



(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)



1-0027782

(51)^{2020.01} H01L 21/52; B23K 1/008; C22C 13/02; (13) B
B23K 1/00; B23K 35/26

(21) 1-2020-02459 (22) 30/10/2018
(86) PCT/JP2018/040250 30/10/2018 (87) WO 2019/088068 09/05/2019
(30) 2017-211000 31/10/2017 JP
(45) 25/03/2021 396 (43) 27/07/2020 388ASC
(73) SENJU METAL INDUSTRY CO., LTD. (JP)
23, Senju-Hashido-cho, Adachi-ku, Tokyo 1208555, Japan
(72) UESHIMA Minoru (JP); TACHIBANA Yoshie (JP).
(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) MÔI HÀN VẄY VÀ PHƯƠNG PHÁP TẠO THÀNH MÔI HÀN VẄY

(57) Sáng chế đề xuất môi hàn vẄy ngăn sự tách rời giữa kim loại mặt sau và hợp kim hàn trong quá trình tạo thành môi hàn vẄy, và mang lại độ bền cao hơn bằng cách ngăn hiện tượng không thấm ướt của hợp kim hàn, sự bắn tóe của vật liệu hàn nóng chảy, và vết nứt của linh kiện điện tử do sự nứt gãy chip; và phương pháp để tạo thành môi hàn vẄy như vậy. Trong môi hàn vẄy này, linh kiện điện tử được trang bị với kim loại mặt sau được gắn với lớp nền nhờ hợp kim hàn. Hợp kim hàn có: lớp hợp kim hàn có thành phần hợp kim bao gồm, theo % khối lượng, 2-4% Ag, 0,6-2% Cu, 9,0-12% Sb, 0,005-1% Ni với phần còn lại là Sn; pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb; lớp hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau; và lớp hợp chất liên kim loại phía lớp nền. Lớp hợp kim hàn được đặt xen kẽ giữa pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb và lớp hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau và/hoặc giữa pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb và lớp hợp chất liên kim loại phía lớp nền.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến mỗi hàn vảy mà có thể tránh được sự phân tách của kim loại mặt sau của linh kiện điện tử, và phương pháp để tạo thành mỗi hàn vảy này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, thiết bị điện tử được yêu cầu về sự tích hợp cao, công suất lớn và gia công tốc độ cao. Để thỏa mãn yêu cầu này, người ta đã cố gắng để đạt được sự tích hợp cao và chức năng hóa cao ở mức độ chip bán dẫn bằng cách sử dụng đóng gói bán dẫn, chẳng hạn như QFP (Gói phẳng vuông, Quad Flat Package). Trong quá trình sản xuất QFP, sử dụng quy trình đóng gói hàn để chip silicon được cắt ra từ tấm silicon thành khung dẫn điện.

Trong quy trình QFP, mỗi hàn vảy được tạo thành bằng cách hàn đế chip silicon và khung dẫn điện sử dụng hợp kim hàn thông qua quy trình đóng gói. Trên chip silicon, kim loại mặt sau chẳng hạn như lớp Ni được tạo thành để cải thiện tính thấm ướt của chất hàn để làm tăng độ bền bám dính. Tuy nhiên, do Ni khuếch tán vào Si do nhiệt trong quá trình nóng chảy chất hàn và chức năng của chip bán dẫn bị suy giảm, lớp chặn chẳng hạn như lớp Ti được tạo thành giữa chip silicon và lớp Ni. Do đó, trong trường hợp mà lớp kim loại mặt sau được tạo đa lớp, sự phân tách giữa các lớp kim loại mặt sau hoặc sự phân tách giữa kim loại mặt sau và hợp kim hàn xảy ra trong một số trường hợp. Để ngăn sự phân tách như vậy, nhiều nghiên cứu đã được thực hiện trên lớp kim loại mặt sau.

Tài liệu sáng chế 1 đề xuất kỹ thuật để thu được các thuộc tính mỗi hàn tốt bằng cách ngăn sự tạo thành của các lỗ rỗng và tính thấm ướt của hợp kim hàn, lớp kim loại thứ nhất bao gồm một lớp có chứa Cr hoặc V và lớp Ni và màng kim loại thứ hai (màng kim loại) chứa Sn hoặc Sb được chế tạo trên chip silicon và hợp kim có thành phần chính là Sn và chứa từ 10 wt% Sb trở lên được sử dụng làm hợp kim hàn để gắn chip silicon với lớp nền.

Tài liệu sáng chế 2 đã đề xuất thiết bị bán dẫn có cấu trúc gắn kết bên trong để ngăn sự nứt gãy mặt phân cách do quá trình sản xuất hợp chất liên kim loại,

màng kim loại (lớp chặn) chẳng hạn như Cr hoặc Ti được chế tạo trên chip silicon và lớp chặn được dính chặt và cố định trực tiếp lên vật liệu hàn vảy chứa các thành phần chính là Sn và Sb. Ngoài ra, theo tài liệu sáng chế 2, thậm chí khi lớp trung gian chẳng hạn như lớp Ni hoặc lớp Ag được chế tạo giữa lớp chặn và hợp kim hàn để làm tăng độ bền bám dính với hợp kim hàn, pha trung gian biến mất và pha hợp chất liên kim loại với Sn không được tạo thành, kết quả là, không gây ra sự tạo thành và nứt gãy có chọn lọc của pha hợp chất liên kim loại.

Bằng cách này, trong mỗi hàn để thông thường, nhiều nghiên cứu về kim loại mặt sau được thực hiện bằng cách sử dụng hợp kim hàn trên cơ sở Sn-Sb. Hợp kim Sn-Sb được sử dụng trong các nghiên cứu này để ngăn hợp kim hàn được sử dụng trong mỗi hàn để không bị nóng chảy trong quá trình gắn lên bảng mạch in, v.v. do hợp kim này có nhiệt độ hóa lỏng cao. Tuy nhiên, thậm chí khi nhiệt độ hóa lỏng của hợp kim hàn được tăng lên bằng cách thêm vào một lượng lớn Sb, do nhiệt độ gia nhiệt trong quá trình gắn chip silicon lên bảng mạch in đạt đến vùng nhiệt độ gần với nhiệt độ hóa lỏng của hợp kim hàn, hợp kim hàn có thể được làm mềm để gây ra sự thay đổi giá trị điện trở của mỗi hàn vảy.

Do đó, ví dụ, tài liệu sáng chế 3 đề xuất kỹ thuật sử dụng, sự gắn kết của phần điện cực sau khi hàn để, hợp kim hàn được tạo thành từ Sn chứa từ 0,005% đến 5,0% khối lượng của ít nhất một trong số các nguyên tố Fe và Ni, còn chứa ít nhất một trong số các nguyên tố Ag (từ 0,1% đến 20% khối lượng) và Cu (từ 0,005% đến 9% khối lượng), và cũng chứa từ 0,1% đến 15% khối lượng Sb, để cải thiện đặc tính độ bền mỗi nhiệt để giảm sự thay đổi điện trở trong quá trình gia nhiệt.

Danh mục tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: JP-A-2001-196393

Tài liệu sáng chế 2: JP-A-H06-244226

Tài liệu sáng chế 3: JP-A-2001-144111

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Tuy nhiên, thậm chí khi hợp kim hàn trên cơ sở Sn-Sb có nhiệt độ hóa lỏng cao được sử dụng như được mô tả trong các tài liệu sáng chế 1 và 2, khi lớp Ni được xếp chồng lên lớp chặn, Ni đôi lúc khuếch tán vào hợp kim hàn trong quá trình nóng chảy của hợp kim hàn và biến mất. Trong trường hợp này, lớp chặn tiếp xúc với hợp kim hàn và do hợp kim hàn hầu như không xâm nhập vào lớp chặn, xảy ra sự phân tách tại mặt phân cách giữa lớp chặn và hợp kim hàn. Đây là vấn đề có thể có trong mỗi hàn đế. Mặt khác, sáng chế được mô tả trong tài liệu sáng chế 3 nhằm mục đích giảm sự thay đổi điện trở trong quá trình gia nhiệt trong mỗi hàn điện cực sau khi hàn đế. Theo đó, các phát minh được mô tả trong các tài liệu sáng chế 1 và 2 trước hết khác nhau về thời điểm xuất hiện vấn đề so với sáng chế được mô tả trong tài liệu sáng chế 3 và do đó, việc xuất hiện sự phân tách được mô tả ở trên trong hàn đế là không thể tránh được.

Ngoài ra, theo các phát minh được mô tả trong các tài liệu sáng chế 1 và 2, kim loại mặt sau của chip silicon được tạo thành là cấu trúc đa lớp để cải thiện tính thấm ướt của kim loại mặt sau với hợp kim hàn và ngăn sự tạo thành của pha hợp chất liên kim loại có tác dụng tiêu cực. Tuy nhiên, do các lớp tương ứng khác nhau về hệ số dẫn nở tuyến tính, khi lớp chất hàn bị nóng chảy và đông rắn, ứng suất có thể được sinh ra giữa các lớp để gây ra sự phân tách tại mặt phân cách. Trong trường hợp mà kích thước hai chiều của khu vực phân tách nhỏ, ứng suất được tập trung ở khu vực phân tách, và nứt gãy có thể bắt đầu từ khu vực phân tách và lan ra chip silicon và kết quả là, chip silicon có thể bị gãy. Trên tất cả, theo tài liệu sáng chế 2, lớp Ni 0,6 μm đã được trình bày bị biến mất trong mỗi hàn đế, và trong trường hợp này, sự phân tách có thể xảy ra tại mặt phân cách giữa lớp chặn và hợp kim hàn. Điều này là do khi Ni biến mất như được mô tả trong tài liệu sáng chế 2, hợp kim hàn được gắn với Ti nhưng Ti đẩy lùi hợp kim hàn bởi tính thấm ướt rất kém của hợp kim hàn với Ti. Nguyên nhân Ti có tính thấm ướt kém như sau. Với các điều kiện chế tạo của hợp kim Si-Ti, cần có nhiệt độ gia nhiệt lớn hơn hoặc bằng 1200°C và gia nhiệt trong vài giờ trong môi trường khí trơ. Do đó, rất khó để thấm ướt hoàn toàn Sn và Ti với nhau ở nhiệt độ gia nhiệt nhỏ hơn hoặc bằng

400°C, là điều kiện hàn bình thường, với thời gian gia nhiệt ngắn ít hơn hoặc bằng 30 phút.

Ngoài ra, ngay cả khi giữ nguyên một phần lớp Ni, Ti được lộ ra. Trong trường hợp này, hợp kim hàn hầu như không xâm nhập vào Ti, điều này được coi là làm tăng các lỗ rỗng.

Ở đây, trong trường hợp mà sự biến mất của lớp Ni được mô tả trong tài liệu sáng chế 2 xảy ra trong môi trường lý tưởng hoàn toàn không có khí hoặc nguyên tử ngoại trừ Ni, Ti và Sn, tính thấm ướt tốt của Ti và Sn có thể đạt được sau khi Ni bị nóng chảy hoàn toàn. Tuy nhiên, trong môi trường thực tế, một số loại ôxit được tạo thành tại mặt phân cách giữa Ni và Ti, và thậm chí trong môi trường chân không, lượng lớn nguyên tử oxy được chứa trong đó. Ngoài ra, lỗ rỗng sẽ được tạo thành trong quá trình nóng chảy và hàn trong bước hàn, và lỗ rỗng chứa nguyên tử oxy hoặc thành phần hữu cơ khác, mà sẽ trở thành tạp chất. Oxy đóng vai trò là khí tạp đối với Ti. Khi lớp Ni biến mất, khí tạp tiếp xúc với Ti để làm hư hỏng bề mặt và tính thấm ướt xấu đi với hợp kim hàn và do đó, dễ dàng gây ra sự phân tách.

Thông thường, nhiệt độ hóa lỏng hoặc nhiệt độ hóa rắn của hợp kim hàn thay đổi phụ thuộc vào chế phẩm. Do đó, phụ thuộc vào các điều kiện hàn, có thể không xảy ra hiện tượng không thấm ướt của hợp kim hàn, sự bắn tóe của vật liệu hàn nóng chảy, và sự nứt gãy chip.

Ngoài ra, các thiết bị điện tử được sử dụng trong môi trường kém vì ứng dụng của các thiết bị điện tử vô cùng đa dạng. Thậm chí trong trường hợp mà sự phân tách không xảy ra trong quá trình đóng rắn hợp kim hàn, trong môi trường có nhiệt độ thay đổi nhiều, xảy ra sự phân tách do các biến dạng lặp đi lặp lại bị gây ra bởi ứng suất. Trong trường hợp mà hiện tượng khu vực không thấm ướt hoặc khu vực phân tách là cục bộ, như được mô tả ở trên, nứt gãy có thể bắt đầu từ khu vực phân tách để sinh ra nứt gãy trong chip silicon. Trong trường hợp mà lỗ rỗng mở rộng đáng kể hoặc các kích thước hai chiều của khu vực không thấm ướt và khu vực phân tách lớn, đặc tính tản nhiệt tại mặt phân cách giữa chip silicon và hợp kim hàn bị giảm đi rất nhiều, điều này có thể gây ra vấn đề nghiêm trọng

chẳng hạn như sự bắt lửa từ thiết bị bán dẫn.

Như được mô tả ở trên, môi trường sử dụng kém hơn do đạt được sự tích hợp cao, công suất lớn và gia công với tốc độ cao của thiết bị điện tử hoặc sự mở rộng phạm vi ứng dụng gây ra gánh nặng đối với linh kiện điện tử. Các nghiên cứu tiếp theo là cần thiết để ngăn sự sinh ra của các nứt gãy gây ra bởi sự phân tách của chip silicon hoặc thể hiện đặc tính tản nhiệt cao. Cụ thể, cần có các nghiên cứu để ngăn sự biến mất của lớp Ni, là một phần của kim loại mặt sau.

Mục đích của sáng chế là chế tạo mỗi hàn vảy thể hiện độ bền tuyệt vời bằng cách ngăn sự phân tách của kim loại mặt sau khỏi hợp kim hàn trong quá trình tạo thành mỗi hàn vảy và ngăn hiện tượng không thấm ướt của hợp kim hàn, sự bắn tóe của vật liệu hàn nóng chảy, và vết nứt của linh kiện điện tử do sự nứt gãy chip, và phương pháp để tạo thành mỗi hàn vảy.

Giải pháp cho vấn đề

Các tác giả sáng chế trước tiên đã kiểm tra nguyên nhân sự phân tách của kim loại mặt sau và hợp kim hàn, ngoài sự khuếch tán của Ni và ứng suất trong quá trình hóa rắn. Thông thường, nguyên nhân sự phân tách đã được kiểm tra bằng cách tập trung sự chú ý vào lớp kim loại mặt sau như được mô tả ở trên, nhưng vấn đề vẫn chưa được giải quyết. Mặt khác, các tác giả sáng chế đã chú ý đến thực tế là sự phân tách có thể quy cho không chỉ lớp kim loại mặt sau mà còn do cấu trúc của hợp kim hàn. Ngoài ra, do cần phải tránh sự nóng chảy hoặc sự mềm hóa của hợp kim hàn trong mỗi hàn đế, các tác giả sáng chế cho rằng cần sử dụng, trong số các hợp kim hàn trên cơ sở Sn-Sb, đặc biệt là hợp kim hàn chứa đồng thời các nguyên tố Sn, Ag, Cu, Sb và Ni.

Sau đó, các tác giả sáng chế đã tập trung đến mỗi hàn vảy sử dụng hợp kim hàn Sn-Ag-Cu-Sb-Ni và đã kiểm tra các mẫu riêng biệt một cách chi tiết, và kết quả là, đã phát hiện ra rằng sự phân tách của kim loại mặt sau khỏi hợp kim hàn có thể quy cho không chỉ bởi sự khuếch tán của Ni và ứng suất trong quá trình đóng rắn mà còn do cấu trúc của hợp kim hàn. Ngoài ra, khi mặt cắt ngang của phần mà quan sát được sự phân tách xảy ra, cũng có thể phát hiện rằng lớp hợp chất liên kim loại được tạo thành tại mặt phân cách giữa kim loại mặt sau và hợp

kim hàn và mặt phân cách giữa lớp hợp chất liên kim loại và kim loại mặt sau là riêng biệt. Điều này suy ra những vấn đề như dưới đây.

Trong mỗi hàn vảy được tạo thành bằng cách hàn để, lớp hợp chất liên kim loại được tạo thành tại vị trí là mặt phân cách mỗi hàn giữa kim loại mặt sau và hợp kim hàn và trong hợp kim hàn. Đồng thời, lớp hợp chất liên kim loại được tạo thành tại vị trí là mặt phân cách mỗi hàn giữa lớp nền và hợp kim hàn và trong hợp kim hàn. Trong hợp kim hàn, khi pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb được làm thô đến mức tiếp xúc với cả hai lớp hợp chất liên kim loại, kim loại mặt sau và lớp nền chỉ được gắn một phần theo lớp hợp chất liên kim loại và pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb. Trong phần như vậy, rất khó để giảm ứng suất được đặt vào mặt phân cách mỗi hàn, và xảy ra sự phân tách giữa kim loại mặt sau và lớp hợp chất liên kim loại.

Dựa trên kết luận ở trên, các tác giả sáng chế cho rằng sự phân tách của kim loại mặt sau từ hợp kim hàn có thể được ngăn lại bằng cách kiểm soát, trong pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb trong hợp kim hàn, kích thước hạt theo hướng độ dày tấm của mỗi hàn vảy. Tuy nhiên, do lớp hợp chất liên kim loại không phẳng, trừ khi kích thước hạt của pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb là rất nhỏ, pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb có thể tiếp xúc với cả hai lớp hợp chất liên kim loại.

Theo đó, các tác giả sáng chế đã thực hiện các nghiên cứu sâu hơn bằng cách chú ý đến việc kiểm soát lớp hợp kim hàn tạo ra tác động giảm ứng suất, trong đó, trong cấu trúc cấu thành hợp kim hàn, phần không bao gồm lớp hợp chất liên kim loại được tạo thành ở cả hai mặt phân cách và pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb được xác định là lớp hợp kim hàn. Kết quả là, đã phát hiện ra rằng khi lớp hợp kim hàn thoát ra giữa ít nhất một lớp hợp chất liên kim loại và pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb, ứng suất được đặt vào mặt phân cách mỗi hàn được giảm xuống nhờ lớp hợp kim hàn và do đó, có thể ngăn sự phân tách, và sáng chế đã được hoàn thành. Nói cách khác, khi hợp chất liên kim loại Sn-Sb không xâm nhập vào lớp hợp kim hàn, có thể ngăn sự phân tách.

Sau đó, với giả định rằng nguyên nhân sự tạo thành của pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb thô như vậy nằm ở bước sản xuất, các tác giả sáng chế đã kiểm tra

chi tiết từng bước. Kết quả là, đã phát hiện ra rằng nguyên nhân nằm ở bước làm mát hợp kim hàn. Thông thường, khi tốc độ làm mát thấp hơn, kích thước hạt của pha tinh thể phát triển nhiều hơn. Liên quan đến sự hình thành mối hàn vậy thông thường, có rất nhiều ví dụ trong đó chỉ lưu ý đến tốc độ làm mát. Ngoài ra, tốc độ làm mát đã được chú ý trước đó cho biết tốc độ làm mát từ khi bắt đầu làm mát cho đến khi đạt nhiệt độ phòng. Mặt khác, các tác giả sáng chế đã cho rằng thậm chí chỉ khi tốc độ làm mát trong phạm vi nhiệt độ được chú ý thông thường đã được kiểm soát, không thể ngăn được sự thô hóa của pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb. Nguyên nhân là do, khi chuyển từ bước gia nhiệt sang bước làm mát, có một khoảng thời gian trong đó nhiệt độ không thể kiểm soát được, và người ta cho rằng pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb đã bị thô hóa.

Ở đây, hợp kim hàn trên cơ sở Sn-Sb trải qua quá trình kết tủa pha sau trong quá trình làm mát. Đầu tiên, khi nhiệt độ làm mát giảm xuống dưới nhiệt độ bắt đầu kết tủa của pha SnSb, hai pha, bao gồm pha lỏng và pha SnSb cùng có mặt. Theo sáng chế, hợp kim hàn Sn-Ag-Cu-Sb-Ni chứa Ag được sử dụng và, do đó, khi nhiệt độ làm mát giảm xuống dưới 230°C, bốn pha bao gồm pha SnSb, pha Sn, pha SnAg và pha SnCu cùng có mặt trong pha lỏng còn lại chiếm gần 90%.

Sau đó, các tác giả sáng chế đã tập trung đến quy trình kết tủa pha trong quá trình làm mát hợp kim hàn Sn-Ag-Cu-Sb-Ni. Kết quả là, đã phát hiện ra rằng trong thời gian làm mát từ nhiệt độ mà tại đó sự kết tủa của pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb bắt đầu đến 230°C, nhiệt độ mà tại đó sự kết tủa của việc kết thúc giai đoạn pha hợp chất liên kim loại trên cơ sở Sn-Sb được kiểm soát, có thể ngăn sự thô hóa của pha hợp chất liên kim loại trên cơ sở Sn-Sb. Do đó, cũng có thể phát hiện rằng lớp hợp kim hàn tồn tại giữa ít nhất một lớp hợp chất liên kim loại và pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb.

Ngoài ra, các tác giả sáng chế đã cho rằng sự biến mất của lớp Ni, là một trong những nguyên nhân gây ra sự phân tách, có thể quy cho nhiệt độ cao nhất và thời gian duy trì. Nhiệt độ cao nhất và thời gian duy trì cần được kiểm soát để ngăn xuất hiện sự phân tách bởi sự thấm ướt và sự mở rộng của hợp kim hàn và sự khuếch tán của Ni mở rộng đến mức Ni không bị biến mất. Theo đó, ngoài các

điều kiện gia nhiệt, các điều kiện giảm áp suất trong môi trường gia nhiệt cũng đã được kiểm tra. Kết quả là, đã phát hiện ra rằng khi nhiệt độ gia nhiệt, thời gian duy trì nhiệt, nhiệt độ cực đại trong quá trình gia nhiệt và các điều kiện giảm áp nằm trong phạm vi định trước, lớp Ni vẫn còn, và ngăn được sự phân tách của kim loại mặt sau khỏi lớp hợp chất liên kim loại.

Ngoài ra, trong trường hợp mà nhiệt độ gia nhiệt, thời gian duy trì nhiệt, nhiệt độ cực đại trong quá trình gia nhiệt và các điều kiện giảm áp nằm trong phạm vi định trước, không chỉ ngăn sự phân tách do Ni còn lại, mà còn không thấm ướt hợp kim hàn, ngăn sự bắn tóe của vật liệu hàn nóng chảy, và có thể ngăn sự nứt gãy chip.

Sáng chế đạt được dựa trên các phát hiện này như sau.

(1) Mỗi hàn vảy trong đó linh kiện điện tử với kim loại mặt sau được gắn với lớp nền bởi hợp kim hàn, trong đó hợp kim hàn gồm có: lớp hợp kim hàn có thành phần hợp kim, chứa theo % khối lượng: Ag (từ 2% đến 4%), Cu (từ 0,6% đến 2%), Sb (từ 9,0% đến 12%), Ni (từ 0,005% đến 1%), với lượng còn lại là Sn; pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb; lớp hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau được tạo thành tại mặt phân cách giữa kim loại mặt sau và hợp kim hàn; và lớp hợp chất liên kim loại phía lớp nền được tạo thành tại mặt phân cách giữa lớp nền và hợp kim hàn, trong đó lớp hợp kim hàn thoát ra ít nhất giữa một trong số pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb và lớp hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau, và giữa pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb và lớp hợp chất liên kim loại phía lớp nền.

(2) Mỗi hàn vảy theo mục (1), trong đó đối với pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb, trên mặt cắt ngang của mỗi hàn vảy, đường kính Feret của pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb, mà khoảng cách giữa hai đường thẳng song song mà song song với lớp nền và kẹp pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb, nhỏ hơn hoặc bằng 60% khoảng cách trung bình giữa kim loại mặt sau của linh kiện điện tử và lớp nền.

(3) Mỗi hàn vảy theo mục (1) hoặc (2), trong đó thành phần hợp kim chứa thêm, tính theo % khối lượng, ít nhất một trong số các nguyên tố Co (nhỏ hơn hoặc bằng 0,2%) hoặc và Fe (nhỏ hơn hoặc bằng 0,1%).

(4) Mỗi hàn vảy theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (3), trong đó khoảng cách trung bình giữa kim loại mặt sau và lớp nền là từ 50 μm đến 400 μm .

(5) Mỗi hàn vảy theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (4), trong đó kim loại mặt sau gồm có, theo thứ tự từ phía linh kiện điện tử, lớp chặn chứa ít nhất một trong số các nguyên tố Ti, Cr và V là thành phần chính và lớp kim loại thứ nhất chứa ít nhất một trong số các nguyên tố Ni và Cu là thành phần chính.

(6) Mỗi hàn vảy theo mục (5), giữa linh kiện điện tử và lớp chặn bao gồm, màng kim loại thứ hai chứa ít nhất một trong số các nguyên tố Au và Al là thành phần chính.

(7) Mỗi hàn vảy theo mục (5) hoặc (6), giữa lớp kim loại thứ nhất và hợp kim hàn bao gồm, lớp kim loại thứ ba chứa ít nhất một trong số các nguyên tố Au, Ag, Sn, Ni và Cu là thành phần chính.

(8) Mỗi hàn vảy theo mục (7), giữa lớp kim loại thứ ba và hợp kim hàn bao gồm, lớp kim loại thứ tư chứa ít nhất một trong số các nguyên tố Au, Ag, Ni và Sn là thành phần chính.

(9) Phương pháp để tạo thành mỗi hàn vảy theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (8) trong đó linh kiện điện tử với kim loại mặt sau được gắn với lớp nền bằng hợp kim hàn, phương pháp này bao gồm: bước gia nhiệt để gia nhiệt lớp nền mà trên đó linh kiện điện tử đã được đặt theo hợp kim hàn tại nhiệt độ trong vùng nhiệt độ gia nhiệt cao hơn ít nhất 10°C so với nhiệt độ hóa lỏng của hợp kim hàn, sao cho thời gian duy trì ở vùng nhiệt độ gia nhiệt từ 30 giây đến 5 phút và nhiệt độ cực đại trong thời gian duy trì từ 270°C đến 330°C ; bước giảm áp để giảm áp suất của môi trường gia nhiệt xuống nhỏ hơn hoặc bằng 100 Pa trước khi nhiệt độ gia nhiệt của lớp nền đạt đến 227°C hoặc giảm áp suất của môi trường gia nhiệt xuống nhỏ hơn hoặc bằng 100 Pa bằng cách bắt đầu giảm áp ít nhất 20 giây sau khi nhiệt độ gia nhiệt của lớp nền đạt đến vùng nhiệt độ gia nhiệt, trong đó, thời gian giảm áp là thời gian cho đến khi môi trường gia nhiệt được phục hồi về vùng áp suất ít nhất 0,8 atm từ khi bắt đầu giảm áp là từ 30 giây đến

4 phút; và bước làm mát sau bước gia nhiệt, làm mát vùng nhiệt độ từ nhiệt độ bắt đầu kết tủa pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb đến 230°C trong vòng nhiều hơn hoặc bằng 5 giây và ít hơn hoặc bằng 2 phút.

(10) Phương pháp để tạo thành mỗi hàn vảy theo mục (9), trong đó bước gia nhiệt gồm có bước gia nhiệt sơ bộ để gia nhiệt lớp nền ở vùng nhiệt độ từ 150°C đến 220°C trong khoảng từ 2 đến 10 phút trước khi nhiệt độ gia nhiệt của lớp nền đạt đến 227°C.

(11) Phương pháp để tạo thành mỗi hàn vảy theo mục (9) hoặc (10), trong đó trong bước giảm áp, môi trường gia nhiệt được phục hồi về áp suất ít nhất 0,8 atm trong khoảng từ 5 giây đến 2 phút trước khi bắt đầu bước làm mát.

(12) Phương pháp để tạo thành mỗi hàn vảy theo mục bất kỳ trong số các mục từ (9) đến (11), trong đó bước giảm áp được bắt đầu sau một khoảng thời gian từ 20 giây đến 3 phút sau khi nhiệt độ gia nhiệt của lớp nền đạt đến vùng nhiệt độ gia nhiệt.

(13) Phương pháp để tạo thành mỗi hàn vảy theo mục bất kỳ trong số các mục từ (9) đến (12), trong đó bước giảm áp được thực hiện nhiều lần trong khoảng thời gian giảm áp.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 minh họa giản đồ của mỗi hàn vảy trong đó xếp chồng lớp chặn và lớp màng kim loại từ thứ nhất đến thứ tư. Fig.1(a) là giản đồ trong đó lớp chặn và lớp kim loại thứ nhất được xếp chồng theo thứ tự từ phía linh kiện điện tử. Fig.1(b) là giản đồ trong đó màng kim loại thứ hai, lớp chặn và lớp kim loại thứ nhất được xếp chồng theo thứ tự từ phía linh kiện điện tử. Fig.1(c) là giản đồ trong đó màng kim loại thứ hai, lớp chặn, lớp kim loại thứ nhất và lớp kim loại thứ ba được xếp chồng theo thứ tự từ phía linh kiện điện tử, và Fig.1(d) là giản đồ trong đó màng kim loại thứ hai, lớp chặn, lớp kim loại thứ nhất, lớp kim loại thứ ba và lớp kim loại thứ tư được xếp chồng theo thứ tự từ phía linh kiện điện tử.

Fig.2 là một ví dụ trong số các đường đặc trưng nhiệt độ theo thời gian và áp suất khí quyển theo thời gian, minh họa phương pháp để tạo thành mỗi hàn vảy

theo sáng chế.

Fig.3 là giản đồ mặt cắt ngang của mỗi hàn vảy. Fig.3(a) là giản đồ theo ví dụ sáng chế 1, Fig.3(b) là giản đồ theo ví dụ sáng chế 8, Fig.3(c) là giản đồ theo ví dụ sáng chế 9, và Fig.3(d) là giản đồ theo ví dụ sáng chế 10.

Fig.4 thể hiện hình ảnh SEM mặt cắt ngang theo ví dụ sáng chế 1 và ví dụ so sánh 1. Fig.4(a) và Fig.4(b) là các hình ảnh SEM theo ví dụ sáng chế 1, và Fig.4(c) và Fig.4(D) là các hình ảnh SEM theo ví dụ so sánh 1.

Mô tả chi tiết sáng chế

1. Mỗi hàn vảy

Trong mỗi hàn vảy theo sáng chế, linh kiện điện tử được gắn với lớp nền bởi hợp kim hàn. Linh kiện điện tử, lớp nền và hợp kim hàn đã được mô tả chi tiết dưới đây.

(1) Linh kiện điện tử

Ví dụ, linh kiện điện tử cấu thành mỗi hàn vảy theo sáng chế là một chip thu được bằng cách cắt từng chi tiết bán dẫn ra khỏi tấm bán dẫn, sau khi tạo thành chi tiết bán dẫn chẳng hạn như điện trở, tranzito, tụ điện và mạch tích hợp trên tấm bán dẫn. Các ví dụ về tấm bán dẫn bao gồm tấm Si, SiC và GaN. Linh kiện điện tử được hàn đế bằng hợp kim hàn trong quá trình gắn dưới dạng đóng gói bán dẫn lên lớp nền.

Trong linh kiện điện tử, kim loại mặt sau được tạo thành ít nhất trên bề mặt ở phía mặt phân cách mỗi hàn với hợp kim hàn để làm tăng độ bền bám dính với hợp kim hàn. Trong trường hợp áp dụng hàn cho cả hai bề mặt của linh kiện điện tử, kim loại mặt sau có thể được tạo thành trên cả hai bề mặt của linh kiện điện tử.

Kim loại mặt sau theo sáng chế tốt hơn nếu gồm có, theo thứ tự từ phía linh kiện điện tử, lớp chặn chứa ít nhất một trong số các nguyên tố Ti, Cr và V là thành phần chính, và lớp kim loại thứ nhất chứa ít nhất một trong số các nguyên tố Ni và Cu là thành phần chính. Lớp chặn và lớp kim loại từ thứ nhất đến thứ tư, có thể tạo thành kim loại mặt sau, đã được mô tả chi tiết bên dưới.

(1-1) Lớp chặn

Theo sáng chế, để ngăn nguyên tố cấu thành lớp kim loại thứ nhất không bị khuếch tán về phía linh kiện điện tử, tốt hơn nếu lớp chặn chứa ít nhất một trong số các nguyên tố Ti, Cr và V là thành phần chính được chế tạo giữa bề mặt phía lớp nền của linh kiện điện tử và lớp kim loại thứ nhất. Độ dày màng của lớp chặn không bị giới hạn cụ thể nhưng tốt hơn nếu từ 0,01 μm đến 0,2 μm từ quan điểm để ngăn sự khuếch tán.

Lưu ý rằng, theo sáng chế, Ag có thể không phải là thành phần chính của lớp chặn, bởi vì Ag khuếch tán sớm hơn so với Ni hoặc Cu của lớp kim loại thứ nhất trong quá trình hàn để dễ làm biến mất lớp chặn. Ngoài ra, do sự khuếch tán tích cực của oxygen trong Ag, lớp chặn bị oxy hóa, điều này có thể gây ra sự phân tách.

(1-2) Lớp kim loại thứ nhất

Theo sáng chế, để cải thiện tính thấm ướt của hợp kim hàn, tốt hơn nếu thành phần chính bao gồm lớp kim loại thứ nhất chứa ít nhất một trong số các nguyên tố Ni và Cu. Độ dày màng của lớp kim loại thứ nhất tốt hơn nếu từ 0,3 μm đến 1,7 μm . Độ dày màng này là độ dày màng của lớp kim loại thứ nhất còn lại sau khi sự khuếch tán đã tiến triển đến một mức độ nhất định bằng cách hàn để. Độ dày màng của lớp kim loại thứ nhất trước khi hàn để tốt hơn nếu từ 0,5 μm đến 2 μm . Như được mô tả ở trên, trong mỗi hàn vảy theo sáng chế, không giống như mỗi hàn vảy thông thường, lớp kim loại thứ nhất duy trì độ dày màng đã nói ở trên ngay cả sau khi mỗi hàn vảy được tạo thành, sao cho có thể ngăn sự phân tách của kim loại mặt sau khỏi hợp kim hàn.

Ngoài ra, trong trường hợp mà lớp kim loại thứ nhất tiếp xúc với hợp kim hàn, lớp kim loại thứ nhất tốt hơn nếu không được tạo thành từ một mình Cu.

(1-3) Lớp kim loại thứ hai

Theo sáng chế, tốt hơn nếu màng kim loại thứ hai chứa ít nhất một trong số các nguyên tố Au và Al là thành phần chính được chế tạo giữa bề mặt phía lớp nền của linh kiện điện tử và lớp chặn. Trong trường hợp mà màng kim loại thứ hai được chế tạo ở vị trí này, độ bền bám dính của linh kiện điện tử với lớp chặn có

thể được tăng cường. Độ dày màng của màng kim loại thứ hai sau khi hàn để không bị giới hạn cụ thể nhưng tốt hơn nếu từ 0,02 μm đến 1 μm .

(1-4) Lớp kim loại thứ ba

Theo sáng chế, lớp kim loại thứ ba chứa, là thành phần chính, ít nhất một nguyên tố được lựa chọn trong nhóm chứa các nguyên tố Au, Ag, Sn, Ni và Cu tốt hơn nếu được chế tạo giữa lớp kim loại thứ nhất và lớp hợp chất liên kim loại của hợp kim hàn. Trong trường hợp mà lớp kim loại thứ ba được chế tạo ở vị trí này, tính thấm ướt của hợp kim hàn có thể được tăng cường. Độ dày màng của lớp kim loại thứ ba sau khi hàn để không bị giới hạn cụ thể, tốt hơn nếu độ dày màng của nguyên tố Au từ 0 đến 0,1 μm , Ag từ 0 đến 2 μm , Sn từ 0 đến 5 μm , và Cu từ 0 đến 5 μm . Màng kim loại thứ ba có thể biến mất sau khi hàn để.

Trong trường hợp lớp kim loại thứ nhất không chứa Ni và lớp kim loại thứ ba tiếp xúc với hợp kim hàn, lớp kim loại thứ ba tốt hơn nếu chứa Ni để duy trì tính thấm ướt của kim loại mặt sau với hợp kim hàn bằng cách tránh tiếp xúc với lớp chặn. Độ dày màng của lớp kim loại thứ ba sau khi hàn để trong trường hợp sử dụng nguyên tố Ni không bị giới hạn cụ thể nhưng có thể là từ 0,3 μm đến 1,7 μm .

(1-5) Lớp kim loại thứ tư

Theo sáng chế, lớp kim loại thứ tư chứa ít nhất một trong số các nguyên tố Au, Ag, Ni và Sn là thành phần chính tốt hơn nếu được chế tạo giữa lớp kim loại thứ ba và hợp kim hàn. Trong trường hợp mà lớp kim loại thứ tư được chế tạo ở vị trí này, tính thấm ướt tuyệt vời có thể được duy trì bằng cách ngăn sự oxy hóa của lớp kim loại thứ ba. Độ dày màng của lớp kim loại thứ tư sau khi hàn để không bị giới hạn cụ thể nhưng tốt hơn nếu Au từ 0 đến 0,1 μm , Ag từ 0 đến 2 μm , và Sn từ 0 đến 5 μm . Màng kim loại thứ tư có thể biến mất sau khi hàn để. Như là thành phần chính của lớp kim loại thứ tư, nguyên tố Au có thể được lựa chọn trong trường hợp mà lớp kim loại thứ ba là nguyên tố Ag, và Ag, Sn hoặc Au có thể được lựa chọn trong trường hợp mà lớp kim loại thứ ba là Cu.

Trong trường hợp mà cả lớp kim loại thứ nhất và lớp kim loại thứ ba đều

chứa Ni, tốt hơn nếu lớp kim loại thứ tư chứa Ni để duy trì tính thấm ướt của kim loại mặt sau với hợp kim hàn bằng cách tránh tiếp xúc với lớp chặn. Độ dày màng của lớp kim loại thứ tư trong trường hợp sử dụng Ni không bị giới hạn cụ thể nhưng có thể là từ 0,3 μm đến 1,7 μm .

(1-6) Cấu trúc xếp chồng của mỗi hàn vảy

Cấu trúc xếp chồng của mỗi hàn vảy theo sáng chế đã được mô tả sử dụng Fig.1. Fig.1 minh họa giản đồ của mỗi hàn vảy trong đó xếp chồng lớp chặn và lớp màng kim loại từ thứ nhất đến thứ tư. Fig.1(a) là giản đồ trong đó lớp chặn và lớp kim loại thứ nhất được xếp chồng theo thứ tự từ phía linh kiện điện tử. Fig.1(b) là giản đồ trong đó màng kim loại thứ hai, lớp chặn và lớp kim loại thứ nhất được xếp chồng theo thứ tự từ phía linh kiện điện tử. Fig.1(c) là giản đồ trong đó màng kim loại thứ hai, lớp chặn, lớp kim loại thứ nhất và lớp kim loại thứ ba lần lượt được xếp chồng theo thứ tự từ phía linh kiện điện tử. Fig.1(d) là giản đồ trong đó màng kim loại thứ hai, lớp chặn, lớp kim loại thứ nhất, lớp kim loại thứ ba và lớp kim loại thứ tư được xếp chồng theo thứ tự từ phía linh kiện điện tử. Như được minh họa trên các hình vẽ từ Fig.1(a) đến Fig.1(d), trong mỗi hàn vảy theo sáng chế, nguyên tố Al mà hầu như không được xâm nhập vào hợp kim hàn có thể chỉ được sử dụng trong màng kim loại thứ hai và do đó, lớp Al không tiếp xúc với hợp kim hàn. Mặt khác, không có lớp kim loại thứ nhất, lớp kim loại thứ ba và lớp kim loại thứ tư nào, có thể được gắn với hợp kim hàn, chứa Al vì có khả năng tiếp xúc với hợp kim hàn. Các bộ phận cấu thành của các lớp này có thể được lựa chọn như được mô tả ở trên, sao cho hợp kim hàn được sử dụng trong sáng chế được thấm ướt bởi chúng.

Phương pháp để tạo thành mỗi lớp không bị giới hạn cụ thể, và có thể áp dụng các phương pháp lắng đọng hơi, phún xạ, mạ, v.v.

Trong tất cả các lớp chặn và lớp kim loại từ thứ nhất đến thứ tư, thành phần chính được chỉ định, và "thành phần chính" được sử dụng theo sáng chế cho biết nguyên tố này chiếm từ 50% khối lượng trở lên trong mỗi lớp. Tốt hơn nữa nếu mỗi lớp này bao gồm nguyên tố đơn. Khác với thành phần chính, các tạp chất không thể tránh được có thể được chứa. Ngay cả trong trường hợp mà các tạp chất

không thể tránh được được chứa, các kết quả được mô tả ở trên không bị ảnh hưởng. Các ví dụ của các tạp chất không thể tránh được bao gồm nguyên tố được khuếch tán từ kim loại mặt sau. Ngoài ra, thậm chí trong trường hợp mà nguyên tố không được chứa theo sáng chế được chứa là tạp chất không thể tránh được, các kết quả được mô tả ở trên không bị ảnh hưởng.

(2) Đế

Đế cấu thành mỗi hàn vảy theo sáng chế là mạch in gốc epoxy được gia cố bằng sợi thủy tinh chẳng hạn như FR4 chịu nhiệt cao hoặc lớp nền gốc polyimide, lớp nền bằng gốm chẳng hạn như DBA (Nhôm được gắn trực tiếp, Direct Bonded Aluminium) và DBC (Đồng được gắn trực tiếp, Direct Bonded Copper), lớp nền kim loại chẳng hạn như Cu, khung dẫn điện bằng Cu, v.v. Linh kiện điện tử được gắn trên lớp nền thông qua hợp kim hàn. Bản thân các lớp nền có thể được mạ kim loại. Việc mạ kim loại có thể được tạo thành ở cả hai bề mặt lớp nền và có thể được tạo đa lớp.

Khoảng cách trung bình giữa kim loại mặt sau của linh kiện điện tử và lớp nền không bị giới hạn cụ thể, nhưng khoảng cách mà có thể được tạo thành trên thực tế, thường là từ 50 μm đến 400 μm .

Theo sáng chế, khoảng cách trung bình giữa kim loại mặt sau của linh kiện điện tử và lớp nền có thể được xác định bằng cách đo, tại bốn góc của linh kiện điện tử, chiều cao từ bề mặt trên của lớp nền đến bề mặt trên của linh kiện điện tử bằng phương tiện, ví dụ, kính hiển vi đồng tiêu hoặc máy đo chuyển dịch laser, và tính toán sự khác biệt giữa trung bình có trọng số của các chiều cao tương ứng và chiều cao của linh kiện điện tử bao gồm kim loại mặt sau.

(3) Hợp kim hàn

Theo mô tả hiện tại, trừ khi có quy định khác, "%" liên quan đến thành phần hợp kim hàn nghĩa là "% khối lượng". Hợp kim hàn cấu thành mỗi hàn vảy theo sáng chế bao gồm các nguyên tố sau.

(3-1) Ag (từ 2% đến 4%)

Ag là nguyên tố giúp tăng cường độ bền. Nếu lượng Ag chứa ít hơn 2%, ứng

suất trong quá trình đóng rắn có thể không giảm. Xét về giới hạn dưới, lượng Ag lớn hơn hoặc bằng 2%, tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 2,5%, tốt hơn nữa nếu lớn hơn hoặc bằng 2,9%.

Mặt khác, nếu lượng Ag vượt quá 4%, pha hợp chất liên kim loại thô chẳng hạn như Ag_3Sn được tạo thành cục bộ, điều này có thể gây ra sự phân tách. Không giống như pha hợp chất liên kim loại gốc Sn-Sb, rất khó để kiểm soát sự tạo thành của pha hợp chất liên kim loại Ag_3Sn bởi sự định hình. Xét về giới hạn trên, lượng Ag nhỏ hơn hoặc bằng 4%, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 3,5%, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng 3,1%.

(3-2) Cu (từ 0,6% đến 2%)

Cu là nguyên tố không chỉ điều chỉnh điểm nóng chảy của hợp kim hàn mà, trong trường hợp có Ni trong lớp kim loại thứ nhất, còn kiểm soát sự khuếch tán của lớp Ni để ngăn sự phân tách của kim loại mặt sau. Nếu lượng Cu nhỏ hơn 0,6%, sự khuếch tán của Ni có thể thực hiện gây ra sự xuất hiện phân tách. Xét về giới hạn dưới, lượng Cu lớn hơn hoặc bằng 0,6%, tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 0,7%, tốt hơn nữa nếu lớn hơn hoặc bằng 0,95%.

Mặt khác, nếu lượng Cu vượt quá 2%, điểm nóng chảy của hợp kim hàn tăng lên đáng kể, và hiệu suất của IC, v.v. được tạo thành trên chip silicon của linh kiện điện tử có thể suy giảm trong quá trình hàn để. Xét về giới hạn trên, lượng Cu nhỏ hơn hoặc bằng 2%, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 1,5%, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng 1,05%.

(3-3) Sb (từ 9,0% đến 12%)

Sb là nguyên tố mà không chỉ kiểm soát kích thước hạt của pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb mà còn giúp tăng cường độ bền. Nếu lượng Sb nhỏ hơn 9,0%, nồng độ Sb trong Sn không được tăng lên, và độ bền của hợp kim hàn kém đi. Theo đó, lượng Sb cần phải là một lượng như vậy để gây ra sự kết tủa của pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb. Xét về giới hạn dưới, lượng Sb lớn hơn hoặc bằng 9,0%, tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 10,0%.

Mặt khác, nếu lượng Sb vượt quá 12%, kích thước hạt của pha hợp chất liên

kim loại Sn-Sb có khả năng bị thô, điều này có thể gây ra sự phân tách. Xét về giới hạn trên, lượng Sb nhỏ hơn hoặc bằng 12%, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 11%, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng 10,5%.

(3-4) Ni (từ 0,005% đến 1%)

Ni là nguyên tố không chỉ điều chỉnh điểm nóng chảy của hợp kim hàn mà, trong trường hợp có lớp Ni trong kim loại mặt sau, còn ngăn sự khuếch tán của lớp Ni để làm tăng độ bền bám dính với hợp kim hàn và ngăn sự phân tách của kim loại mặt sau. Nếu lượng Ni nhỏ hơn 0,005%, độ bền bám dính với linh kiện điện tử có thể giảm để gây ra sự phân tách. Xét về giới hạn dưới, lượng Ni lớn hơn hoặc bằng 0,005%, tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 0,010%, tốt hơn nữa nếu lớn hơn hoặc bằng 0,015%.

Mặt khác, nếu lượng Ni vượt quá 1%, điểm nóng chảy của hợp kim hàn tăng lên quá mức, và chi tiết bán dẫn có thể bị phá hủy trong quá trình hàn đế. Xét về giới hạn trên, lượng Ni nhỏ hơn hoặc bằng 1%, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 0,1%, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng 0,025%.

(3-5) Ít nhất một trong số các nguyên tố Co (nhỏ hơn hoặc bằng 0,2%) hoặc và Fe (nhỏ hơn hoặc bằng 0,1%)

Các nguyên tố này là yếu tố tùy chọn để ngăn sự nóng chảy của Ni và do đó có thể ngăn sự phân tách của kim loại mặt sau. Trong trường hợp mà hàm lượng của các nguyên tố này không vượt quá giới hạn trên, điểm nóng chảy của hợp kim hàn không quá cao, và chi tiết bán dẫn không bị phá hủy nhiệt trong quá trình hàn đế. Xét về giới hạn trên, lượng Cu tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 0,2%, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng 0,1%. Xét về giới hạn trên, lượng Ni tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 0,1%, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng 0,05%.

Mặt khác, để đưa ra các kết quả của việc bổ sung các nguyên tố này, xét về giới hạn thấp hơn, lượng Co tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 0,005%, tốt hơn nữa nếu lớn hơn hoặc bằng 0,01%. Xét về giới hạn dưới, lượng Ni tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 0,005%, tốt hơn nữa nếu lớn hơn hoặc bằng 0,01%.

(3-6) Lượng còn lại là Sn

Lượng còn lại của hợp kim hàn cấu thành mỗi hàn vảy của sáng chế là Sn. Khác với các nguyên tố được mô tả ở trên, các tạp chất không thể tránh được có thể được chứa. Ngay cả trong trường hợp mà các tạp chất không thể tránh được được chứa, các kết quả được mô tả ở trên không bị ảnh hưởng. Theo sáng chế, các ví dụ của các tạp chất không thể tránh được bao gồm nguyên tố được khuếch tán từ kim loại mặt sau. Ngoài ra, như được mô tả sau, thậm chí trong trường hợp mà nguyên tố không được chứa theo sáng chế là tạp chất không thể tránh được có chứa trong lượng còn lại, các kết quả được mô tả ở trên không bị ảnh hưởng.

(3-7) Cấu trúc hợp kim

Hợp kim hàn cấu thành mỗi hàn vảy theo sáng chế gồm có lớp hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau, lớp hợp chất liên kim loại phía lớp nền, pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb, và lớp hợp kim hàn. Các lớp này đã được mô tả chi tiết bên dưới.

(3-7-1) Lớp hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau

Hợp kim hàn theo sáng chế chứa Sn và Cu và do đó, lớp hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau chẳng hạn như Cu_6Sn_5 và Cu_3Sn được tạo thành tại mặt phân cách giữa kim loại mặt sau và hợp kim hàn. Ngoài ra, trong kim loại mặt sau, trong trường hợp mà màng kim loại tiếp xúc với hợp kim hàn chứa Ni, lớp hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau chẳng hạn như $(\text{Cu}, \text{Ni})_6\text{Sn}_5$ và $(\text{Cu}, \text{Ni})_3\text{Sn}$ cũng được tạo thành.

Lớp hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau theo sáng chế là "một loạt các lớp hợp chất liên kim loại" được tạo thành tại mặt phân cách giữa kim loại mặt sau và hợp kim hàn và thậm chí khi các bộ phận cấu thành giống nhau, ngoại trừ "pha hợp chất liên kim loại bị tách ra" được giải phóng khỏi "một loạt các lớp hợp chất liên kim loại". Cụ thể hơn, trong trường hợp mà lớp hợp kim hàn được mô tả sau thoát ra giữa "một loạt các lớp hợp chất liên kim loại" và "pha hợp chất liên kim loại bị tách ra", "pha hợp chất liên kim loại bị cô lập" không thuộc "một loạt các lớp hợp chất liên kim loại". Nguyên nhân là do, khi lớp hợp kim hàn thoát ra giữa đó, thậm chí nếu hợp chất liên kim loại Sn-Sb được tiếp xúc với "pha hợp chất liên kim loại bị cô lập", ứng suất được đặt vào mặt phân cách mỗi hàn có thể

giảm do sự tồn tại của lớp hợp kim hàn.

(3-7-2) Lớp hợp chất liên kim loại phía đế

Trong hợp kim hàn theo sáng chế, lớp hợp chất liên kim loại phía lớp nền chẳng hạn như Cu_6Sn_5 và Cu_3Sn được tạo thành tại mặt phân cách giữa lớp nền và hợp kim hàn. Ngoài ra, khi lớp mạ Ni được tạo thành trên lớp nền, lớp hợp chất liên kim loại phía lớp nền chẳng hạn như $(\text{Cu}, \text{Ni})_6\text{Sn}_5$ và $(\text{Cu}, \text{Ni})_3\text{Sn}$ cũng được tạo thành.

Như với lớp hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau, lớp hợp chất liên kim loại phía lớp nền theo sáng chế là "một loạt các lớp hợp chất liên kim loại" được tạo thành tại mặt phân cách giữa lớp nền và hợp kim hàn và thậm chí khi các bộ phận cấu thành giống nhau, ngoại trừ "pha hợp chất liên kim loại bị tách ra" được giải phóng khỏi "một loạt các lớp hợp chất liên kim loại". Nguyên nhân là do, khi lớp hợp kim hàn thoát ra giữa đó, thậm chí nếu hợp chất liên kim loại Sn-Sb tiếp xúc với "pha hợp chất liên kim loại bị cô lập", ứng suất được đặt vào mặt phân cách mỗi hàn có thể giảm do sự tồn tại của lớp hợp kim hàn.

(3-7-3) Pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb

Đối với hợp chất liên kim loại Sn-Sb theo sáng chế, lớp hợp kim hàn cần thoát ra ít nhất giữa một trong số pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb và lớp hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau và giữa pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb và lớp hợp chất liên kim loại phía lớp nền.

Mỗi hàn vảy theo sáng chế sử dụng hợp kim hàn có hàm lượng Sb lớn hơn hoặc bằng 9,0% và do đó, pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb có khả năng bị thô. Khi pha hợp chất liên kim loại gốc Sn-Sb được làm thô đến mức pha hợp chất liên kim loại gốc Sn-Sb xâm nhập cục bộ vào hợp kim hàn tồn tại giữa lớp hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau và lớp hợp chất liên kim loại phía lớp nền, pha hợp chất liên kim loại gốc Sn-Sb tiếp xúc với cả hai lớp hợp chất liên kim loại. Trong trường hợp này, hợp chất liên kim loại Sn-Sb không bị biến dạng vì độ bền cao và không thể làm giảm ứng suất ngoại biên. Ngoài ra, cả hai lớp hợp chất liên kim loại ở trên đều cứng hơn so với hợp kim hàn và tương tự như vậy không thể

làm giảm ứng suất. Kết quả là, một phần có khả năng làm giảm ứng suất không có mặt giữa kim loại mặt sau và lớp nền, và xảy ra sự phân tách tại mặt phân cách giữa kim loại mặt sau và lớp hợp chất liên kim loại của hợp kim hàn. Sự phân tách này dẫn đến sự rơi ra hoặc dẫn điện lỗi của linh kiện điện tử.

Theo sáng chế, tốt hơn nếu kích thước hạt của pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb nhỏ hơn. Theo sáng chế, trên mặt cắt ngang của mối hàn vảy, đường kính của pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb, là khoảng cách giữa hai đường thẳng song song khi pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb bị kẹp bởi hai đường thẳng song song mà song song với lớp nền, được chỉ định là đường kính Feret. Đường kính Feret tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 60% khoảng cách trung bình giữa kim loại mặt sau của linh kiện điện tử và lớp nền, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn 50%, còn tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng 33,3%.

Đường kính Feret của pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb tốt hơn nếu từ 10 μm đến 350 μm , tốt hơn nữa nếu từ 10 μm đến 150 μm , còn tốt hơn nữa nếu từ 15 μm đến 30 μm , mặc dù nó phụ thuộc vào khoảng cách giữa kim loại mặt sau của linh kiện điện tử và lớp nền.

Theo sáng chế, đối với kích thước hạt của pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb, 2 đến 5 hạt được trích xuất theo thứ tự kích thước giảm dần khi chúng được quan sát trực quan trong quan sát với độ phóng đại từ 150 đến 1000 lần bằng kính hiển vi, chụp ảnh, và từ 2 đến 5 hạt được trích xuất được đo các đường kính Feret. Giá trị lớn nhất trong số các đường kính Feret của từ 2 đến 5 hạt được trích xuất được coi là đường kính Feret. Theo sáng chế, đường kính Feret là đường kính tiếp tuyến có hướng được xác định bởi khoảng cách giữa hai đường tiếp tuyến song song kẹp hạt (The Society of Powder Technology (compiler), "Particle Measurement Technique", Nikkan Kogyo Shimbun, Ltd., p. 7 (1994)). Theo sáng chế, pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb bị kẹp bởi hai đường thẳng song song mà song song với lớp nền, và khoảng cách giữa hai đường thẳng song song được coi là đường kính Feret.

Theo sáng chế, pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb có thể được tạo thành từ một hạt tinh thể hoặc nhiều hạt tinh thể được liên kết với nhau. Trong trường hợp

mà nhiều hạt tinh thể được liên kết, một nhóm các hạt tinh thể được liên kết được coi là pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb. Tương tự, trong trường hợp mà nhiều hạt tinh thể được liên kết, đường kính Feret là đường kính của một nhóm các hạt tinh thể được liên kết. Ngoài ra, "pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb" như được sử dụng trong sáng chế cho thấy pha SnSb. Ngoài ra, do lớp hợp chất liên kim loại không phẳng, thậm chí khi khoảng cách ngắn nhất giữa cả hai lớp hợp chất liên kim loại nhỏ hơn so với đường kính Feret, rất có khả năng pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb không tiếp xúc với cả hai lớp hợp chất liên kim loại.

(3-7-4) Lớp hợp kim hàn

Theo sáng chế, lớp hợp kim hàn cho thấy phần còn lại khi lớp hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau, lớp hợp chất liên kim loại phía lớp nền và pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb từ hợp kim hàn bị loại trừ. Ngoài ra, trong trường hợp mà "pha hợp chất liên kim loại bị cô lập" được mô tả ở trên có mặt, "pha hợp chất liên kim loại bị cô lập" cũng bị loại trừ khỏi lớp hợp kim hàn.

Lớp hợp kim hàn theo sáng chế có độ cứng thấp hơn so với các lớp và pha bị loại trừ và có thể giảm ứng suất được đặt vào mặt phân cách mỗi hàn. Cụ thể hơn, lớp hợp kim hàn theo sáng chế có chức năng như là vật liệu giảm sóc của mỗi hàn vảy theo sáng chế.

Trong lớp hợp kim hàn, pha tinh thể có độ cứng bằng hoặc lớn hơn so với độ cứng của lớp hợp chất liên kim loại hoặc pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb, chẳng hạn như Ag_3Sn , đôi khi được chứa. Tuy nhiên, điều này không ảnh hưởng đến các kết quả của sáng chế vì lượng kết tinh của pha tinh thể như vậy là nhỏ.

Từ quan điểm đưa ra các kết quả ở trên, độ dày màng của lớp hợp kim hàn tồn tại ít nhất giữa một trong số pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb và lớp hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau và giữa pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb và lớp hợp chất liên kim loại phía lớp nền tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 1 μm , tốt hơn nữa nếu lớn hơn hoặc bằng 5 μm .

2. Phương pháp để tạo thành mỗi hàn vảy

Phương pháp để tạo thành mỗi hàn vảy theo sáng chế là phương pháp gắn

linh kiện điện tử có kim loại mặt sau với lớp nền bởi hợp kim hàn. Mỗi bước được mô tả chi tiết dưới đây.

(1) Bước gia nhiệt

Trong bước gia nhiệt, lớp nền mà trên đó linh kiện điện tử đã được đặt theo hợp kim hàn được gia nhiệt đến nhiệt độ trong vùng nhiệt độ gia nhiệt cao hơn ít nhất 10°C so với nhiệt độ hóa lỏng của hợp kim hàn, và được gia nhiệt sao cho thời gian duy trì trong vùng nhiệt độ gia nhiệt từ 30 giây đến 5 phút và nhiệt độ cao nhất với thời gian duy trì từ 270°C đến 330°C .

(1-1) Các điều kiện gia nhiệt

Theo phương pháp để tạo thành mối hàn vảy theo sáng chế, hợp kim hàn và linh kiện điện tử được đặt theo thứ tự này ở trên lớp nền. Hướng đặt của linh kiện điện tử là hướng mà kim loại mặt sau của linh kiện điện tử tiếp giáp với hợp kim hàn. Trong trường hợp mà các kim loại mặt sau được chế tạo ở cả hai bề mặt của linh kiện điện tử, bề mặt phù hợp được lựa chọn phụ thuộc vào chức năng, v.v. của linh kiện điện tử.

Trong bước gia nhiệt của sáng chế, lớp nền cần được gia nhiệt đến nhiệt độ trong vùng nhiệt độ gia nhiệt cao hơn ít nhất 10°C so với nhiệt độ hóa lỏng của hợp kim hàn. Nguyên nhân là do, trong trường hợp mà nhiệt độ gia nhiệt nằm trong phạm vi của vùng nhiệt độ này, hợp kim hàn chuyển từ trạng thái bán nóng chảy thành trạng thái nóng chảy, và vật liệu hàn nóng chảy đủ làm ướt và truyền đến kim loại mặt sau của linh kiện điện tử và điện cực lớp nền.

Theo sáng chế, để ngăn sự biến mất của lớp kim loại thứ nhất, lớp kim loại thứ ba và lớp kim loại thứ tư, có thể trở thành lớp tiếp xúc với hợp kim hàn, thời gian duy trì trong vùng nhiệt độ gia nhiệt ở trên cần từ 30 giây đến 5 phút. Nếu xét về giới hạn thấp hơn thời gian duy trì ít hơn 30 giây, tính thấm ướt bị suy giảm. Xét về giới hạn dưới, thời gian duy trì tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 1 phút, tốt hơn nữa nếu lớn hơn hoặc bằng 2 phút. Mặt khác, nếu xét về giới hạn cao hơn thời gian duy trì vượt quá 5 phút, lớp kim loại thứ nhất có thể biến mất gây ra sự phân tách tại mặt phân cách giữa lớp hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau của

hợp kim hàn và kim loại mặt sau. Xét về giới hạn trên, thời gian duy trì tốt hơn nếu ít hơn hoặc bằng 4,5 phút.

Tiếp theo, lớp nền mà trên đó hợp kim hàn và linh kiện điện tử đã được gắn được gia nhiệt trong lò gia nhiệt. Nhiệt độ cao nhất trong quá trình gia nhiệt là vùng nhiệt độ từ 270°C đến 330°C. Nhiệt độ cao nhất theo sáng chế cần lớn hơn hoặc bằng 270°C để thúc đẩy quá trình nóng chảy của pha liên kim loại Sn-Sb và đem lại tính thấm ướt tốt. Nhiệt độ hóa lỏng thay đổi phụ thuộc vào thành phần hợp kim hàn và do đó, nhiệt độ cao nhất được điều chỉnh trong vùng nhiệt độ phía trên phụ thuộc vào nhiệt độ hóa lỏng của hợp kim hàn. Mặt khác, nếu nhiệt độ cao nhất quá cao, có thể xảy ra phá hủy nhiệt đối với linh kiện điện tử hoặc sự khuếch tán của lớp kim loại thứ nhất, v.v. có thể được tăng tốc để lớp kim loại thứ nhất biến mất. Vì lý do này, xét về giới hạn trên, nhiệt độ cao nhất được đặt nhỏ hơn hoặc bằng 330°C.

(1-2) Các điều kiện khác

Trong bước gia nhiệt của sáng chế, tốc độ tăng nhiệt độ tốt hơn nếu từ 0,5°C/s đến 5°C/s. Trong phạm vi này, sự tạo thành của các lỗ rỗng có thể được ngăn chặn hoàn toàn và tính thấm ướt có thể được cải thiện.

Ngoài ra, trong trường hợp sử dụng chất trợ dung hoặc sản phẩm hàn có chứa chất trợ dung, môi trường trong các bước tiếp theo bước gia nhiệt tốt hơn nếu là không khí, nitơ, khí trơ, hydro, axit fomic hoặc môi trường khí khử khác. Trong trường hợp không sử dụng chất trợ dung và chỉ cung cấp hợp kim hàn, môi trường tốt hơn nếu là môi trường hỗn hợp khí của khí khử chẳng hạn như hydro và axit fomic và khí trơ chẳng hạn như nitơ. Như được mô tả sau, khi đưa môi trường gia nhiệt được phục hồi áp suất đến ít nhất 0,8 MPa trong bước giảm áp, môi trường tốt hơn nếu được phục hồi áp suất bằng cách đưa vào khí môi trường ngoại trừ không khí.

(1-3) Bước gia nhiệt sơ bộ

Trong bước gia nhiệt theo sáng chế, để gia nhiệt đồng đều lớp nền và làm sạch oxit từ lớp nền và trong trường hợp cung cấp chất trợ dung hoặc sản phẩm

hàn có chứa chất trợ dung vào lớp nền, để loại bỏ dung môi hữu cơ, có thể cung cấp bước gia nhiệt sơ bộ của quá trình gia nhiệt lớp nền trong vùng nhiệt độ từ 150°C đến 220°C từ 2 đến 10 phút trước khi nhiệt độ gia nhiệt của lớp nền đạt đến 227°C.

(1-4) Hình thức sử dụng của hợp kim hàn

Theo sáng chế, có thể sử dụng chất trợ dung hoặc vảy hàn dạng bột nhão chứa hợp kim hàn được mô tả ở trên. Các thành phần khác ngoài chất trợ dung hoặc hợp kim hàn được sử dụng trong vảy hàn dạng bột nhão không bị giới hạn cụ thể, và các thành phần thông thường cũng có thể được sử dụng.

Hình dạng của hợp kim hàn theo sáng chế không bị giới hạn cụ thể miễn là được tạo hình trước chẳng hạn như hình cầu, dải, dạng đĩa, viên, dây và lát.

(2) Bước giảm áp

Trong bước giảm áp của sáng chế, áp suất của môi trường gia nhiệt được giảm xuống thấp hơn hoặc bằng 100 Pa trước khi nhiệt độ gia nhiệt của lớp nền đạt đến 227°C, hoặc việc giảm áp được bắt đầu ít nhất 20 giây sau khi nhiệt độ gia nhiệt của lớp nền đạt đến vùng nhiệt độ gia nhiệt và theo đó áp suất của môi trường gia nhiệt được giảm xuống thấp hơn hoặc bằng 100 Pa, trong đó thời gian giảm áp là thời gian cho đến khi môi trường gia nhiệt được phục hồi về vùng áp suất ít nhất 0,8 atm từ khi bắt đầu giảm áp cần từ 30 giây đến 4 phút.

Theo sáng chế, để tránh sự thay đổi đột ngột của áp suất môi trường trong khi hợp kim hàn ở trạng thái bán nóng chảy, quá trình giảm áp xuống thấp hơn hoặc bằng 100 Pa có thể được thực hiện ở cả một trong hai kiểu tính thời gian. Cả hai kiểu tính thời gian này đã được mô tả chi tiết.

(2-1) Áp suất của môi trường gia nhiệt được giảm xuống thấp hơn hoặc bằng 100 Pa trước khi nhiệt độ gia nhiệt của lớp nền đạt đến 227°C

Trong trường hợp mà quá trình giảm áp được thực hiện dưới điều kiện này, áp suất không được giảm trong khi hợp kim hàn ở trạng thái bán nóng chảy, và áp suất đã được giảm trước khi quá trình nóng chảy hợp kim hàn bắt đầu, như vậy sự bắn tóe của hợp kim hàn có thể được ngăn lại và giảm sự cố khi gắn. Mặt khác,

nếu áp suất của môi trường gia nhiệt được giảm xuống thấp hơn hoặc bằng 100 Pa sau khi nhiệt độ gia nhiệt của lớp nền đã đạt 227°C, sự thay đổi đột ngột trong áp suất khí quyển xảy ra trong khi hợp kim hàn ở trạng thái bán nóng chảy, và hợp kim hàn bị bắn tóe ra ngoài.

Cụ thể, nhiệt độ 227°C được sử dụng vì, đây là nhiệt độ hóa rắn của hợp kim hàn được sử dụng theo sáng chế hoặc nhiệt độ gần với nó.

Theo sáng chế, miễn là áp suất khí quyển gia nhiệt được giảm xuống thấp hơn hoặc bằng 100 Pa là đủ. Tốt hơn nếu, áp suất khí quyển gia nhiệt thấp hơn hoặc bằng 50 Pa, tốt hơn nữa nếu thấp hơn hoặc bằng 10 Pa.

(2-2) Việc giảm áp suất được bắt đầu ít nhất 20 giây sau khi nhiệt độ gia nhiệt của lớp nền đạt đến vùng nhiệt độ gia nhiệt và do đó áp suất của môi trường gia nhiệt được giảm xuống thấp hơn hoặc bằng 100 Pa

Nếu quá trình giảm áp được bắt đầu trước khi quá trình thấm ướt hợp kim hàn ở trạng thái nóng chảy kết thúc, lỗ rỗng mở rộng do sự thay đổi áp suất đột ngột và do đó, tính thấm ướt ban đầu của hợp kim hàn có thể không có tác dụng, dẫn đến sự xuất hiện hiện tượng không thấm ướt. Theo đó, bước giảm áp cần được bắt đầu ít nhất 20 giây sau khi nhiệt độ đạt đến vùng nhiệt độ gia nhiệt được mô tả ở trên. Tốt hơn nếu, thời gian quá trình giảm áp bắt đầu sau một khoảng từ 20 giây đến 3 phút sau khi nhiệt độ đạt đến vùng nhiệt độ gia nhiệt, tốt hơn nữa nếu sau một khoảng từ 1 đến 2 phút sau khi nhiệt độ đạt đến vùng nhiệt độ gia nhiệt. Trong phạm vi này, có thể ngăn hiện tượng không thấm ướt.

Trong bước giảm áp theo sáng chế, tốt hơn nếu áp suất được phục hồi về ít nhất 0,8 atm trong khoảng từ 5 giây đến 2 phút trước khi bắt đầu bước làm mát. Khoảng thời gian trong đó, các lỗ rỗng dễ dàng được tạo ra thay đổi phụ thuộc vào các yếu tố khác nhau chẳng hạn như độ dày màng của lớp kim loại thứ nhất, nhiệt độ gia nhiệt, tốc độ tăng nhiệt độ và môi trường gia nhiệt, nhưng trong trường hợp bước xử lý quá trình giảm áp cuối cùng được thực hiện trong khoảng từ 5 giây đến 2 phút trước khi bắt đầu làm mát, các lỗ rỗng được mở rộng trong suốt quá trình giảm áp bị co lại, và có thể ngăn hiện tượng không thấm ướt bằng cách lấp đầy

phần lỗ rỗng với chất hàn trước khi không thấm ướt. Tốt hơn nếu, thời gian mà áp suất được phục hồi áp suất về ít nhất 0,8 atm trong khoảng từ 10 giây đến 1 phút trước khi bắt đầu bước làm mát.

Từ quan điểm tránh việc thiếu lượng chất hàn được lắp vào phần lỗ rỗng và ngăn hiện tượng không thấm ướt, giới hạn dưới của áp suất được phục hồi sau khi giảm áp cao hơn hoặc bằng 0,8 atm, tốt hơn nếu cao hơn hoặc bằng 0,9 atm, tốt hơn nữa nếu cao hơn hoặc bằng 1 atm. Giới hạn trên không bị giới hạn cụ thể nhưng áp suất được phục hồi sau khi giảm áp có thể thấp hơn hoặc bằng 3 atm.

(2-3) Thời gian giảm áp

Theo sáng chế, để tạo ra tính thấm ướt tuyệt vời của chính hợp kim hàn bằng cách ngăn sự tạo thành của các lỗ rỗng trong quá trình nóng chảy của hợp kim hàn và để ngăn sự biến mất của lớp kim loại thứ nhất, thời gian giảm áp là thời gian cho đến khi môi trường gia nhiệt được phục hồi về vùng áp suất ít nhất 0,8 atm từ khi bắt đầu giảm áp, là từ 30 giây đến 4 phút. Nếu thời gian giảm áp ít hơn 30 giây, lỗ rỗng mở rộng trong suốt quá trình giảm áp và do khí trong lỗ rỗng hoặc thành phần trợ dung bị mất tính hoạt động còn lại của nó và hầu như không thoát ra phần chất hàn được gắn, thậm chí khi áp suất được phục hồi về ít nhất 0,8 atm, tác dụng giảm lỗ rỗng không thể được mong đợi nhiều. Ngoài ra, nếu áp suất được giảm trước khi quá trình thấm ướt hợp kim hàn ở trạng thái nóng chảy kết thúc, lỗ rỗng sẵn sàng co lại và, do đó, tính thấm ướt ban đầu của chính hợp kim hàn có thể không có tác dụng, dẫn đến các lỗ rỗng vẫn còn và hiện tượng không thấm ướt xảy ra. Theo đó, bước giảm áp cần được bắt đầu ít nhất 30 giây sau khi nhiệt độ đạt đến nhiệt độ ít nhất cao hơn 10°C so với nhiệt độ hóa lỏng của hợp kim hàn.

Mặt khác, nếu thời gian giảm áp vượt quá 4 phút, vật liệu hàn nóng chảy mỏng còn lại trên phần điện cực tiếp xúc với các lỗ rỗng kéo dài suốt quá trình giảm áp bị tiêu thụ khi lớp phản ứng phát triển, và tiếp xúc một phần với lớp phản ứng trong lỗ rỗng, gọi là hiện tượng không thấm ướt, xảy ra ở phần môi hàn để hàn đế, tức là, mặt phân cách giữa kim loại mặt sau của linh kiện điện tử và hợp kim hàn và mặt phân cách giữa hợp kim hàn và điện cực lớp nền. Khi xảy ra hiện tượng không thấm ướt, điện cực có khả năng chống thấm ướt và không bị thấm

ướt trở lại với hợp kim hàn trong suốt quá trình giảm áp, do đó làm cho không thấm ướt. Ngoài ra, quá trình giảm áp trong thời gian dài dẫn đến sự kéo dài thời gian nóng chảy và do đó, lớp kim loại thứ nhất có thể biến mất.

Trong bước giảm áp theo sáng chế, lớp nền liên tục tiếp xúc với các môi trường có áp suất ít nhất là 0,8 atm và áp suất giảm, và vật liệu hàn nóng chảy bị chảy, do đó chất hàn có thể bị ướt và lan rộng ra phần không thấm ướt. Vì lý do này, theo sáng chế, quá trình giảm áp tốt hơn nếu được thực hiện nhiều lần trong vòng 4 phút. Xem xét về thời gian giảm áp, v.v. , tốt hơn nếu bước này được thực hiện từ 2 đến 3 lần. Ví dụ, đặc trưng về việc giảm áp suất hai lần có thể được thực hiện theo các kiểu tính thời gian sau. Lần đầu tiên, việc giảm áp suất được bắt đầu trước khi nhiệt độ đạt đến 230°C trong bước gia nhiệt sao cho áp suất của môi trường gia nhiệt được giảm xuống thấp hơn hoặc bằng 100 Pa và sau khi việc giảm áp suất kết thúc ở nhiệt độ hóa lỏng, áp suất được phục hồi. Lần thứ hai, quá trình giảm áp được bắt đầu lại sau một khoảng từ 20 giây đến 3 phút sau khi nhiệt độ đạt đến nhiệt độ cao nhất, và áp suất được phục hồi sau khoảng từ 5 giây đến 2 phút trước khi bắt đầu bước làm mát.

Điều này là đủ để thực hiện bước giảm áp theo sáng chế bởi bộ giảm áp đơn giản sử dụng bơm quay.

(3) Bước làm mát

Trong bước làm mát theo sáng chế, sau bước duy trì gia nhiệt, làm mát ở vùng nhiệt độ từ nhiệt độ bắt đầu kết tủa pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb đến 230°C được tiến hành trong khoảng từ 5 giây đến 2 phút.

Theo sáng chế, sự thô hóa của pha hợp chất liên kim loại gốc Sn-Sb trong hợp kim hàn có thể được ngăn lại bằng cách thực hiện kiểm soát làm mát trong suốt quá trình đông rắn của hợp kim hàn. Trong hợp kim hàn trên cơ sở Sn-Sb chứa Ag và Cu được sử dụng theo sáng chế, khi nhiệt độ giảm xuống dưới 230°C, bốn pha, pha SnSb, pha Sn, pha SnAg và pha SnCu được kết tinh. Theo sáng chế, tốc độ làm mát trong vùng nhiệt độ từ nhiệt độ bắt đầu kết tủa của pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb đến 230°C, là vùng nhiệt độ chế tạo của pha hợp chất liên kim

loại Sn-Sb, đã kiểm soát, bằng cách này ngăn sự thô hóa của pha hợp chất liên kim loại gốc Sn-Sb trong hợp kim hàn, và sự phân tách của kim loại mặt sau khỏi hợp kim hàn có thể được ngăn lại. Ngoài ra, với tác động này, cấu trúc hợp kim có thể được kiểm soát sao cho lớp hợp kim hàn thoát ra giữa ít nhất một lớp hợp chất liên kim loại và pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb. Theo đó, theo sáng chế, chỉ cần kiểm soát tốc độ làm mát từ nhiệt độ bắt đầu kết tủa của pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb đến 230°C , và tốt hơn nếu kiểm soát tốc độ làm mát trong khoảng nhiệt độ từ 270°C đến 230°C .

Ngoài ra, đối với thời gian làm mát, từ quan điểm để ngăn sự thô hóa của pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb, thời gian làm mát trong vùng nhiệt độ phía trên được đặt trong khoảng từ 5 giây đến 2 phút. Nếu thời gian làm mát ít hơn 5 giây, sự thay đổi trong việc làm mát trên lớp nền được tăng lên và hơn nữa, do tác động nhiệt được đặt vào, ứng suất không đồng đều được sinh ra trên chip Si, dẫn đến vết nứt của chip Si. Xét về giới hạn dưới, thời gian làm mát tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 10 giây, tốt hơn nữa nếu lớn hơn hoặc bằng 30 giây. Mặt khác, nếu thời gian làm mát vượt quá 2 phút, pha hợp chất liên kim loại gốc Sn-Sb được làm thô, điều này có thể gây ra sự phân tách. Xét về giới hạn trên, thời gian làm mát tốt hơn nếu ít hơn hoặc bằng 1,5 phút, tốt hơn nữa nếu ít hơn hoặc bằng 1 phút.

Ví dụ thực hiện sáng chế

1. Ví dụ sáng chế 1

(1) Tạo thành mối hàn vảy

Phương pháp để tạo thành mối hàn vảy theo ví dụ sáng chế 1 và phương pháp đánh giá cho từng hạng mục đánh giá được mô tả dưới đây.

Phôi mẫu của hợp kim hàn Sn-3Ag-1Cu-10Sb-0,02Ni (nhiệt độ hóa lỏng: 256°C) có độ dày tấm 100 μm được gắn lên khung (lớp nền) dẫn điện làm từ Cu được mạ Ni, và chip IC (linh kiện điện tử) 5 mm×5 mm×200 μm^t bao gồm kim loại mặt sau trên lớp nền phía bề mặt hàn của chip silicon sau đó được gắn lên hợp kim hàn. Kim loại mặt sau là kim loại mặt sau thu được bằng cách xếp chồng, theo thứ tự, lớp Ti có độ dày màng 0,05 μm là lớp chặn và lớp Ni có độ dày màng 1 μm

là lớp kim loại thứ nhất. Hướng gắn được thực hiện là hướng mà trong chip IC bao gồm kim loại mặt sau, lớp Ni tiếp giáp với phôi mẫu của hợp kim hàn. Lớp nền mà trên đó phôi mẫu hợp kim hàn và chip IC đã được gắn được đưa vào lò gia nhiệt, và việc hàn để được thực hiện bằng cách tiến hành gia nhiệt và làm mát dưới các điều kiện được thể hiện trên bảng 1. Các điều kiện được thể hiện trong ví dụ sáng chế 1 của bảng 1 đưa ra đặc trưng nhiệt độ được minh họa trên Fig.2.

Hỗn hợp khí axit fomic và nitơ được sử dụng cho môi trường gia nhiệt. Sau khi lớp nền được đưa vào lò gia nhiệt, áp suất được giảm xuống 10 Pa bởi bơm quay 1 phút sau khi nhiệt độ lớp nền đạt được 270°C, hỗn hợp khí chỉ được đưa vào ngay trước khi trôi qua 100 giây sau khi bắt đầu quá trình giảm áp xuống thực hiện việc thông hơi, và áp suất được phục hồi đến áp suất khí quyển sau khoảng 100 giây sau khi bắt đầu quá trình giảm áp. Khi 10 giây đã trôi qua sau khi hoàn thành việc thông hơi, lò gia nhiệt được làm mát sao cho thời gian làm mát từ 270°C đến 230°C là 60 giây, và mối hàn vảy theo ví dụ sáng chế 1 được được tạo thành.

(2) Đánh giá

Đối với mối hàn vảy được tạo thành, kim loại mặt sau của chip silicon được quan sát như sau để kiểm tra "phần còn lại của lớp Ni", "sự xâm nhập của pha SnSb", "sự phân tách", "hiện tượng không thấm ướt", "sự bắn tóe" và "vết nứt chip".

Trong mặt cắt ngang của kim loại mặt sau của chip silicon, các pha tương ứng được phân loại dựa trên sự khác biệt tương phản được thể hiện bởi hình ảnh SEM ở độ phóng đại 300 lần và 10000 lần bằng cách sử dụng JSM-6610LV được sản xuất bởi JEOL Ltd., và pha SnSb (pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb), lớp Ni, lớp Ti, Si, và lớp hợp chất liên kim loại được tạo thành ở mặt phân cách mối hàn (hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau được tạo thành tại mặt phân cách giữa linh kiện điện tử và hợp kim hàn, hợp chất liên kim loại phía lớp nền được tạo thành tại mặt phân cách giữa lớp nền và hợp kim hàn) được xác định bằng cách phân tích định lượng và kiến thức luyện kim.

"Phần còn lại của lớp Ni", "sự xâm nhập của pha SnSb", "sự phân tách",

"hiện tượng không thấm ướt", "sự bắn tóe", "vết nứt chip"

Mặt cắt ngang của kim loại mặt sau của chip silicon đã được phóng lên 10000 lần trên màn hình SEM, và phần còn lại của lớp Ni được kiểm tra tại 10 điểm bất kỳ. Ngoài ra, liệu pha SnSb có bị xâm nhập vào hợp kim hàn hay không hoặc đã được xác nhận trên ảnh được chụp bằng SEM. Trong trường hợp lớp Ni đã bị biến mất, sự hiện diện hoặc vắng mặt của sự phân tách lớp Ti khỏi hợp kim hàn được xác nhận. Ngoài ra, trong trường hợp mà lớp Ni vẫn còn, sự hiện diện hoặc vắng mặt của hiện tượng không thấm ướt của lớp Ni với hợp kim hàn được xác nhận.

"Phần còn lại của lớp Ni" được đánh giá là "A" trong trường hợp mà lớp Ni vẫn còn, và được đánh giá là "C" trong trường hợp mà lớp Ni không còn.

"Sự xâm nhập của pha SnSb" được đánh giá là "không" trong trường hợp mà pha SnSb không xâm nhập vào lớp hợp kim hàn và tiếp xúc với cả lớp hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau hoặc lớp hợp chất liên kim loại phía lớp nền hoặc tiếp xúc với cả lớp hợp chất liên kim loại, và được đánh giá là "có mặt" trong trường hợp mà pha SnSb xâm nhập vào lớp hợp kim hàn và tiếp xúc với cả hợp chất liên kim loại.

"Sự phân tách" được đánh giá là "không" trong trường hợp mà sự phân tách của lớp Ti khỏi lớp chất hàn không được xác nhận trong bất kỳ phần nào, và được đánh giá là "có mặt" trong trường hợp mà sự phân tách có mặt trong một số phần.

"Hiện tượng không thấm ướt" được đánh giá là "không" trong trường hợp mà không có khoảng cách giữa lớp Ni và hợp kim hàn và hiện tượng không thấm ướt không xảy ra, và được đánh giá là "có mặt" trong trường hợp có khoảng cách trong một số phần và xảy ra hiện tượng không thấm ướt.

Sự hiện diện hoặc vắng mặt của "sự bắn tóe" được đánh giá là "không" trong trường hợp mà chất hàn không bị bắn tóe xung quanh lớp nền của mỗi hàn vảy thu được, và được đánh giá là "có mặt" trong trường hợp chất hàn bị bắn tóe.

Đối với "vết nứt chip", sự hiện diện hoặc vắng mặt của vết nứt của chip silicon được xác nhận bằng cách quan sát trực quan bề mặt bên ngoài của mỗi hàn vảy được tạo thành. Vết nứt chip được đánh giá là "không" trong trường hợp mà

chip silicon không bị gãy, và được đánh giá là "có mặt" trong trường hợp chip silicon bị gãy ở một số phần.

2. Các ví dụ sáng chế từ 2 đến 24, các ví dụ so sánh từ 1 đến 12

Trong các ví dụ này, các đánh giá được thực hiện theo cách tương tự như trong ví dụ sáng chế 1. Để thể hiện rõ ràng trạng thái được xếp chồng của mỗi hàn vảy, Fig.3 minh họa mặt cắt ngang giản đồ mỗi hàn vảy. Fig.3(a) là giản đồ theo ví dụ sáng chế 1, Fig.3(b) là giản đồ theo ví dụ sáng chế 8, Fig.3(c) là giản đồ theo ví dụ sáng chế 9, và Fig.3(d) là giản đồ theo ví dụ sáng chế 10.

Các kết quả được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1

	Thành phần hợp kim (% khối lượng)						Kim loại mặt sau				
	Sn	Ag	Cu	Sb	Ni	Các nguyên tố khác	Lớp kim loại thứ hai	Lớp chặn	Lớp kim loại thứ nhất	Lớp kim loại thứ ba	Lớp kim loại thứ tư
Ví dụ sáng chế 1	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni		
Ví dụ sáng chế 2	Bal.	3	1	9	0,02			Ti	Ni		
Ví dụ sáng chế 3	Bal.	3	1	12	0,02			Ti	Ni		
Ví dụ sáng chế 4	Bal.	3	1	10	0,01			Ti	Ni		
Ví dụ sáng chế 5	Bal.	3	1	10	1			Ti	Ni		
Ví dụ sáng chế 6	Bal.	3	1	10	0,02	Co 0,01		Ti	Ni		
Ví dụ sáng chế 7	Bal.	3	1	10	0,02	Fe 0,01		Ti	Ni		
Ví dụ sáng chế 8	Bal.	3	1	10	0,02		Al	Ti	Ni		
Ví dụ sáng chế 9	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni	Ag	
Ví dụ sáng chế 10	Bal.	3	1	10	0,02		Al	Ti	Ni	Ag	Au
Ví dụ sáng chế 11	Bal.	3	1	10	0,02		Al	Ti	Ni	Cu	Ag
Ví dụ sáng chế 12	Bal.	3	1	10	0,02		Al	Ti	Ni	Sn	Au
Ví dụ sáng chế 13	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni		
Ví dụ sáng chế 14	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni		
Ví dụ sáng chế 15	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni		
Ví dụ sáng chế 16	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni		
Ví dụ sáng chế 17	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni		
Ví dụ sáng chế 18	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni		
Ví dụ sáng chế 19	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni		
Ví dụ sáng chế 20	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni		
Ví dụ sáng chế 21	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni		
Ví dụ sáng chế 22	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni		
Ví dụ sáng chế 23	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni		
Ví dụ sáng chế 24	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni		

Bảng 1 tiếp theo

	Quá trình gia nhiệt sơ bộ		Gia nhiệt			Giảm áp suất
	Nhiệt độ (°C)	Thời gian duy trì (phút)	Tốc độ tăng nhiệt độ (°C/giây)	Thời gian duy trì (phút)	Nhiệt độ cao nhất (°C)	Thời gian bắt đầu
Ví dụ sáng chế 1	200	5	2	2	300	sau khi đạt 270°C và trôi qua 1 phút
Ví dụ sáng chế 2	200	5	2	2	300	sau khi đạt 270°C và trôi qua 1 phút
Ví dụ sáng chế 3	200	5	2	2	300	sau khi đạt 270°C và trôi qua 1 phút
Ví dụ sáng chế 4	200	5	2	2	300	sau khi đạt 270°C và trôi qua 1 phút
Ví dụ sáng chế 5	200	5	2	2	300	sau khi đạt 270°C và trôi qua 1 phút
Ví dụ sáng chế 6	200	5	2	2	300	sau khi đạt 270°C và trôi qua 1 phút
Ví dụ sáng chế 7	200	5	2	2	300	sau khi đạt 270°C và trôi qua 1 phút
Ví dụ sáng chế 8	200	5	2	2	300	sau khi đạt 270°C và trôi qua 1 phút
Ví dụ sáng chế 9	200	5	2	2	300	sau khi đạt 270°C và trôi qua 1 phút
Ví dụ sáng chế 10	200	5	2	2	300	sau khi đạt 270°C và trôi qua 1 phút
Ví dụ sáng chế 11	200	5	2	2	300	sau khi đạt 270°C và trôi qua 1 phút
Ví dụ sáng chế 12	200	5	2	2	300	sau khi đạt 270°C và trôi qua 1 phút
Ví dụ sáng chế 13			2	2	300	sau khi đạt 270°C và trôi qua 1 phút
Ví dụ sáng chế 14	200	5	2	2	270	sau khi đạt 270°C và trôi qua 1 phút
Ví dụ sáng chế 15	200	5	2	2	330	sau khi đạt 270°C và trôi qua 1 phút
Ví dụ sáng chế 16	200	5	2	0,5	300	sau khi đạt 270°C và trôi qua 1 phút
Ví dụ sáng chế 17	200	5	2	5	300	sau khi đạt 270°C và trôi qua 1 phút
Ví dụ sáng chế 18	200	5	2	2	300	sau khi đạt 270°C và sau 20 phút
Ví dụ sáng chế 19	200	5	2	2	300	Ngay sau khi đạt 225°C
Ví dụ sáng chế 20	200	5	2	2	300	sau khi đạt 270°C + trôi qua 1 phút
Ví dụ sáng chế 21	200	5	2	2	300	sau khi đạt 270°C + trôi qua 1 phút
Ví dụ sáng chế 22	200	5	2	2	300	sau khi đạt 270°C + trôi qua 1 phút
Ví dụ sáng chế 23	200	5	2	2	300	sau khi đạt 270°C + trôi qua 1 phút
Ví dụ sáng chế 24	200	5	2	2	300	sau khi đạt 270°C + trôi qua 1 phút

Bảng 1 tiếp theo

	Giảm áp suất			Quá trình làm mát	Lớp Ni còn lại	Sự xâm nhập của pha SnSb	Sự phân tách, không thấm ướt, bắn tóe, nứt chip
	Thời gian giảm áp (giây)	Áp suất sau khi thông khí (atm)	Thời gian từ khí hoàn thành thông khí đến khi bắt đầu làm mát (giây)	Thời gian làm mát từ 270°C đến 230°C (giây)			
Ví dụ sáng chế 1	100	1	10	60	A	không	không
Ví dụ sáng chế 2	100	1	10	60	A	không	không
Ví dụ sáng chế 3	100	1	10	60	A	không	không
Ví dụ sáng chế 4	100	1	10	60	A	không	không
Ví dụ sáng chế 5	100	1	10	60	A	không	không
Ví dụ sáng chế 6	100	1	10	60	A	không	không
Ví dụ sáng chế 7	100	1	10	60	A	không	không
Ví dụ sáng chế 8	100	1	10	60	A	không	không
Ví dụ sáng chế 9	100	1	10	60	A	không	không
Ví dụ sáng chế 10	100	1	10	60	A	không	không
Ví dụ sáng chế 11	100	1	10	60	A	không	không
Ví dụ sáng chế 12	100	1	10	60	A	không	không
Ví dụ sáng chế 13	100	1	10	60	A	không	không
Ví dụ sáng chế 14	100	1	10	60	A	không	không
Ví dụ sáng chế 15	100	1	10	60	A	không	không
Ví dụ sáng chế 16	100	1	10	60	A	không	không
Ví dụ sáng chế 17	100	1	10	60	A	không	không
Ví dụ sáng chế 18	100	1	10	60	A	không	không
Ví dụ sáng chế 19	100	1	10	60	A	không	không
Ví dụ sáng chế 20	100	0,8	10	60	A	không	không
Ví dụ sáng chế 21	30	1	10	60	A	không	không
Ví dụ sáng chế 22	240	1	10	60	A	không	không
Ví dụ sáng chế 23	100	1	10	5	A	không	không
Ví dụ sáng chế 24	100	1	10	120	A	không	không

Bảng 1 tiếp theo

	Thành phần hợp kim (% khối lượng)						Kim loại mặt sau				
	Sn	Ag	Cu	Sb	Ni	Các nguyên tố khác	Lớp kim loại thứ hai	Lớp chặn	Lớp kim loại thứ nhất	Lớp kim loại thứ ba	Lớp kim loại thứ tư
Ví dụ so sánh 1	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni		
Ví dụ so sánh 2	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni		
Ví dụ so sánh 3	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni		
Ví dụ so sánh 4	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni		
Ví dụ so sánh 5	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni		
Ví dụ so sánh 6	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni		
Ví dụ so sánh 7	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni		
Ví dụ so sánh 8	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni		
Ví dụ so sánh 9	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni		
Ví dụ so sánh 10	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni		
Ví dụ so sánh 11	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni		
Ví dụ so sánh 12	Bal.	3	1	10	0,02			Ti	Ni		

Bảng 1 tiếp theo

	Quá trình gia nhiệt sơ bộ		Gia nhiệt			Giảm áp suất
	Nhiệt độ (°C)	Thời gian duy trì (phút)	Tốc độ tăng nhiệt độ (°C/giây)	Thời gian duy trì (phút)	Nhiệt độ cao nhất (°C)	Thời gian bắt đầu
Ví dụ so sánh 1	200	5	2	<u>10</u>	<u>340</u>	sau khi đạt 270°C + trôi qua 1 phút
Ví dụ so sánh 2	200	5	2	2	<u>260</u>	sau khi đạt 270°C + trôi qua 1 phút
Ví dụ so sánh 3	200	5	2	2	<u>340</u>	sau khi đạt 270°C + trôi qua 1 phút
Ví dụ so sánh 4	200	5	2	<u>0,1</u>	300	sau khi đạt 270°C + trôi qua 1 phút
Ví dụ so sánh 5	200	5	2	<u>10</u>	300	sau khi đạt 270°C + trôi qua 1 phút
Ví dụ so sánh 6	200	5	2	2	300	<u>ngay sau khi đạt 266°C</u>
Ví dụ so sánh 7	200	5	2	2	300	<u>ngay sau khi đạt 230°C</u>
Ví dụ so sánh 8	200	5	2	2	300	sau khi đạt 270°C + trôi qua 1 phút
Ví dụ so sánh 9	200	5	2	2	300	sau khi đạt 270°C + trôi qua 1 phút
Ví dụ so sánh 10	200	5	2	2	300	sau khi đạt 270°C + trôi qua 1 phút
Ví dụ so sánh 11	200	5	2	2	300	sau khi đạt 270°C + trôi qua 1 phút
Ví dụ so sánh 12	200	5	2	2	300	sau khi đạt 270°C + trôi qua 1 phút

Bảng 1 tiếp theo

	Giảm áp suất			Quá trình làm mát	Lớp Ni còn lại	Sự xâm nhập của pha SnSb	Sự phân tách, không thấm ướt, bắn tóe, nứt chip
	Thời gian giảm áp (giây)	Áp suất sau khi thông khí (atm)	Thời gian từ khi hoàn thành thông khí đến khi bắt đầu làm mát (giây)	Thời gian làm mát từ 270°C đến 230°C (giây)			
Ví dụ so sánh 1	100	1	10	<u>600</u>	C	có mặt	có mặt
Ví dụ so sánh 2	100	1	10	60	A	không	có mặt
Ví dụ so sánh 3	100	1	10	60	C	không	có mặt
Ví dụ so sánh 4	100	1	10	60	A	không	có mặt
Ví dụ so sánh 5	100	1	10	60	C	không	có mặt
Ví dụ so sánh 6	100	1	10	60	A	không	có mặt
Ví dụ so sánh 7	100	1	10	60	A	không	có mặt
Ví dụ so sánh 8	<u>10</u>	1	10	60	A	không	có mặt
Ví dụ so sánh 9	<u>300</u>	1	10	60	C	không	có mặt
Ví dụ so sánh 10	100	<u>0,1</u>	10	60	A	không	có mặt
Ví dụ so sánh 11	100	1	10	<u>1</u>	A	không	có mặt
Ví dụ so sánh 12	100	1	10	<u>180</u>	A	có mặt	có mặt

Đường gạch chân thể hiện giá trị nằm ngoài phạm vi của sáng chế.

Như được thấy trong bảng 1, theo các ví dụ sáng chế, lớp Ni vẫn còn, pha SnSb không thấm, và tất cả sự phân tách của kim loại mặt sau khỏi lớp chất hàn, hiện tượng không thấm ướt, bắn tóe và sự nứt gãy chip đều không quan sát được.

Mặt khác, theo ví dụ so sánh 1 trong đó thời gian gia nhiệt dài và nhiệt độ cao nhất trong quá trình gia nhiệt cao, lớp Ni bị biến mất, và xảy ra sự phân tách. Ngoài ra, do thời gian làm mát dài, pha SnSb bị xâm nhập vào lớp hợp kim hàn. Do đó, quan sát được sự phân tách giữa kim loại mặt sau và lớp hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau.

Theo ví dụ so sánh 2, khi nhiệt độ cao nhất trong quá trình gia nhiệt thấp, thì

giả định là không thấm ướt.

Theo ví dụ so sánh 3, khi nhiệt độ cao nhất cao, thì lớp Ni bị biến mất, và quan sát được sự phân tách.

Theo ví dụ so sánh 4, khi thời gian duy trì trong quá trình gia nhiệt ngắn, thì xảy ra hiện tượng không thấm ướt.

Theo ví dụ so sánh 5, khi thời gian duy trì trong quá trình gia nhiệt dài, thì giả định là không thấm ướt.

Theo ví dụ so sánh 6, khi việc giảm áp suất bắt đầu ở 266°C trước khi nhiệt độ gia nhiệt đạt đến 270°C , thì hiện tượng thấm ướt là không đủ.

Theo ví dụ so sánh 7, khi việc giảm áp suất bắt đầu ở 230°C sau khi nhiệt độ gia nhiệt đạt đến 227°C , thì chất hàn bị bắn tóe.

Theo ví dụ so sánh 8, khi thời gian giảm áp ngắn, thì giả định là không thấm ướt.

Theo ví dụ so sánh 9, khi thời gian giảm áp quá dài, thì lớp Ni bị biến mất, và xảy ra sự phân tách.

Theo ví dụ so sánh 10, khi áp suất sau khi thông hơi thấp, thì giả định là không thấm ướt.

Theo ví dụ so sánh 11, khi thời gian làm mát ngắn, thì độ co ngót đóng rắn lớn do làm lạnh nhanh, và xảy ra việc nứt chip.

Theo ví dụ so sánh 12, khi thời gian làm mát dài, thì pha SnSb bị xâm nhập vào lớp hợp kim hàn, và xảy ra sự phân tách.

Để xác minh những điều này, Fig.4 minh họa các hình ảnh SEM mặt cắt ngang. Fig.4 minh họa các hình ảnh SEM mặt cắt ngang theo ví dụ sáng chế 1 và ví dụ so sánh 1; Fig.4(a) và Fig.4(b) là hình ảnh SEM theo ví dụ sáng chế 1, và Fig.4(c) và Fig.4(d) là hình ảnh SEM theo ví dụ so sánh 1. Fig.4(b) và Fig.4(d) là các hình ảnh phóng to phần hình vuông màu trắng của Fig.4(a) và Fig.4(c), tương ứng. Ngoài ra, trên Fig.4(a), vùng được bao quanh bởi đường nét đứt dài và ngắn xen kẽ nhau thể hiện pha SnSb. Trên Fig.4(c), vùng được bao quanh bởi đường nét

đứt dài và ngắn xen kẽ nhau, pha hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau, và pha hợp chất liên kim loại phía lớp nền thể hiện pha SnSb.

Rõ ràng từ Fig.4(a) và Fig.4(b), trong mỗi hàn vảy theo ví dụ sáng chế 1, pha SnSb chỉ tiếp xúc với với một lớp hợp chất liên kim loại, lớp Ni của kim loại mặt sau vẫn còn, và không quan sát được sự phân tách của kim loại mặt sau khỏi lớp hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau. Mặt khác, trên Fig.4(c) và Fig.4(d), pha Sn-Sb xâm nhập qua lớp hợp kim hàn có mặt và không chỉ lớp Ni của kim loại mặt sau biến mất mà còn quan sát được sự phân tách của kim loại mặt sau khỏi lớp hợp chất liên kim loại. Trên Fig.4(a), mặc dù, pha hợp chất liên kim loại bị tách ra, có thành phần tương tự với lớp hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau, được giải phóng khỏi một loạt lớp hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau được tạo thành tại mặt phân cách giữa kim loại mặt sau và hợp kim hàn được quan sát. Pha hợp chất liên kim loại bị tách ra này không được coi là lớp hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau.

Khoảng cách trung bình giữa kim loại mặt sau của linh kiện điện tử và lớp nền khung dẫn điện theo các ví dụ sáng chế được mô tả ở trên và các ví dụ so sánh đã được xác định bằng cách đo, tại mỗi trong số bốn góc của linh kiện điện tử, chiều cao từ bề mặt trên của lớp nền đến bề mặt trên của linh kiện điện tử bằng phương tiện kính hiển vi đồng tiêu, và tính toán sự khác biệt giữa trung bình có trọng số của mỗi chiều cao và chiều cao của linh kiện điện tử bao gồm kim loại mặt sau.

Khoảng cách trung bình giữa khung dẫn điện và kim loại mặt sau vào khoảng 90 μm ở cả ví dụ sáng chế 1 và ví dụ so sánh 1. Đường kính Feret của pha SnSb theo ví dụ so sánh có giá trị lớn nhất là 82 μm . Đường kính Feret của pha SnSb theo các ví dụ sáng chế tối đa là 30 μm và được tìm thấy nhỏ hơn khoảng cách trung bình của khung dẫn điện và chip silicon. Ngoài ra, trong khi đường kính Feret theo các ví dụ sáng chế nhỏ hơn hoặc bằng 33,3% khoảng cách trung bình giữa khung dẫn điện và kim loại mặt sau, đường kính Feret theo các ví dụ so sánh lớn hơn hoặc bằng 91% khoảng cách trung bình giữa khung dẫn điện và kim loại mặt sau.

Ngoài ra, khoảng cách ngắn nhất giữa lớp hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau và lớp hợp chất liên kim loại phía lớp nền được quan sát trên Fig.4(a) vào khoảng 25 μm . Điều này cho thấy rằng trong mỗi hàn vảy theo ví dụ sáng chế 1, có khoảng cách ngắn nhất giữa cả hai lớp hợp chất liên kim loại nhỏ hơn so với đường kính Feret. Cũng có thể thấy rằng thậm chí trong trường hợp như vậy, miễn là pha SnSb không xâm nhập vào lớp hợp kim hàn, các hiệu quả vẫn được phát huy.

Danh sách ký hiệu chỉ dẫn

11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81: Linh kiện điện tử (chip silicon)

12, 22, 32, 42, 52, 62, 72, 82: Đế

13, 23, 33, 43, 53, 63, 73, 83: Hợp kim hàn

14, 24, 34, 44, 54, 64, 74, 84: Lớp chặn

15, 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85: Lớp kim loại thứ nhất

26, 36, 46, 66, 86: Lớp kim loại thứ hai

37, 47, 77, 87: Lớp kim loại thứ ba

48, 88: Lớp kim loại thứ tư

19, 29, 39, 49, 59, 69, 79, 89: Kim loại mặt sau

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Mỗi hàn vảy trong đó linh kiện điện tử với kim loại mặt sau được gắn với lớp nền bởi hợp kim hàn,

trong đó hợp kim hàn này bao gồm:

lớp hợp kim hàn có thành phần hợp kim chứa, theo % khối lượng: Ag (từ 2% đến 4%), Cu (từ 0,6% đến 2%), Sb (từ 9,0% đến 12%), và Ni (từ 0,005% đến 1%), với lượng còn lại là Sn;

pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb;

lớp hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau được tạo thành tại mặt phân cách giữa kim loại mặt sau và hợp kim hàn; và

lớp hợp chất liên kim loại phía lớp nền được tạo thành tại mặt phân cách giữa lớp nền và hợp kim hàn,

trong đó lớp hợp kim hàn thoát ra ít nhất giữa một trong số pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb và lớp hợp chất liên kim loại phía kim loại mặt sau, và giữa pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb và lớp hợp chất liên kim loại phía lớp nền.

2. Mỗi hàn vảy theo điểm 1, trong đó đối với pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb, trên mặt cắt ngang của mỗi hàn vảy, đường kính Feret của pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb, là khoảng cách giữa hai đường thẳng song song mà song song với lớp nền và kẹp pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb, nhỏ hơn hoặc bằng 60% khoảng cách trung bình giữa kim loại mặt sau của linh kiện điện tử và lớp nền.

3. Mỗi hàn vảy theo điểm 1 hoặc 2, trong đó thành phần hợp kim chứa thêm, tính theo % khối lượng, ít nhất một trong số các nguyên tố Co (nhỏ hơn hoặc bằng 0,2%) hoặc và Fe (nhỏ hơn hoặc bằng 0,1%).

4. Mỗi hàn vảy theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó khoảng cách trung bình giữa kim loại mặt sau và lớp nền là từ 50 μm đến 400 μm .

5. Mỗi hàn vảy theo theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó kim loại mặt sau bao gồm, theo thứ tự từ phía linh kiện điện tử, lớp chặn chứa ít nhất một trong số các nguyên tố Ti, Cr và V là thành phần chính và lớp kim loại thứ nhất chứa ít nhất một trong số các nguyên tố Ni và Cu là thành phần chính.

6. Mỗi hàn vảy theo điểm 5, bao gồm, giữa linh kiện điện tử và lớp chặn, màng kim loại thứ hai chứa thành phần chính là ít nhất một trong số các nguyên tố Au và Al.

7. Mỗi hàn vảy theo điểm 5 hoặc 6, bao gồm, giữa lớp kim loại thứ nhất và hợp kim hàn, lớp kim loại thứ ba chứa thành phần chính là ít nhất một trong số các nguyên tố Au, Ag, Sn, Ni và Cu.

8. Mỗi hàn vảy theo điểm 7, bao gồm, giữa lớp kim loại thứ ba và hợp kim hàn, lớp kim loại thứ tư chứa thành phần chính là ít nhất một trong số các nguyên tố Au, Ag, Ni và Sn.

9. Phương pháp để tạo thành mỗi hàn vảy theo theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8 trong đó linh kiện điện tử với kim loại mặt sau được gắn với lớp nền bởi hợp kim hàn, phương pháp này bao gồm các bước:

bước gia nhiệt để gia nhiệt lớp nền mà trên đó linh kiện điện tử đã được đặt nhờ hợp kim hàn tại nhiệt độ trong vùng nhiệt độ gia nhiệt lớn hơn ít nhất 10°C so với nhiệt độ hóa lỏng của hợp kim hàn, do đó thời gian duy trì trong vùng nhiệt độ gia nhiệt là từ 30 giây đến 5 phút và nhiệt độ cực đại trong khoảng thời gian duy trì là từ 270°C đến 330°C ;

bước giảm áp giảm áp suất của môi trường gia nhiệt xuống 100 Pa hoặc thấp hơn trước khi nhiệt độ gia nhiệt của lớp nền đạt đến 227°C hoặc giảm áp suất của môi trường gia nhiệt xuống 100 Pa hoặc thấp hơn lúc bắt đầu giảm áp ít nhất 20 giây sau khi nhiệt độ gia nhiệt của lớp nền đạt đến vùng nhiệt độ gia nhiệt, trong đó thời gian giảm áp là thời gian cho đến khi môi trường gia nhiệt được phục hồi về vùng áp suất ít nhất 0,8 atm từ khi bắt đầu giảm áp là từ 30 giây đến 4 phút; và

bước làm mát, sau bước gia nhiệt, làm mát vùng nhiệt độ từ nhiệt độ bắt đầu kết tủa pha hợp chất liên kim loại Sn-Sb đến 230°C trong khoảng từ 5 giây đến 2 phút.

10. Phương pháp để tạo thành mỗi hàn vảy theo điểm 9, trong đó bước gia nhiệt gồm có bước gia nhiệt sơ bộ gia nhiệt lớp nền trong vùng nhiệt độ từ 150°C đến 220°C trong khoảng từ 2 đến 10 phút trước khi nhiệt độ gia nhiệt của lớp nền đạt

đến 227°C.

11. Phương pháp để tạo thành mỗi hàn vảy theo điểm 9 hoặc 10, trong đó trong bước giảm áp, môi trường gia nhiệt được phục hồi áp suất về ít nhất 0,8 atm trong khoảng từ 5 giây đến 2 phút trước khi bắt đầu bước làm mát.

12. Phương pháp để tạo thành mỗi hàn vảy theo theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 9 đến 11, trong đó bước giảm áp được bắt đầu sau một khoảng từ 20 giây đến 3 phút sau khi nhiệt độ gia nhiệt của lớp nền đạt đến vùng nhiệt độ gia nhiệt.

13. Phương pháp để tạo thành mỗi hàn vảy theo theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 9 đến 12, trong đó bước giảm áp được thực hiện nhiều lần trong khoảng thời gian giảm áp.

FIG. 1

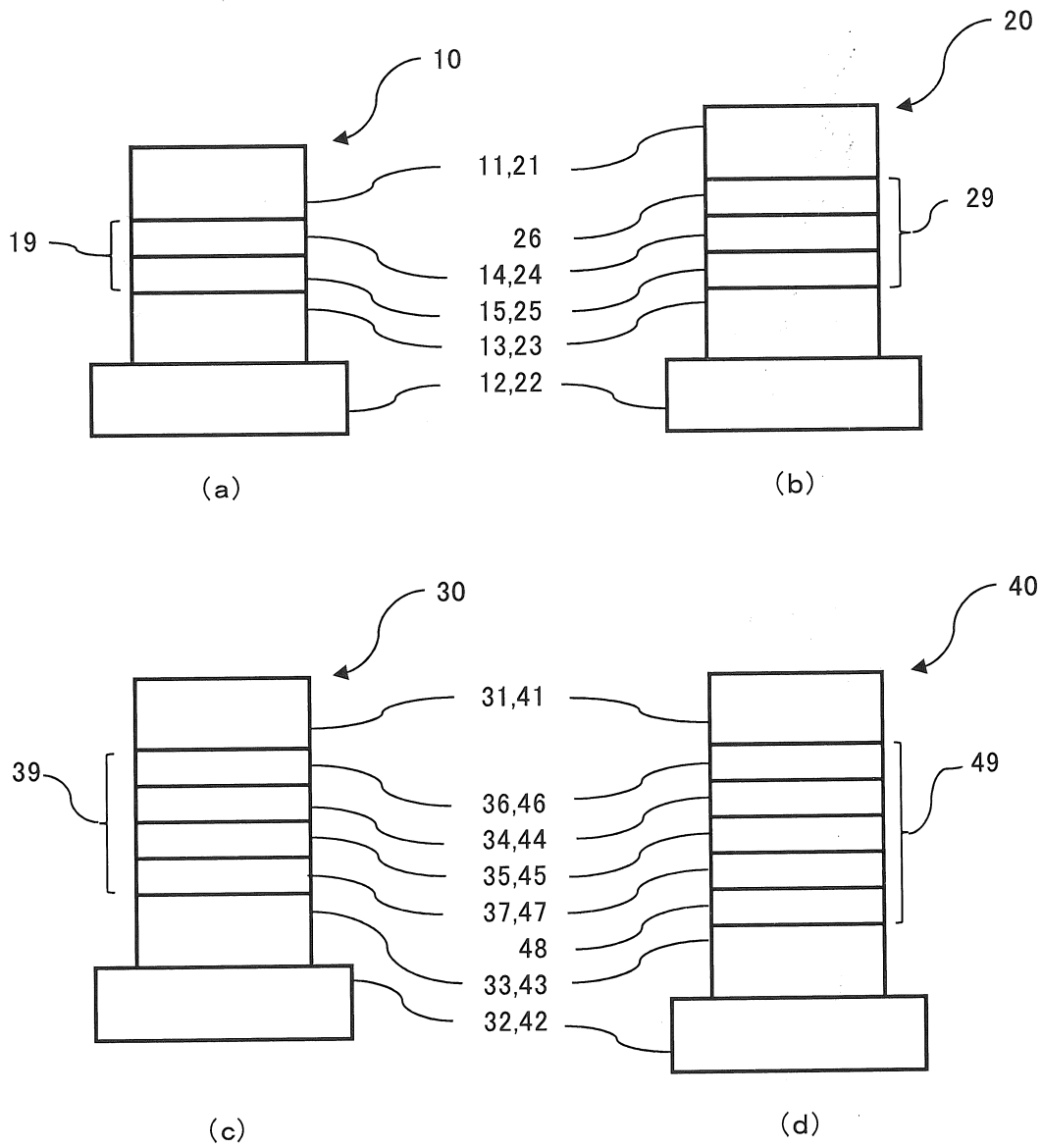


FIG. 2

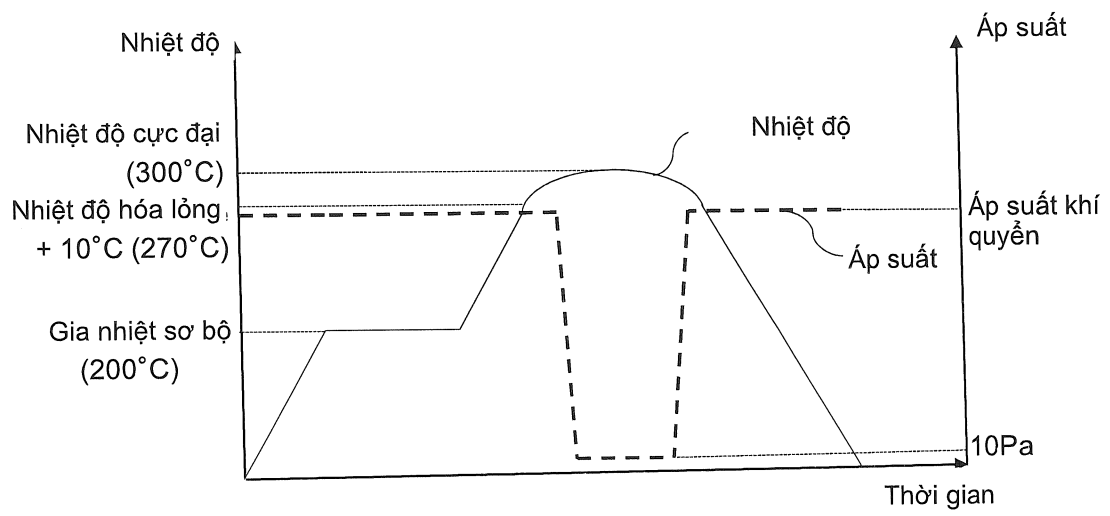


FIG. 3

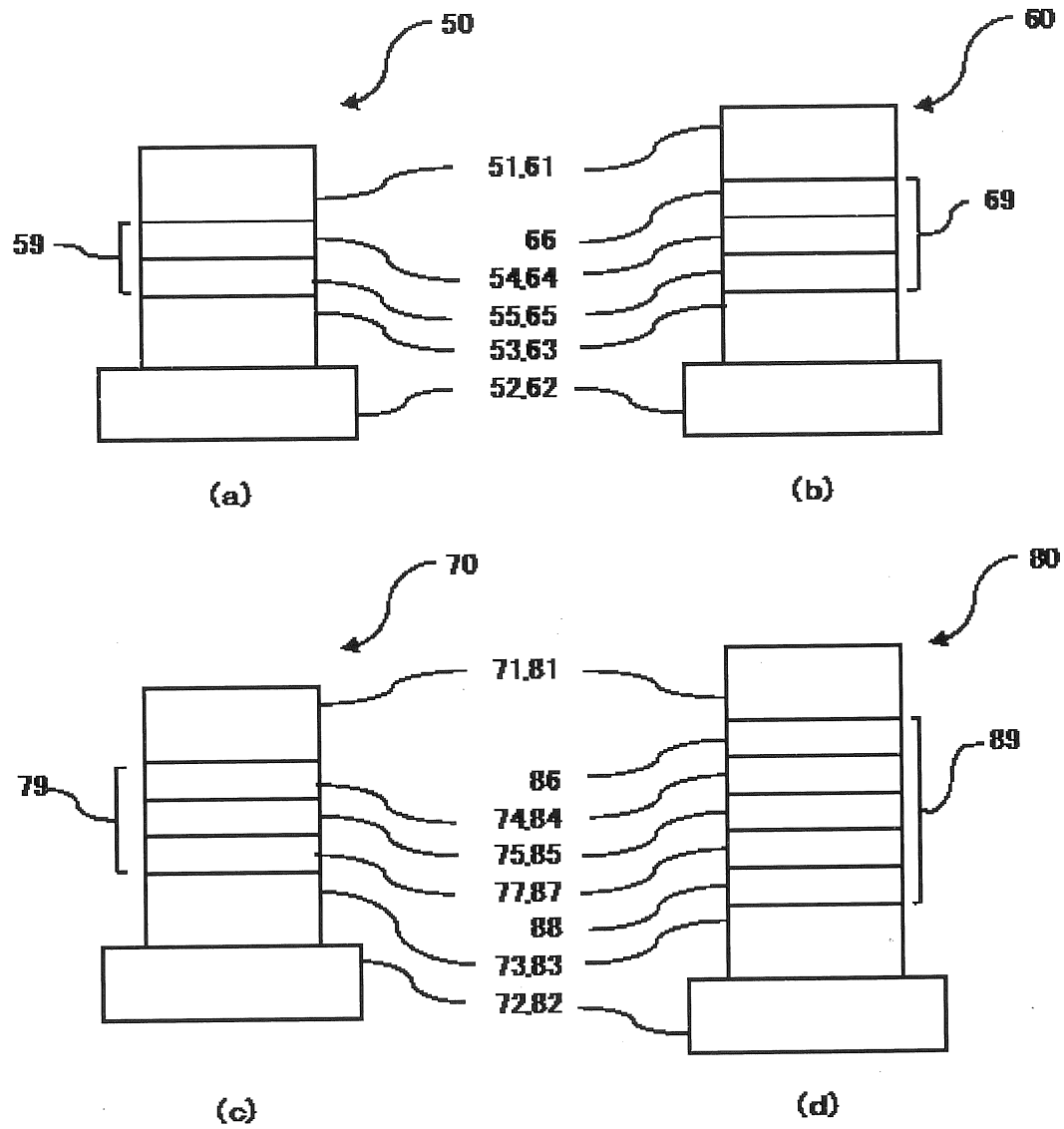
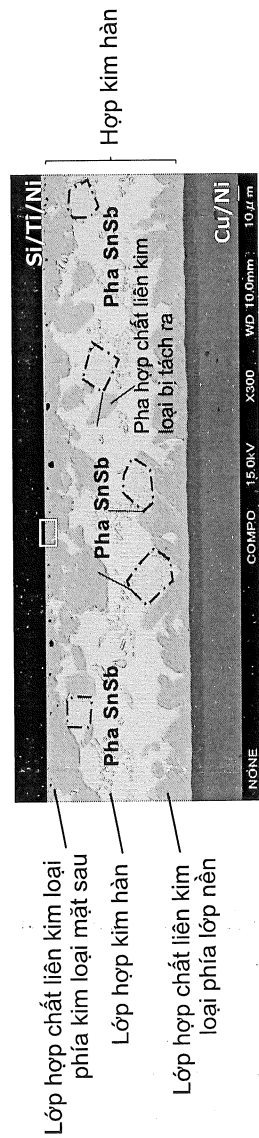
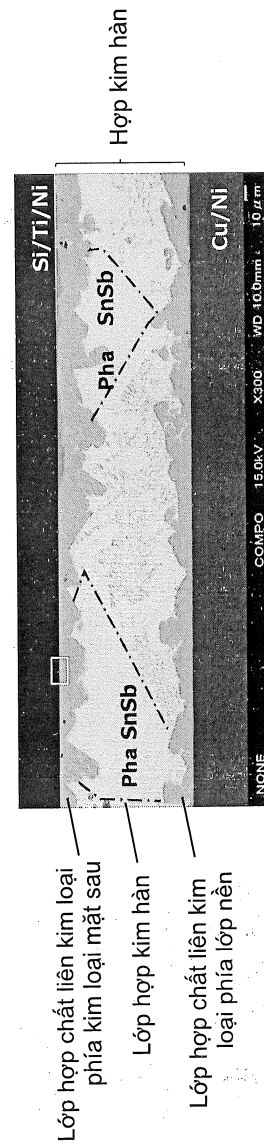


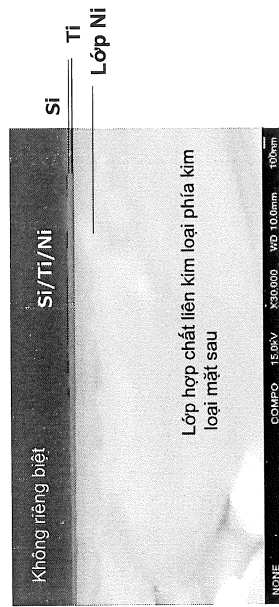
FIG. 4



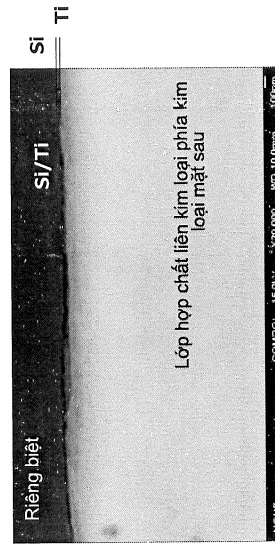
(a)



(c)



(b)



(d)