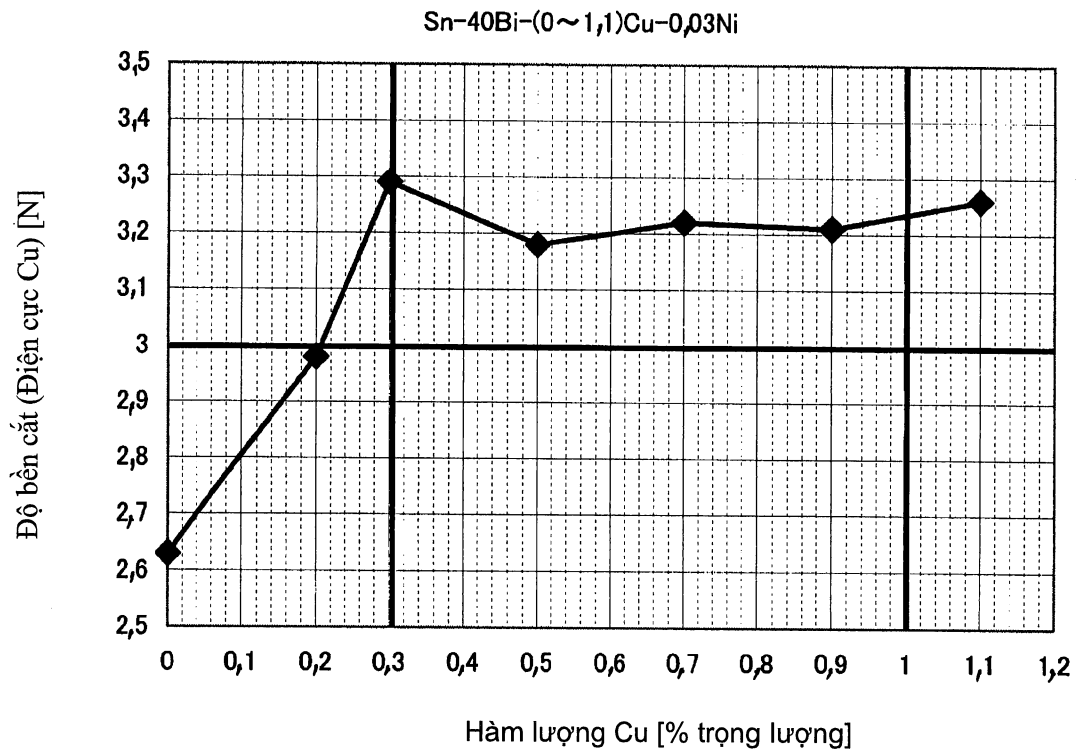


FIG. 4

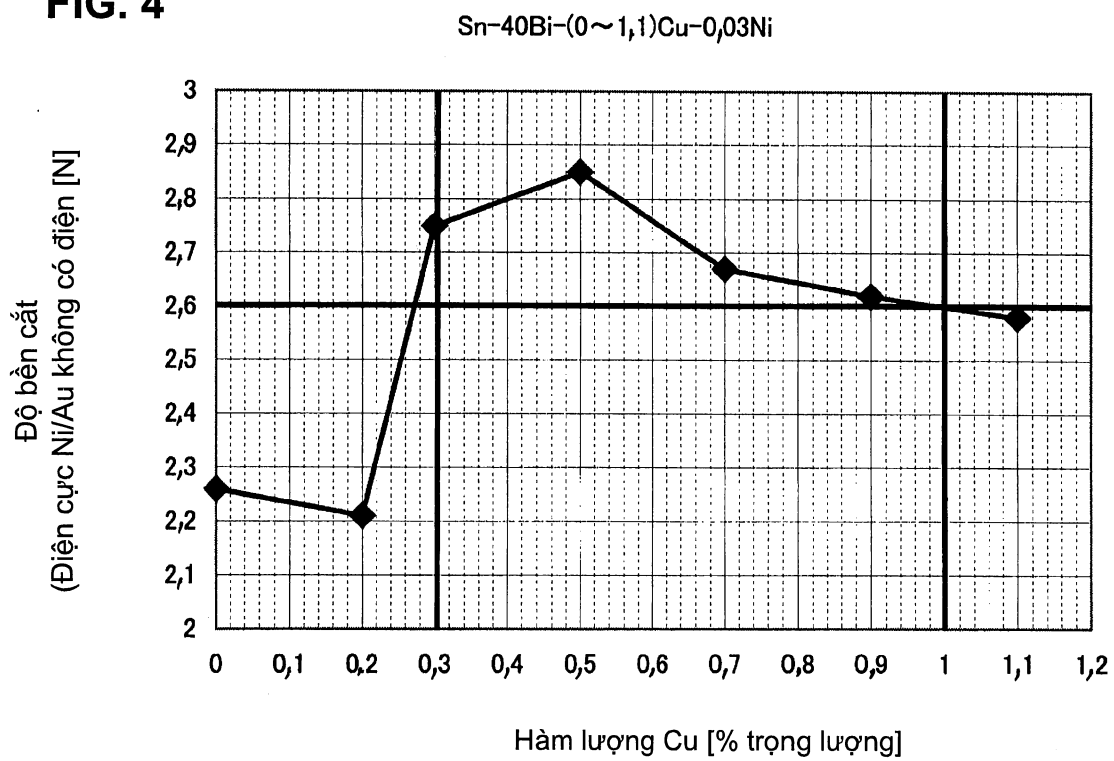


FIG. 5

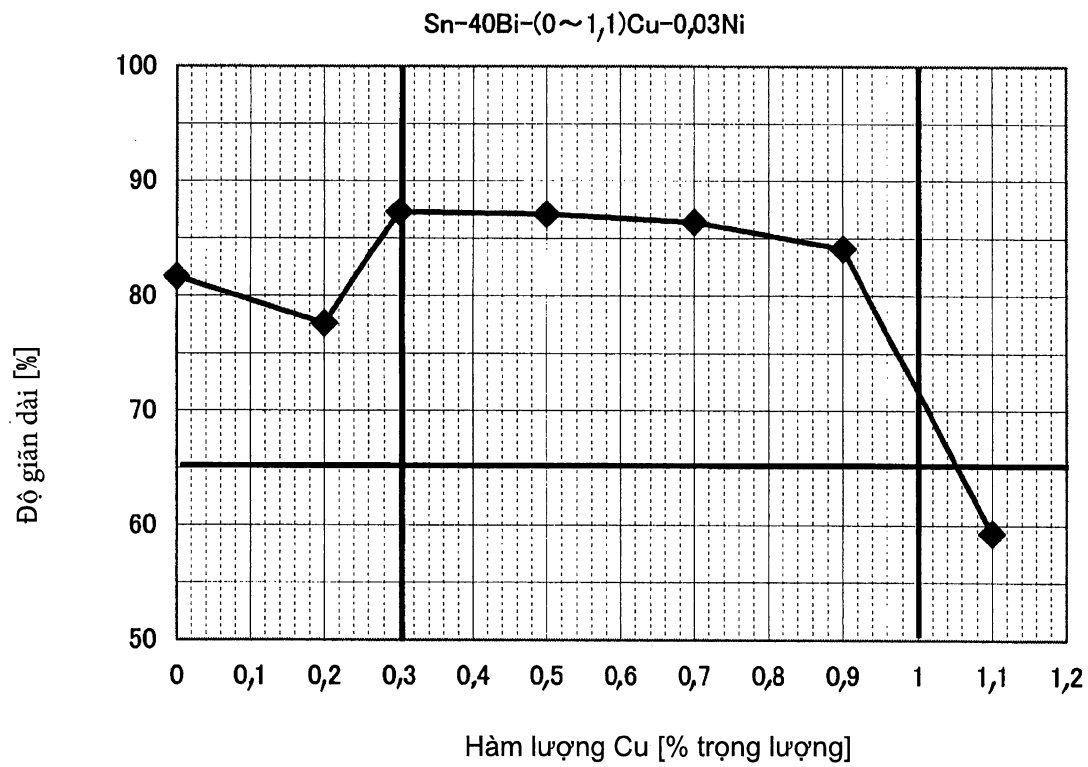


FIG. 6

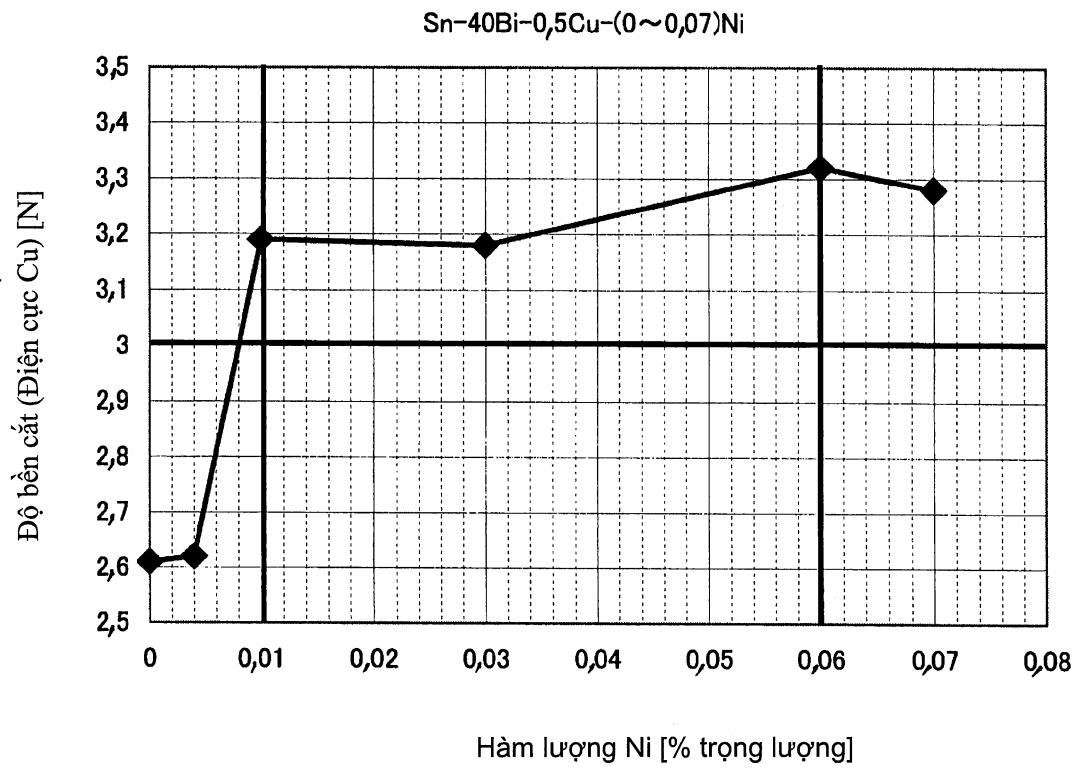


FIG. 7

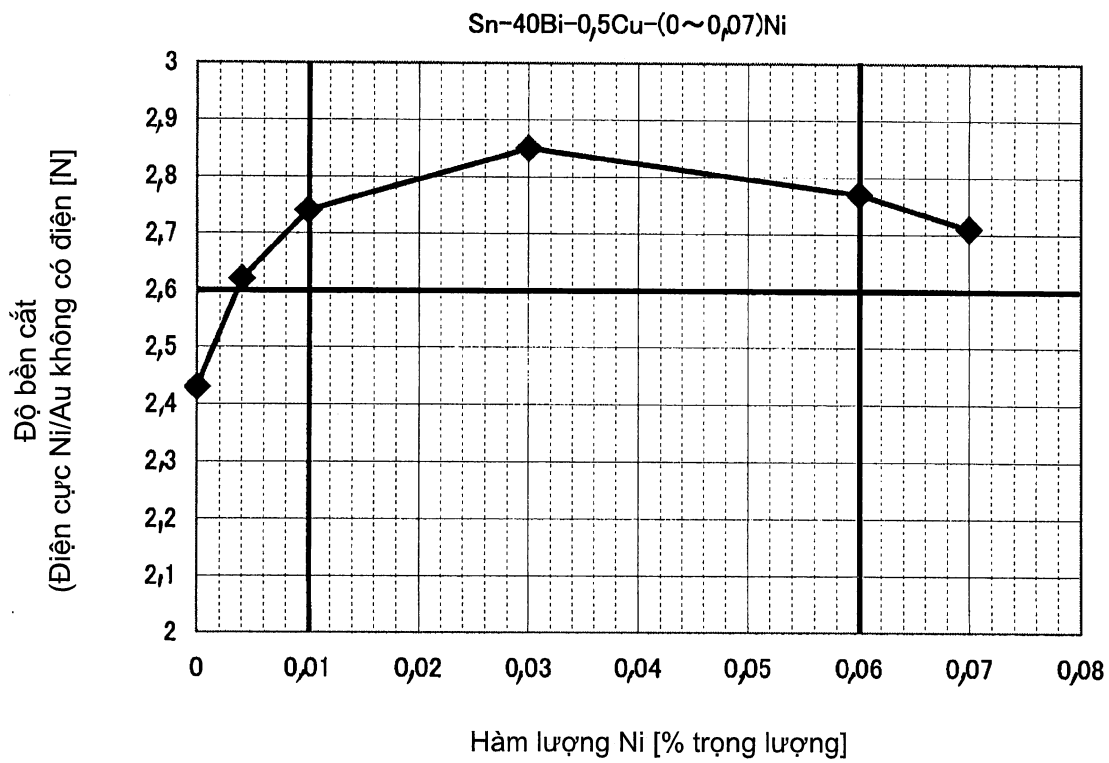


FIG. 8

