



(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)



1-0035783

(51)^{2020.01} H01L 21/60; C22F 1/14; C22C 5/06; (13) B
C22F 1/00

(21) 1-2022-00821

(22) 12/11/2020

(86) PCT/JP2020/042175 12/11/2020

(87) WO 2021/100583 A1 27/05/2021

(30) 2019-211498 22/11/2019 JP

(45) 25/05/2023 422

(43) 25/08/2022 413

(73) 1. NIPPON STEEL CHEMICAL & MATERIAL CO., LTD. (JP)

13-1, Nihonbashi 1-chome, Chuo-ku, Tokyo 1030027 Japan

2. NIPPON MICROMETAL CORPORATION (JP)

158-1, Oaza Sayamagahara, Iruma-shi, Saitama 3580032 Japan

(72) Tetsuya OYAMADA (JP); Tomohiro UNO (JP); Daizo ODA (JP); Motoki ETO (JP);
Takumi OHKABE (JP).

(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) DÂY HÀN HỢP KIM AG DÙNG CHO THIẾT BỊ BÁN DẪN

(57) Sáng chế đề xuất dây hàn hợp kim Ag dùng cho thiết bị bán dẫn có thể kéo dài tuổi thọ ở nhiệt độ cao của dây, làm giảm tình trạng hư hỏng chip trong quá trình hàn tròn, và cải thiện các đặc tính như độ bền mối hàn tròn trong các ứng dụng của thiết bị nhớ trên xe. Dây hàn hợp kim Ag dùng cho thiết bị bán dẫn theo sáng chế chứa một hoặc nhiều nguyên tố trong số In và Ga với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 110 ppm và nhỏ hơn 500 ppm, và một hoặc nhiều nguyên tố trong số Pd và Pt với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 150 ppm và nhỏ hơn 12000 ppm, và lượng còn lại bao gồm Ag và các tạp chất không tránh khỏi.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến dây hàn hợp kim Ag dùng cho thiết bị bán dẫn được sử dụng để nối điện cực trên linh kiện bán dẫn và bảng mạch như dây dẫn bên ngoài.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hiện nay, để làm dây hàn cho thiết bị bán dẫn để hàn điện cực trên linh kiện bán dẫn và dây dẫn bên ngoài, dây mảnh có đường kính dây khoảng 15 đến 50 μm chủ yếu được sử dụng. Phương pháp hàn dây hàn thường là phương pháp hàn bằng nhiệt sóng âm, và thiết bị hàn đa năng, đồ gá mao quản để nối dây hàn bằng cách cho dây hàn đi qua nó và v.v... được sử dụng. Phương pháp hàn dây hàn là như sau. Trước hết, đầu dây được nung nóng và làm nóng chảy bằng nhiệt được đưa vào bằng cách gia nhiệt hồ quang để tạo thành đầu tròn, và sau đó phần đầu tròn này được hàn (sau đây, được gọi là hàn tròn) vào điện cực của linh kiện bán dẫn được nung nóng trong khoảng nhiệt độ bằng hoặc lớn hơn 150°C và nhỏ hơn 300°C . Tiếp theo, sau khi vòng được tạo ra, phần dây được hàn (sau đây, được gọi là hàn dẹt) với điện cực ở phía dây dẫn bên ngoài để hoàn thành quá trình hàn. Các điện cực trong đó màng hợp kim chủ yếu bao gồm Al được tạo ra trên nền Si thường được sử dụng cho các điện cực trên linh kiện bán dẫn mà dây hàn được hàn với và điện cực mạ Ag thường được sử dụng đối với các điện cực ở phía dây dẫn bên ngoài.

Các bộ phận điện tử (sau đây, được gọi là thiết bị bán dẫn) sử dụng chất bán dẫn được sử dụng trong một phạm vi rộng các sản phẩm từ các ứng dụng tiêu dùng như điện thoại thông minh và máy tính cá nhân đến các ứng dụng trên xe như các bộ phận điều khiển điện tử cho xe ô tô và các hệ thống định vị ô tô. Việc sử dụng các thiết bị bán dẫn trên xe được cho là gia tăng trong tương lai cùng với sự phát triển của công nghệ lái xe tự động và tương tự.

Thiết bị nhớ trên xe là một trong số các thiết bị bán dẫn trên xe mà việc sử dụng chúng được cho là gia tăng trong tương lai. Với sự phát triển của thiết bị nhớ trên xe, việc kéo dài tuổi thọ của thiết bị để chịu được điều kiện sử dụng chủ yếu trong các môi trường khắc nghiệt và việc tăng dung lượng lưu trữ đã được thúc đẩy. Ngoài ra, trong

quá trình phát triển dây hàn, cần phát triển công nghệ để đáp ứng các yêu cầu này.

Dây hàn cần thỏa mãn tính năng như khả năng tạo hình tròn, khả năng hàn tròn, khả năng hàn dẹt, và khả năng tạo vòng. Ngoài ra, cần tạo ra tính năng cần thiết phụ thuộc vào các ứng dụng của dây hàn.

Trong thiết bị nhớ trên xe, việc cải tiến chi tiết nối bao gồm nhựa bịt kín và dây hàn tạo thành thiết bị nhớ đã được phát triển để kéo dài tuổi thọ. Để làm phương pháp đánh giá gia tốc tuổi thọ của thiết bị bán dẫn, thử nghiệm bảo quản ở nhiệt độ cao, thử nghiệm ở độ ẩm cao nhiệt độ cao, thử nghiệm chu trình nhiệt, và tương tự thường được thực hiện. Khi các ứng dụng trên xe được giả định, cụ thể, tuổi thọ trong thử nghiệm bảo quản ở nhiệt độ cao (sau đây, được gọi là tuổi thọ ở nhiệt độ cao) là cần bằng khoảng thời gian được xác định trước hoặc lâu hơn. Đối với các ứng dụng tiêu dùng, tuổi thọ khoảng 500 giờ thường là cần thiết trong môi trường có nhiệt độ nằm trong khoảng từ 130 đến 150°C, trong khi đối với các ứng dụng trên xe, tuổi thọ ở nhiệt độ cao 220°C và thời gian bằng hoặc lớn hơn 600 giờ là cần thiết. Trong thử nghiệm bảo quản ở nhiệt độ cao, sự phá hủy vùng hàn tròn thường trở thành vấn đề. Do đó, dây hàn cần giải quyết các vấn đề này và cải thiện tuổi thọ ở nhiệt độ cao.

Trong thiết bị nhớ trên xe, việc làm giảm độ dày và tạo cấu trúc nhiều lớp chip nhớ đã được thúc đẩy để làm tăng dung lượng. Trong thiết bị nhớ bao gồm các chip nhớ được xếp chồng theo nhiều tầng, độ dày cho một chip nhớ được giảm đi, và số lượng các chip nhớ xếp chồng được tăng lên, nhờ đó đạt được dung lượng cao. Độ dày của chip nhớ được sử dụng hiện nay chủ yếu nằm trong khoảng từ 30 đến 50 μm , và được cho là giảm đến mức bằng hoặc nhỏ hơn 20 μm trong tương lai. Dây hàn cần có ổn định độ bền mối hàn tốt ngay cả khi mối hàn tròn được thực hiện trên điện cực đối với chip nhớ rất mỏng này.

Để làm dây hàn thỏa mãn hoàn toàn các tính năng yêu cầu này, dây sử dụng Au (sau đây, được gọi là dây Au) được cho là đầy hứa hẹn. Tuy nhiên, do Au là đắt tiền, vật liệu thay thế đối với vật liệu rẻ tiền là mong muốn. Để làm dây hàn sử dụng vật liệu rẻ tiền, ví dụ, dây sử dụng Cu hoặc dây sử dụng Ag (sau đây, được gọi là dây Ag) được bộc lộ.

PTL 1 bộc lộ ví dụ về dây hàn bao gồm vật liệu lõi và lớp phủ (phân bao quanh

bên ngoài), trong đó Cu được sử dụng cho vật liệu lõi và Pd được sử dụng cho lớp phủ. Trong trường hợp sử dụng kỹ thuật này, do Cu và Pd là cứng hơn Au, chip nhớ có thể bị hư hỏng khi mỗi hàn tròn được thực hiện, và tính năng cần thiết đối với thiết bị nhớ trên xe không thể được thỏa mãn.

Ag có điện trở thấp và có độ mềm tương đương với độ mềm của Au, và do đó được cho là thích hợp để làm vật liệu dây hàn cho thiết bị nhớ. Tuy nhiên, khi Ag được sử dụng làm vật liệu của dây hàn, có vấn đề là khó kéo dài tuổi thọ ở nhiệt độ cao. Để làm kỹ thuật để kéo dài tuổi thọ ở nhiệt độ cao, kỹ thuật bổ sung nguyên tố tạo hợp kim vào dây hàn chủ yếu bao gồm Ag được bộc lộ.

PTL 2 bộc lộ dây hàn chứa một hoặc nhiều nguyên tố trong số Pt, Pd, Cu, Ru, Os, Rh, và Ir với tổng lượng nằm trong khoảng từ 0,1 đến 10% trọng lượng, trong đó Pt được chứa với lượng bằng hoặc nhỏ hơn 10% trọng lượng, Pd được chứa với lượng bằng hoặc nhỏ hơn 10% trọng lượng, Cu được chứa với lượng bằng hoặc nhỏ hơn 5% trọng lượng, Ru được chứa với lượng bằng hoặc nhỏ hơn 1% trọng lượng, Os được chứa với lượng bằng hoặc nhỏ hơn 1% trọng lượng, Rh được chứa với lượng bằng hoặc nhỏ hơn 1% trọng lượng, Ir được chứa với lượng bằng hoặc nhỏ hơn 1% trọng lượng, và lượng còn lại bao gồm Ag và các tạp chất không tránh khỏi. Kỹ thuật này bộc lộ rằng sự tăng điện trở của mạch bao gồm vùng hàn tròn, vùng hàn dây, dây, và dây dẫn có thể được ngăn chặn trong thử nghiệm bảo quản ở nhiệt độ cao ở 200°C.

Danh mục tài liệu viện dẫn

Các tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn quốc tế số WO 02/23618

Tài liệu sáng chế 2: JP 11-288962 A

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Các dây hàn được sử dụng trong các thiết bị nhớ trên xe cần thỏa mãn các đặc tính cơ bản như tính dẫn điện, khả năng tạo hình tròn, khả năng hàn dẹt, và khả năng tạo vòng, cũng như đạt được tác dụng kéo dài tuổi thọ ở nhiệt độ cao, việc làm giảm tình trạng hư hỏng chip khi mỗi hàn tròn được thực hiện đối với điện cực trên chip nhớ, và

độ bền mỗi hàn tròn tốt.

Các thiết bị nhớ trên xe cần có tuổi thọ ở nhiệt độ cao bằng hoặc lớn hơn 600 giờ trong thử nghiệm bảo quản ở nhiệt độ cao ở 220°C. Khi dây Ag sử dụng Ag tinh khiết (độ tinh khiết của Ag: bằng hoặc lớn hơn 99,99% trọng lượng) làm nguyên liệu được sử dụng, tính năng cần thiết không được thỏa mãn. Điều này là do đầu tròn bị bong ra khỏi điện cực hợp kim Al ở vùng hàn tròn, và sự nổi điện bị mất. Theo kết quả phân tích mặt phân cách của mỗi hàn của vùng hàn tròn bằng kính hiển vi điện tử quét để làm rõ vị trí mà trong đó sự bong xảy ra, hợp chất liên kim loại trên cơ sở Ag-Al được tạo ra ở mặt phân cách mỗi hàn của vùng hàn tròn. Hợp chất liên kim loại trên cơ sở Ag-Al là Ag_3Al (pha μ) và Ag_2Al (pha ζ), và sự bong xảy ra ở mặt phân cách giữa đầu tròn và Ag_3Al .

Khi mỗi hàn tròn được thực hiện, Ag và Al được khuếch tán ở mặt phân cách của mỗi hàn giữa đầu tròn Ag và điện cực hợp kim Al, và Ag_2Al chủ yếu được tạo ra. Khi thử nghiệm bảo quản ở nhiệt độ cao được thực hiện, sự khuếch tán của Ag và Al xảy ra ở giai đoạn đầu, và Ag_2Al phát triển. Ngoài ra, khi thử nghiệm bảo quản ở nhiệt độ cao được tiếp tục, toàn bộ điện cực hợp kim Al cuối cùng bị tiêu thụ để phát triển hợp chất liên kim loại trên cơ sở Ag-Al. Sau đó, sự khuếch tán của Al từ điện cực hợp kim Al đến hợp chất liên kim loại trên cơ sở Ag-Al không xảy ra, và sự khuếch tán Ag đến hợp chất liên kim loại trên cơ sở Ag-Al chủ yếu xảy ra. Tiếp đó, sự thay đổi pha từ Ag_2Al thành Ag_3Al xảy ra, và Ag_3Al phát triển. Khi nhiệt độ của thử nghiệm bảo quản ở nhiệt độ cao tăng lên, tốc độ phát triển của hợp chất liên kim loại trên cơ sở Ag-Al tăng lên, và thời gian cần thiết cho đến khi toàn bộ điện cực hợp kim Al được tiêu thụ giảm đi. Do tốc độ khuếch tán là cao dưới điều kiện nhiệt độ cao khắc nghiệt như 220°C, Ag_3Al có lẽ phát triển ở giai đoạn đầu, dẫn đến sự bong trong thời gian tương đối ngắn.

Trong trường hợp sử dụng kỹ thuật được bộc lộ trong PTL 2, mặc dù sự cải thiện tuổi thọ ở nhiệt độ cao được quan sát trong thử nghiệm bảo quản ở nhiệt độ cao ở 220°C, đầu tròn bị bong ra khỏi điện cực ở vùng hàn tròn trước khi hết thời gian 600 giờ, và tính năng cần thiết đối với thiết bị nhớ trên xe không được thỏa mãn đủ.

Thiết bị nhớ trên xe cần có độ bền mỗi hàn tốt ở vùng hàn tròn trong khi làm giảm sự hư hỏng chip khi mỗi hàn tròn được thực hiện đối với điện cực trên chip nhớ.

Thông thường, do màng Al oxit tồn tại trên bề mặt của điện cực hợp kim Al, màng Al oxit này ức chế sự khuếch tán của Ag và Al, và độ bền mối hàn đủ có thể không thu được. Do đó, để thu được độ bền mối hàn tốt trong mối hàn tròn, cần phá vỡ màng Al oxit tồn tại trên bề mặt của điện cực hợp kim Al trong quá trình hàn tròn để khuếch tán Ag và Al.

Khi đầu tròn là quá mềm, cần đặt công suất siêu âm và tải ở thời điểm thực hiện mối hàn tròn ở mức cao để phá vỡ màng Al oxit trên bề mặt của điện cực hợp kim Al. Tiếp đó, lực mạnh được tác dụng vào chip, và chip có thể bị hư hỏng. Mặt khác, khi đầu tròn là quá cứng, đầu tròn này không bị biến dạng đủ bằng siêu âm và tải trọng tác dụng trong quá trình hàn tròn, và chip có thể bị hư hỏng.

Để giải quyết vấn đề hư hỏng chip, cách hiệu quả là thực hiện việc hàn bằng cách thiết lập công suất và tải siêu âm trong quá trình hàn tròn ở mức thấp. Tuy nhiên, khi công suất siêu âm và tải được thiết lập ở mức thấp, màng Al oxit trên bề mặt của điện cực hợp kim Al không được phá vỡ đủ, làm cho khó thu được độ bền mối hàn tốt trong vùng hàn tròn. Từ điều nêu trên, dây được sử dụng trong thiết bị nhớ trên xe cần đạt được cả độ bền mối hàn tốt trong vùng hàn tròn và giảm sự hư hỏng chip.

Trong thiết bị nhớ trên xe, việc đóng gói mật độ cao được phát triển cùng với chức năng cao. Cùng với việc đóng gói mật độ cao, độ thẳng cao của vòng khi vòng này được tạo ra trên một khoảng cách dài là cần thiết. Sau đây, vòng được tạo ra với khoảng cách dài được gọi là vòng có khoảng cách dài. Khi đóng gói mật độ cao, khoảng cách giữa các vòng trở nên hẹp, và ngay cả khi các vòng hơi võng xuống, các vòng này tiếp xúc với nhau, gây ra hiện tượng ngắn mạch. Khi hàn dây hàn, thông thường để tạo thành vòng có khoảng cách ngắn và vòng có khoảng cách dài bằng cách sử dụng cùng một dây. Cụ thể, khi vòng có khoảng cách dài được tạo ra, vòng này dễ dàng rơi xuống. Do đó, ngay cả khi vòng có khoảng cách dài được tạo ra, dây hàn cần tạo ra một cách ổn định vòng có độ thẳng cao.

Cùng với việc đóng gói mật độ cao, việc cải thiện tính năng cấp dây cũng là cần thiết. Khi dây được làm mảnh cùng với việc đóng gói mật độ cao, dây có thể được làm mảnh cục bộ do lực kéo tác dụng theo hướng trục của dây trong khi cấp dây. Khi dây được làm mảnh cục bộ trong phần vòng, vòng này có thể bị cong một phần. Do đó, dây

hàn cần ngăn chặn sự biến dạng của dây trong khi cấp dây.

Ngoài ra, khi việc đóng gói mật độ cao được thực hiện, diện tích của điện cực trên chip nhớ giảm đi, để sự làm mảnh dây hàn xảy ra. Vấn đề gây bởi việc làm mảnh dây hàn là độ ổn định của mức độ biến dạng của dây trong quá trình hàn dẹt. Khi dây trở nên mảnh hơn, diện tích hàn của vùng hàn dẹt giảm đi, làm cho khó thu được độ bền mỗi hàn. Khi sự thay đổi mức độ biến dạng dây trong quá trình hàn dẹt tăng lên, trong trường hợp trong đó mức độ biến dạng giảm đột ngột, độ bền mỗi hàn là không đủ trong vùng hàn dẹt, gây ra sự bong của dây khỏi điện cực. Do đó, dây hàn cần làm giảm sự thay đổi mức độ biến dạng của dây trong quá trình hàn dẹt để thu được một cách ổn định độ bền mỗi hàn tốt.

Như được mô tả ở trên, trong dây được sử dụng cho thiết bị nhớ trên xe, cần kéo dài tuổi thọ ở nhiệt độ cao, làm giảm tình trạng hư hỏng chip trong quá trình hàn tròn, và cải thiện các đặc tính như độ bền mỗi hàn tròn.

Mục đích của sáng chế là đề xuất dây hàn hợp kim Ag dùng cho thiết bị bán dẫn có thể kéo dài tuổi thọ ở nhiệt độ cao của dây, làm giảm tình trạng hư hỏng chip trong quá trình hàn tròn, và cải thiện các đặc tính như độ bền mỗi hàn tròn trong các ứng dụng của thiết bị nhớ trên xe.

Giải pháp cho vấn đề

Dây hàn hợp kim Ag dùng cho thiết bị bán dẫn theo sáng chế chứa một hoặc nhiều nguyên tố trong số In và Ga với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 110 ppm và nhỏ hơn 500 ppm, và một hoặc nhiều nguyên tố trong số Pd và Pt với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 150 ppm và nhỏ hơn 12000 ppm, và lượng còn lại bao gồm Ag và các tạp chất không tránh khỏi.

Các hiệu quả có lợi của sáng chế

Theo sáng chế, có thể kéo dài tuổi thọ ở nhiệt độ cao của dây, làm giảm tình trạng hư hỏng chip trong quá trình hàn tròn, và cải thiện các đặc tính như độ bền mỗi hàn tròn trong các ứng dụng của thiết bị nhớ trên xe.

Mô tả chi tiết sáng chế

Cấu hình của dây hàn

Theo sáng chế, đã đề xuất dây hàn hợp kim Ag dùng cho thiết bị bán dẫn chứa một hoặc nhiều nguyên tố trong số In và Ga với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 110 ppm và nhỏ hơn 500 ppm, và một hoặc nhiều nguyên tố trong số Pd và Pt với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 150 ppm và nhỏ hơn 12000 ppm, và lượng còn lại bao gồm Ag và các tạp chất không tránh khỏi. Sau đây, dây hàn hợp kim Ag dùng cho thiết bị bán dẫn còn được gọi đơn giản là dây hàn.

Hiệu quả đối với tuổi thọ ở nhiệt độ cao

Hiệu quả của dây hàn theo phương án này đối với tuổi thọ ở nhiệt độ cao sẽ được mô tả.

Để cải thiện tuổi thọ ở nhiệt độ cao trong thử nghiệm bảo quản ở nhiệt độ cao ở 220°C, cách hiệu quả là làm giảm tốc độ phát triển của hợp chất liên kim loại trên cơ sở Ag-Al. Theo kết quả của các nghiên cứu chuyên sâu, các tác giả sáng chế đã phát hiện được rằng khi dây hàn chứa một hoặc nhiều nguyên tố trong số In và Ga với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 110 ppm và nhỏ hơn 500 ppm và một hoặc nhiều nguyên tố trong số Pd và Pt với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 150 ppm và nhỏ hơn 12000 ppm, đầu tròn không bị bong ra khỏi điện cực ở vùng hàn tròn ngay cả sau khi thử nghiệm bảo quản ở nhiệt độ cao ở 220°C trong thời gian bằng hoặc lớn hơn 600 giờ, và trạng thái liên kết tốt có thể được duy trì. Theo kết quả quan sát mặt cắt ngang của vùng hàn tròn bằng cách sử dụng kính hiển vi điện tử quét đối với mẫu này sau khi thử nghiệm bảo quản ở nhiệt độ cao ở 220°C trong thời gian bằng hoặc lớn hơn 600 giờ, sự phát triển của hợp chất liên kim loại trên cơ sở Ag-Al chứa Ag_3Al được ngăn chặn đáng kể.

Tốc độ phát triển của hợp chất liên kim loại trên cơ sở Ag-Al được kiểm soát bởi sự khuếch tán của Ag và Al. Ở đây, khi In và Ga được định nghĩa là nhóm nguyên tố thứ nhất, và Pd và Pt được định nghĩa là nhóm nguyên tố thứ hai, lớp hợp kim chứa nhóm nguyên tố thứ nhất và nhóm nguyên tố thứ hai đã được tạo ra ở mặt phân cách của mối hàn Ag-Al trong giai đoạn đầu của thử nghiệm bảo quản ở nhiệt độ cao. Nồng độ của nhóm nguyên tố thứ nhất và nhóm nguyên tố thứ hai chứa trong lớp hợp kim có xu hướng cao hơn nồng độ của chúng chứa trong dây. Lý do của việc trong dây hàn theo phương án này, tốc độ phát triển của hợp chất liên kim loại trên cơ sở Ag-Al được giảm đi trong thử nghiệm bảo quản ở nhiệt độ cao ở 220°C được cho là lớp hợp kim chứa

nhóm nguyên tố thứ nhất và nhóm nguyên tố thứ hai ngăn chặn một cách hiệu quả sự khuếch tán lẫn nhau của Ag và Al.

Khi tổng nồng độ của một hoặc nhiều nguyên tố trong số In và Ga chứa trong dây hàn là nhỏ hơn 110 ppm, hoặc khi tổng nồng độ của một hoặc nhiều nguyên tố trong số Pd và Pt chứa trong dây hàn là nhỏ hơn 150 ppm, đầu tròn bị bong ra khỏi điện cực trong vùng hàn tròn trong thời gian dưới 600 giờ trong thử nghiệm ở nhiệt độ cao ở 220°C. Điều này được cho là do tác dụng làm giảm tốc độ phát triển của hợp chất liên kim loại trên cơ sở Ag-Al là không đủ do tổng nồng độ thấp của một hoặc nhiều nguyên tố trong số In và Ga hoặc tổng nồng độ thấp của một hoặc nhiều nguyên tố trong số Pd và Pt.

Khi tổng nồng độ của một hoặc nhiều nguyên tố trong số In và Ga chứa trong dây hàn là bằng hoặc lớn hơn 500 ppm, hoặc tổng nồng độ của một hoặc nhiều nguyên tố trong số Pd và Pt chứa trong dây hàn là 12000 ppm hoặc lớn hơn, tần suất xuất hiện tình trạng hư hỏng chip tăng lên, và do đó sự bong đầu tròn khỏi điện cực xảy ra trước khi thử nghiệm bảo quản ở nhiệt độ cao. Do đó, đã xác định được rằng khó sử dụng thực tế ở giai đoạn hàn tròn.

Hiệu quả đối với việc làm giảm tình trạng hư hỏng chip

Hiệu quả của dây hàn theo phương án này đối với việc làm giảm tình trạng hư hỏng chip sẽ được mô tả.

Để làm giảm tình trạng hư hỏng chip, cách hiệu quả là kiểm soát độ cứng và khả năng biến dạng của đầu tròn trong phạm vi thích hợp. Theo kết quả của các nghiên cứu chuyên sâu bởi các tác giả sáng chế, các tác giả sáng chế đã phát hiện được rằng tình trạng hư hỏng chip có thể được giảm đi bằng cách chứa một hoặc nhiều nguyên tố trong số In và Ga với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 110 ppm và nhỏ hơn 500 ppm và một hoặc nhiều nguyên tố trong số Pd và Pt với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 150 ppm và nhỏ hơn 12000 ppm.

Điều này được cho là do, theo kết quả của tác dụng hiệp đồng của In, Ga, Pd, và Pt, tác dụng làm mịn hạt tinh thể tạo thành đầu tròn và tác dụng làm tăng nồng độ của dung dịch rắn có thể được sử dụng, và do đó độ cứng và khả năng biến dạng của đầu tròn có thể được kiểm soát trong phạm vi thích hợp.

Khi tổng nồng độ của một hoặc nhiều nguyên tố trong số In và Ga chứa trong dây hàn là nhỏ hơn 110 ppm, hoặc khi tổng nồng độ của một hoặc nhiều nguyên tố trong số Pd và Pt chứa trong dây hàn là nhỏ hơn 150 ppm, độ bền mối hàn tròn là không đủ. Điều này được cho là do đầu tròn là quá mềm và Al oxit trên bề mặt của điện cực hợp kim Al được pha vỡ không đủ trong quá trình hàn tròn.

Khi tổng nồng độ của một hoặc nhiều nguyên tố trong số In và Ga chứa trong dây hàn là bằng hoặc lớn hơn 500 ppm, hoặc khi tổng nồng độ của một hoặc nhiều nguyên tố trong số Pd và Pt chứa trong dây hàn là 12000 ppm, tần suất xuất hiện tình trạng hư hỏng chip tăng lên. Điều này được cho là do đầu tròn trở nên quá cứng.

Cải thiện các đặc tính của dây hàn

Từ điều nêu trên, các tác giả sáng chế đã phát hiện được rằng cách hiệu quả là chứa một hoặc nhiều nguyên tố trong số In và Ga với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 110 ppm và nhỏ hơn 500 ppm, và một hoặc nhiều nguyên tố trong số Pd và Pt với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 150 ppm và nhỏ hơn 12000 ppm để đồng thời đạt được tác dụng kéo dài tuổi thọ ở nhiệt độ cao, làm giảm tình trạng hư hỏng chip, và độ bền mối hàn tròn tốt cần thiết đối với thiết bị nhớ trên xe.

Ngoài ra, các tác giả sáng chế đã phát hiện được rằng khoảng tổng nồng độ ưu tiên của In và Ga là bằng hoặc lớn hơn 400 ppm và nhỏ hơn 500 ppm, và khoảng tổng nồng độ ưu tiên của Pd và Pt là bằng hoặc lớn hơn 7000 ppm và nhỏ hơn 12000 ppm. Điều này là do tác dụng kéo dài tuổi thọ ở nhiệt độ cao cần thiết đối với thiết bị nhớ trên xe là đặc biệt tốt. Điều này được cho là do tác dụng ngăn chặn sự phát triển của hợp chất liên kim loại trên cơ sở Ag-Al chứa Ag_3Al đã đạt được rõ rệt bằng cách thiết lập nồng độ của In và Ga ở các khoảng ưu tiên và thiết lập nồng độ của Pd và Pt ở các khoảng ưu tiên.

Dây hàn theo phương án này được phát hiện là có thể đồng thời thỏa mãn tính năng và sự giảm chi phí cần thiết đối với thiết bị nhớ trên xe, và là dây thay thế cho dây Au.

Phương pháp phân tích nồng độ

Để phân tích nồng độ của các nguyên tố chứa trong dây hàn, máy phân tích phổ

phát xạ plasma kết hợp cảm ứng (inductively coupled plasma: ICP) hoặc phổ kế khối lượng ICP có thể được sử dụng. Khi các nguyên tố có nguồn gốc từ các chất nhiễm bẩn, như oxy và cacbon được hấp phụ trên bề mặt của dây hàn, bước làm sạch bằng axit có thể được thực hiện trước khi phân tích.

Sự định hướng tinh thể của bề mặt dây

Trong dây hàn theo phương án này, theo kết quả xác định thêm sự định hướng tinh thể của bề mặt dây của dây hàn, tỷ lệ độ phong phú của sự định hướng tinh thể $\langle 100 \rangle$ có hiệu số góc bằng hoặc nhỏ hơn 15 độ so với hướng trục của dây của dây hàn là bằng hoặc lớn hơn 60% và bằng hoặc nhỏ hơn 100%, tính theo tỷ lệ phần trăm diện tích, nhờ đó độ thẳng của vòng khi vòng có khoảng cách dài được tạo ra có thể được cải thiện.

Độ thẳng của vòng

Để cải thiện độ thẳng của vòng khi vòng có khoảng cách dài được tạo ra, cách hiệu quả là kiểm soát sự định hướng tinh thể của phần vòng so với hướng trục của dây. Theo kết quả của các nghiên cứu chuyên sâu bởi các tác giả sáng chế, các tác giả sáng chế đã phát hiện được rằng, theo kết quả xác định sự định hướng tinh thể của bề mặt dây của dây hàn, khi tỷ lệ độ phong phú của sự định hướng tinh thể $\langle 100 \rangle$ có hiệu số góc bằng hoặc nhỏ hơn 15 độ so với hướng trục của dây của dây hàn là bằng hoặc lớn hơn 60% và bằng hoặc nhỏ hơn 100%, tính theo tỷ lệ phần trăm diện tích, độ thẳng của vòng khi vòng có khoảng cách dài được tạo ra được cải thiện. Ở đây, trục của dây là trục đi qua tâm của dây hàn và song song với chiều dọc của dây.

Lý do của việc độ thẳng của vòng khi vòng có khoảng cách dài được tạo ra được cải thiện được cho là tác dụng làm tăng ứng suất chảy theo hướng trục của dây của dây nhờ chứa một hoặc nhiều nguyên tố trong số In và Ga và một hoặc nhiều nguyên tố trong số Pd và Pt trong các khoảng nồng độ nêu trên và tác dụng làm tăng ứng suất chảy theo hướng trục của dây bằng cách tăng sự định hướng của sự định hướng tinh thể theo hướng trục của dây tác dụng theo cách hiệp đồng.

Phương pháp xác định sự định hướng tinh thể

Phương pháp xác định sự định hướng tinh thể của bề mặt dây hàn theo sáng chế

sẽ được mô tả. Theo sáng chế, sự định hướng tinh thể của bề mặt dây được định nghĩa là sự định hướng tinh thể của Ag và phân hợp kim chủ yếu bao gồm Ag tồn tại trên bề mặt dây. Để xác định sự định hướng tinh thể của bề mặt dây, phương pháp nhiễu xạ tán xạ ngược (electron backscattered diffraction, EBSD) có thể được sử dụng. Thiết bị được sử dụng cho phương pháp EBSD bao gồm kính hiển vi điện tử quét và bộ phát hiện được bố trí trong kính hiển vi điện tử quét. Phương pháp EBSD là phương pháp xác định sự định hướng tinh thể của mỗi điểm đo bằng cách chiếu mẫu nhiễu xạ bằng các electron phản xạ được tạo ra khi mẫu được chiếu chùm electron trên bề mặt bộ phát hiện và phân tích mẫu nhiễu xạ này. Chương trình phần mềm chuyên dụng (phân tích OIM, được sản xuất bởi TSL solutions, etc.) có thể được sử dụng để phân tích dữ liệu thu được bằng phương pháp EBSD. Theo phương án này, dây hàn được cố định với giá mẫu, và bề mặt dây được chiếu chùm electron từ một hướng để thu được dữ liệu định hướng tinh thể. Bằng cách sử dụng phương pháp này, sự định hướng tinh thể so với hướng trục của dây trong số các sự định hướng tinh thể của bề mặt dây có thể được xác định.

Theo sáng chế, tỷ lệ phần trăm diện tích trung bình được sử dụng làm giá trị của tỷ lệ độ phong phú của sự định hướng tinh thể cụ thể. Ở đây, tỷ lệ độ phong phú là tỷ lệ phần trăm diện tích của vùng có sự định hướng tinh thể cụ thể đối với vùng đo. Tỷ lệ phần trăm diện tích trung bình là trung bình cộng của các giá trị tương ứng của các tỷ lệ độ phong phú thu được bằng cách đo trong ít nhất năm hoặc nhiều vùng đo bằng phương pháp EBSD. Khi chọn vùng đo, tốt hơn là đảm bảo tính khách quan của các dữ liệu đo. Để làm phương pháp đo, tốt hơn là thu mẫu để đo từ dây hàn cần đo ở khoảng cách bằng hoặc lớn hơn 3m và nhỏ hơn 5m so với hướng trục của dây, và sử dụng mẫu này để đo. Trong mỗi vùng đo, chiều dài theo hướng chu vi tốt hơn là bằng hoặc nhỏ hơn 25% đường kính của dây, và chiều dài theo hướng trục của dây tốt hơn là bằng hoặc lớn hơn 40 μm và nhỏ hơn 100 μm trên ảnh của kính hiển vi điện tử quét.

Cỡ hạt trung bình và tính năng cấp dây

Trong dây hàn theo phương án này, khi cỡ hạt trung bình trong mặt cắt ngang theo hướng vuông góc với trục của dây là bằng hoặc lớn hơn 0,1 μm và nhỏ hơn 3,1 μm , tính năng cấp dây có thể được cải thiện.

Khi dây hàn được liên kết, dây được cấp từng ít một từ trạng thái được cuộn

quanh đồ gá hình trụ được gọi là ống chỉ. Do ứng suất kéo tác dụng vào dây trong khi cấp dây, dây có thể bị biến dạng, dẫn đến đường kính của dây giảm đi. Để ngăn hiện tượng này, cần kiểm soát thích hợp các đặc tính cơ học đối với hướng vuông góc với trục của dây.

Theo kết quả của các nghiên cứu chuyên sâu bởi các tác giả sáng chế, các tác giả sáng chế đã phát hiện được rằng khi cỡ hạt trung bình trong mặt cắt ngang của dây hàn theo hướng vuông góc với trục của dây là bằng hoặc lớn hơn 0,1 μm và nhỏ hơn 3,1 μm , tính năng cấp dây cao có thể thu được.

Điều này được cho là do tác dụng làm tăng ứng suất chảy theo hướng vuông góc với trục của dây nhờ việc chứa một hoặc nhiều nguyên tố trong số In và Ga với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 110 ppm và nhỏ hơn 500 ppm và một hoặc nhiều nguyên tố trong số Pd và Pt với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 150 ppm và nhỏ hơn 12000 ppm và tác dụng làm tăng ứng suất chảy theo hướng vuông góc với trục của dây bằng cách kiểm soát cỡ hạt trung bình trong mặt cắt ngang theo hướng vuông góc với trục của dây tới phạm vi thích hợp tác dụng theo cách hiệp đồng.

Phương pháp bộc lộ mặt cắt ngang của dây và phương pháp xác định cỡ hạt trung bình

Để làm phương pháp bộc lộ mặt cắt ngang của dây, ví dụ, phương pháp đánh bóng cơ học, phương pháp khắc ăn mòn ion, hoặc tương tự có thể được sử dụng. Để làm phương pháp xác định cỡ hạt trung bình, phương pháp EBSD có thể được sử dụng. Trong phương pháp EBSD, sự định hướng sai của tinh thể giữa các điểm đo liên kế đã thu được. Do đó, ranh giới hạt có thể được xác định. Ranh giới hạt có sự định hướng sai bằng hoặc lớn hơn 15 được xác định là ranh giới hạt có góc lớn, và vùng được bao quanh bởi ranh giới hạt có góc lớn được xác định là một hạt tinh thể. Cỡ hạt được tính dưới dạng đường kính, khi giả sử rằng diện tích được tính bằng cách sử dụng chương trình phần mềm phân tích chuyên dụng thuộc về hình tròn. Khi chọn vùng đo, tốt hơn là đảm bảo tính khách quan của các dữ liệu đo. Để làm phương pháp đo, tốt hơn là thu mẫu để đo từ dây hàn để đo ở khoảng cách bằng hoặc lớn hơn 1m và nhỏ hơn 3m so với hướng trục của dây, và sử dụng mẫu này để đo. Giá trị của cỡ hạt là trung bình cộng của các giá trị đo được trong ba vùng đo. Vùng đo tốt hơn là vùng bao gồm toàn bộ mặt cắt ngang.

Sự thay đổi mức độ biến dạng của dây trong mỗi hàn dẹt

Khi dây hàn theo phương án này còn chứa một hoặc nhiều trong số B, P, Ca, Cu, và Zr với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 15 ppm và nhỏ hơn 450 ppm, sự thay đổi mức độ biến dạng dây trong mỗi hàn dẹt có thể giảm đi.

Để làm giảm sự thay đổi mức độ biến dạng dây trong mỗi hàn dẹt, cách hiệu quả là làm giảm sự thay đổi các đặc tính cơ học theo hướng trục của dây. Theo kết quả của các nghiên cứu chuyên sâu bởi các tác giả sáng chế, các tác giả sáng chế đã phát hiện được rằng khi dây hàn còn chứa một hoặc nhiều nguyên tố trong số B, P, Ca, Cu, và Zr với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 15 ppm và nhỏ hơn 450 ppm, sự thay đổi mức độ biến dạng dây trong mỗi hàn dẹt có thể giảm đi.

Điều này được cho là do tác dụng làm tăng ứng suất chảy theo hướng trục của dây do chứa một hoặc nhiều nguyên tố trong số In và Ga với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 110 ppm và nhỏ hơn 500 ppm và một hoặc nhiều nguyên tố trong số Pd và Pt với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 150 ppm và nhỏ hơn 12000 ppm và tác dụng làm tăng ứng suất chảy của dây theo hướng trục của dây chủ yếu thông qua việc làm tăng nồng độ của dung dịch rắn nhờ chứa một hoặc nhiều nguyên tố trong số B, P, Ca, Cu, và Zr với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 15 ppm và nhỏ hơn 450 ppm tác dụng theo cách hiệp đồng. Do sự ảnh hưởng bên trong dây được cho là lớn hơn so với sự ảnh hưởng của bề mặt dây đối với sự thay đổi mức độ biến dạng dây trong mỗi hàn dẹt, việc bổ sung các nguyên tố bổ sung đã mô tả ở trên là hiệu quả.

Như được mô tả ở trên, bằng cách thiết lập tổng nồng độ của một hoặc nhiều nguyên tố trong số B, P, Ca, Cu, và Zr ở mức bằng hoặc lớn hơn 15 ppm và nhỏ hơn 450 ppm, đã có tác dụng làm tăng ứng suất chảy theo hướng trục của dây, và sự thay đổi mức độ biến dạng dây trong mỗi hàn dẹt có thể giảm đi. Tuy nhiên, ngay cả khi dây hàn chứa một hoặc nhiều nguyên tố trong số B, P, Ca, Cu, và Zr với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 8 ppm và nhỏ hơn 15 ppm, đã khẳng định được rằng không có vấn đề khi sử dụng thực tế với sự thay đổi mức độ biến dạng dây trong mỗi hàn dẹt khi dây hàn chứa một hoặc nhiều nguyên tố trong số In và Ga và một hoặc nhiều nguyên tố trong số Pd và Pt trong các khoảng nồng độ nêu trên.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tạo ra dây hàn

Phương pháp tạo ra dây hàn theo các ví dụ của sáng chế sẽ được mô tả. Khi Ag là nguyên liệu, Ag có độ tinh khiết bằng hoặc lớn hơn 99,9 at.% với lượng còn lại bao gồm các tạp chất không tránh khỏi được sử dụng. Để làm In, Ga, Pd, Pt, B, P, Ca, Cu, và Zr, nguyên tố có độ tinh khiết bằng hoặc lớn hơn 99,9 at.% với lượng còn lại bao gồm các tạp chất không tránh khỏi được sử dụng. Hợp kim Ag được sử dụng cho dây hàn được tạo ra bằng cách nạp nguyên liệu Ag và nguyên liệu cần tạo hợp kim vào rãnh có đường kính bằng hoặc lớn hơn 3mm và nhỏ hơn 6mm được xử lý trong chén nung cacbon và làm nóng chảy nguyên liệu này bằng cách sử dụng lò gia nhiệt cao tần. Môi trường trong lò trong quá trình nóng chảy là môi trường khí Ar. Nhiệt độ tối đa trong quá trình nóng chảy được đặt ở khoảng bằng hoặc lớn hơn 1050°C và nhỏ hơn 1300°C. Phương pháp làm nguội sau khi làm nóng chảy là làm nguội trong lò. Khi bề mặt của thỏi sau khi làm nóng chảy được lưu hóa hoặc chất hữu cơ hoặc tương tự được hấp phụ, bước tẩy dầu mỡ và làm sạch bằng axit được thực hiện nếu cần.

Thỏi hình trụ có đường kính bằng hoặc lớn hơn 3mm và nhỏ hơn 6mm thu được bằng cách làm nóng chảy được xử lý kéo hoặc tương tự bằng cách sử dụng khuôn để tạo ra dây có đường kính 20 μm . Trong quá trình kéo, chất làm trơn có bán trên thị trường được sử dụng để đảm bảo độ trơn ở mặt phân cách tiếp xúc giữa dây và khuôn. Tỷ lệ giảm diện tích cho mỗi khuôn trong quá trình kéo là bằng hoặc lớn hơn 10,5% và nhỏ hơn 14,5%. Ở đây, tỷ lệ giảm diện tích là giá trị thu được bằng cách biểu diễn, theo tỷ lệ phần trăm, tỷ lệ của diện tích mặt cắt ngang của dây giảm đi do quy trình kéo với diện tích mặt cắt ngang của dây trước khi thực hiện quá trình kéo. Tốc độ cấp dây trong quá trình kéo là bằng hoặc lớn hơn 20 m/phút và nhỏ hơn 300 m/phút. Cuối cùng, dây sau quá trình kéo được xử lý nhiệt để độ giãn dài khi đứt là bằng hoặc lớn hơn 9% và nhỏ hơn 15%. Quá trình xử lý nhiệt cuối được thực hiện trong khi cho dây chạy liên tục. Môi trường trong quá trình xử lý nhiệt cuối là môi trường khí Ar. Nhiệt độ xử lý nhiệt trong quá trình xử lý nhiệt cuối là bằng hoặc lớn hơn 370°C và nhỏ hơn 650°C, và thời gian xử lý nhiệt là bằng hoặc lớn hơn 0,1 giây và nhỏ hơn 1,5 giây.

Kiểm soát tỷ lệ độ phong phú của sự định hướng tinh thể

Theo kết quả xác định sự định hướng tinh thể của bề mặt dây của dây hàn, để

kiểm soát tỷ lệ độ phong phú của sự định hướng tinh thể $\langle 100 \rangle$ có hiệu số góc bằng hoặc nhỏ hơn 15 độ so với hướng trục của dây của dây hàn là bằng hoặc lớn hơn 60% và bằng hoặc nhỏ hơn 100%, tính theo tỷ lệ phần trăm diện tích, cách hiệu quả là kiểm soát tỷ lệ giảm diện tích cho một khuôn tới khoảng bằng hoặc lớn hơn 12,0% và nhỏ hơn 13,5%.

Lý do của việc phương pháp này là hiệu quả sẽ được mô tả. Bằng cách tăng tỷ lệ giảm diện tích cho mỗi khuôn, sự định hướng tinh thể $\langle 100 \rangle$ được phát triển dễ dàng trên bề mặt dây. Sự định hướng tinh thể $\langle 100 \rangle$ được phát triển bởi quá trình kéo phần lớn được tiếp tục sau khi bước xử lý nhiệt cuối được thực hiện. Do đó, sự định hướng tinh thể của bề mặt dây sau khi xử lý nhiệt cuối có thể được kiểm soát bằng cách kiểm soát sự định hướng tinh thể trong quá trình kéo. Khi tỷ lệ giảm diện tích cho mỗi khuôn là nhỏ hơn 12,0%, tỷ lệ độ phong phú của sự định hướng tinh thể $\langle 100 \rangle$ là nhỏ hơn 60%. Khi tỷ lệ giảm diện tích cho mỗi khuôn là bằng hoặc lớn hơn 13,5%, việc đánh giá được ngừng lại do tần suất xuất hiện sự đứt dây trong quá trình kéo tăng lên.

Kiểm soát cỡ hạt trung bình

Để kiểm soát cỡ hạt trung bình trong mặt cắt ngang theo hướng vuông góc với trục của dây ở mức bằng hoặc lớn hơn 0,1 μm và nhỏ hơn 3,1 μm , ví dụ, cách hiệu quả là thực hiện quá trình xử lý nhiệt (sau đây, được gọi là xử lý nhiệt trung gian) trong các điều kiện xử lý nhiệt cần thiết để loại bỏ sự biến dạng trong quá trình xử lý đã đưa vào vật liệu có đường kính dây (sau đây, được gọi là đường kính dây trung gian) trước khi đạt tới đường kính 20 μm trong quá trình kéo.

Xử lý nhiệt trung gian

Mục đích của quá trình xử lý nhiệt trung gian là loại bỏ tạm thời một phần ứng suất đã đưa vào vật liệu bởi quá trình kéo. Kết quả là, mức độ biến dạng được đưa vào vật liệu trong thời gian từ đường kính dây trung gian đến đường kính dây cuối 20 μm có thể được kiểm soát trong khoảng nhất định. Kích thước của hạt được kết tinh lại thu được bằng quá trình xử lý nhiệt cuối phụ thuộc chủ yếu vào mức độ biến dạng được đưa vào vật liệu trước khi đạt tới đường kính dây cuối. Do đó, cỡ hạt sau khi xử lý nhiệt cuối có thể được kiểm soát chính xác bằng cách kiểm soát đường kính dây và điều kiện xử lý gia nhiệt để thực hiện quá trình xử lý nhiệt trung gian. Ví dụ về phương pháp xử lý

nhệt trung gian để kiểm soát cỡ hạt trung bình trong mặt cắt ngang theo hướng vuông góc với trục của dây tới khoảng bằng hoặc lớn hơn 0,1 μm và nhỏ hơn 3,1 μm và điều kiện của nó sẽ được mô tả dưới đây.

Để làm phương pháp xử lý nhệt trung gian, phương pháp chạy liên tục dây có thể được sử dụng. Cách hiệu quả là thực hiện quá trình xử lý nhệt trung gian bằng cách sử dụng phương pháp này trong khoảng nhiệt độ bằng hoặc lớn hơn 380°C và nhỏ hơn 420°C với đường kính dây bằng hoặc lớn hơn 150 μm và nhỏ hơn 220 μm . Thời gian xử lý nhệt trong quá trình xử lý nhệt trung gian được đặt một cách hiệu quả ở mức bằng hoặc lớn hơn 0,1 giây và nhỏ hơn 1,5 giây. Môi trường của quá trình xử lý nhệt trung gian cần là môi trường trơ như môi trường khí Ar để ngăn ngừa quá trình oxy hóa và lưu hóa.

Phương pháp đánh giá dây hàn

Tiếp theo, phương pháp đánh giá và các kết quả đánh giá của dây hàn sẽ được mô tả. Đường kính dây của dây hàn được sử dụng để đánh giá là 20 μm . Khung chì được làm bằng hợp kim Cu được sử dụng. Chip sử dụng Si được sử dụng đối với linh kiện bán dẫn. Để làm điện cực trên linh kiện bán dẫn, điện cực có thành phần gồm Al-1% Si-0,5% Cu và độ dày 1,5 μm được sử dụng. Để làm điện cực ngoài, khung chì được mạ bằng Ag được sử dụng. Máy hàn dây có bán trên thị trường (IConn, được sản xuất bởi Kulicke & Soffa Industries, Inc.) được sử dụng để hàn dây hàn. Đường kính của đầu tròn được sử dụng trong đánh giá này nằm trong khoảng bằng hoặc lớn hơn 34 μm và nhỏ hơn 36 μm . Để tạo hình đầu tròn, khí $\text{N}_2+5\%\text{H}_2$ được đi vào ở tốc độ dòng bằng hoặc lớn hơn 0,4l/phút và nhỏ hơn 0,6l/phút.

Phương pháp đánh giá tuổi thọ ở nhiệt độ cao

Phương pháp đánh giá tuổi thọ ở nhiệt độ cao sẽ được mô tả. Để làm điều kiện hàn tròn, điều kiện hàn của dây Ag thông thường được sử dụng. 144 điện cực trên linh kiện bán dẫn được hàn tròn trong các điều kiện nêu trên, và sau đó được bọc kín bằng nhựa trên cơ sở epoxy để che phủ toàn bộ vùng hàn tròn, vùng hàn dẹt, và phần vòng. Sau đó, mẫu được tạo ra bằng quy trình nêu trên được để yên trong lò có nhiệt độ không đổi. Các điều kiện thử nghiệm để thử nghiệm bảo quản ở nhiệt độ cao là 220°C và thời gian bằng hoặc lớn hơn 600 giờ. Môi trường trong lò có nhiệt độ không đổi là môi trường

không khí. Mặt cắt ngang của mẫu sau khi thử nghiệm bảo quản ở nhiệt độ cao được đánh bóng để bộc lộ vùng hàn tròn. Mười vùng hàn tròn được chọn ngẫu nhiên được quan sát để kiểm tra xem đầu tròn có bị bong ra khỏi điện cực hay không. Trong việc đánh giá nêu trên, trường hợp trong đó sự bong xảy ra ở thậm chí là một vị trí sau 600 giờ được đánh giá là có vấn đề trong sử dụng thực tế và được đánh giá là 0 điểm, và trường hợp trong đó không sự bong nào xảy ra ở vị trí bất kỳ được đánh giá là không có vấn đề trong sử dụng thực tế và được đánh giá là 1 điểm. Ngoài ra, trường hợp trong đó không có sự bong nào xảy ra ở vị trí bất kỳ sau 800 giờ trôi qua được đánh giá là rất tốt và được đánh giá là 2 điểm. Các kết quả đánh giá được thể hiện trong các cột “Tuổi thọ ở nhiệt độ cao (220°C)” trong các bảng 2-1, 2-2, và 2-3. Các điểm bằng 0 để chỉ không đạt, 1 điểm và 2 điểm để chỉ đạt.

Phương pháp đánh giá tình trạng hư hỏng chip trong quá trình hàn tròn

Phương pháp đánh giá tình trạng hư hỏng chip trong quá trình hàn tròn sẽ được mô tả. Việc đánh giá tình trạng hư hỏng chip trong quá trình hàn tròn được thực hiện trong các điều kiện nghiêm ngặt hơn các điều kiện của mỗi hàn tròn thông thường để thực hiện việc đánh giá gia tốc sự xuất hiện của tình trạng hư hỏng chip. Cụ thể, độ dày của chip được đặt bằng 20 μm , công suất siêu âm được đặt bằng 1,5 lần điều kiện thông thường, và điều kiện tải được đặt bằng 1,3 lần điều kiện thông thường. Sự có mặt của tình trạng hư hỏng chip được khẳng định bằng cách bộc lộ mặt cắt ngang của vùng hàn tròn được hàn tròn, bằng cách đánh bóng cơ học, và khẳng định sự xuất hiện của tình trạng hư hỏng như vết nứt trong chip. Kính hiển vi điện tử quét được sử dụng để khẳng định sự có mặt của tình trạng hư hỏng chip. Năm vị trí của chip được quan sát, và trường hợp trong đó ngay cả một chip bị hư hỏng được đánh giá là có vấn đề trong sử dụng thực tế và được đánh giá là 0 điểm. Trường hợp trong đó không có sự hư hỏng nào của chip được quan sát trong bất kỳ trong số năm vị trí này được đánh giá là không có vấn đề trong sử dụng thực tế và được đánh giá là 1 điểm. Các kết quả đánh giá được thể hiện trong các cột “Hư hỏng chip trong quá trình hàn tròn” trong các bảng 2-1, 2-2, và 2-3. Các điểm bằng 0 để chỉ không đạt, và 1 điểm để chỉ đạt.

Phương pháp đánh giá độ bền mối hàn của vùng hàn tròn

Phương pháp đánh giá độ bền mối hàn của vùng hàn tròn sẽ được mô tả. Độ bền

mỗi hàn của vùng hàn tròn được đánh giá bằng cách thực hiện mỗi hàn tròn trong điều kiện hàn thông thường và sử dụng các giá trị đo được của độ bền cắt của vùng hàn tròn. Để xác định độ bền mỗi hàn, máy thử độ bền cắt vi mô có bán trên thị trường được sử dụng. Trường hợp trong đó giá trị của độ bền mỗi hàn thu được bằng cách thử nghiệm độ bền cắt của vùng hàn tròn là bằng hoặc nhỏ hơn 12 gf được đánh giá là bị khuyết tật. Theo kết quả xác định độ bền cắt ở 20 vùng hàn tròn được chọn ngẫu nhiên, trường hợp trong đó có ba hoặc nhiều hơn ba khuyết tật được đánh giá là có vấn đề trong sử dụng thực tế và được đánh giá là 0 điểm, và trường hợp trong đó có hai hoặc ít hơn hai khuyết tật được đánh giá là không có vấn đề trong sử dụng thực tế và được đánh giá là 1 điểm. Các kết quả đánh giá được thể hiện trong các cột “Độ bền mỗi hàn của vùng hàn tròn” trong các bảng 2-1, 2-2, và 2-3. Các điểm bằng 0 để chỉ không đạt, và 1 điểm để chỉ đạt.

Phương pháp đánh giá độ thẳng của vòng khi vòng có khoảng cách dài được tạo ra

Phương pháp đánh giá độ thẳng của vòng khi vòng có khoảng cách dài được tạo ra sẽ được mô tả. Các điều kiện tạo vòng được đặt ở chiều dài vòng 15,0mm và chiều cao vòng 0,5mm, đây là các điều kiện nghiêm ngặt hơn so với các điều kiện tạo vòng thông thường, khi xem xét vòng có khoảng cách dài. Các phần vòng của 144 dây hàn đã hàn được quan sát bằng kính hiển vi quang học, và trường hợp trong đó có phần trong đó các dây hàn liên kế được tiếp xúc với nhau được đánh giá là bị khuyết tật. Trường hợp trong đó có ba hoặc nhiều hơn ba khuyết tật được đánh giá là có vấn đề trong sử dụng thực tế và được đánh giá là 0 điểm, trường hợp trong đó có một hoặc hai khuyết tật được đánh giá là không có vấn đề trong sử dụng thực tế và được đánh giá là 1 điểm, và trường hợp trong đó không có khuyết tật nào xảy ra được đánh giá là rất tốt và được đánh giá là 2 điểm. Các kết quả đánh giá được thể hiện trong các cột “Độ thẳng của vòng khi vòng có khoảng cách dài được tạo ra” trong các bảng 2-1, 2-2, và 2-3. Các điểm bằng 0 để chỉ không đạt, và các điểm số khác để chỉ đạt.

Phương pháp đánh giá tính năng cấp dây

Phương pháp đánh giá tính năng cấp dây sẽ được mô tả. Tính năng cấp dây được đánh giá bằng tỷ lệ của đường kính của dây sau khi hàn với đường kính của dây trước khi hàn. Đường kính của dây trước khi hàn là 20 μ m. Đường kính của dây sau khi hàn được xác định bằng cách sử dụng kết quả quan sát phần vòng của dây được hàn bằng

kính hiển vi điện tử quét. Trường hợp trong đó tỷ lệ này bằng hoặc nhỏ hơn 95% được đánh giá là có vấn đề trong sử dụng thực tế và được đánh giá là 0 điểm, trường hợp trong đó tỷ lệ này là lớn hơn 95% và bằng hoặc nhỏ hơn 97% được đánh giá là không có vấn đề trong sử dụng thực tế và được đánh giá là 1 điểm, và trường hợp trong đó tỷ lệ này là lớn hơn 97% được đánh giá là rất tốt và được đánh giá là 2 điểm. Các kết quả đánh giá được thể hiện trong các cột “Tính năng cấp dây” trong các bảng 2-1, 2-2, và 2-3. Các điểm bằng 0 để chỉ không đạt, và các điểm số khác để chỉ đạt.

Phương pháp đánh giá mức độ biến dạng của dây trong mỗi hàn dẹt

Phương pháp đánh giá mức độ biến dạng dây trong mỗi hàn dẹt sẽ được mô tả. Nhiệt độ của giá trong quá trình hàn dẹt là 180°C. Để làm điều kiện siêu âm và tải, các điều kiện được sử dụng để hàn dây Ag thông thường được sử dụng. Mức độ biến dạng ở 10 vị trí được chọn ngẫu nhiên được đo và được đánh giá bằng độ lệch chuẩn của nó. Mức độ biến dạng được đo theo hướng vuông góc với hướng song song với hướng tác dụng của siêu âm. Trong việc đánh giá nêu trên, trường hợp trong đó độ lệch chuẩn của mức độ biến dạng theo một hoặc cả hai hướng trong số hướng song song và hướng vuông góc là bằng hoặc lớn hơn 1,2 μm được đánh giá là có vấn đề trong sử dụng thực tế và được đánh giá là 0 điểm, trường hợp trong đó độ lệch chuẩn của mức độ biến dạng theo cả hai hướng là bằng hoặc lớn hơn 0,6 μm và nhỏ hơn 1,2 μm được đánh giá là không có vấn đề trong sử dụng thực tế và được đánh giá là 1 điểm, và trường hợp trong đó độ lệch chuẩn của mức độ biến dạng theo cả hai hướng là nhỏ hơn 0,6 μm được đánh giá là rất tốt và được đánh giá là 2 điểm. Ngoài ra, trong trường hợp trong đó mức độ biến dạng theo hướng vuông góc với hướng tác dụng siêu âm là nhỏ hơn 1,6 lần đường kính của dây trong số các mức độ biến dạng của dây trong quá trình hàn dẹt, có khả năng cao là độ bền mỗi hàn đủ của vùng hàn dây không thể thu được. Do đó, trường hợp này được đánh giá là có vấn đề trong sử dụng thực tế và được đánh giá là 0 điểm. Các kết quả đánh giá này được thể hiện trong các cột “Mức độ biến dạng của dây trong mỗi hàn dẹt” trong các bảng 2-1, 2-2, và 2-3. Các điểm bằng 0 để chỉ không đạt, và các điểm số khác để chỉ đạt.

Mô tả các kết quả đánh giá

Các bảng 1-1 và 1-2 thể hiện chung thành phần của dây hàn theo ví dụ của sáng

chế, tỷ lệ độ phong phú (%) của sự định hướng tinh thể $\langle 100 \rangle$ có hiệu số góc bằng hoặc nhỏ hơn 15 độ so với hướng trục của dây trên bề mặt dây, và cỡ hạt trung bình (μm) trong mặt cắt ngang theo hướng vuông góc với trục của dây. Bảng 1-3 thể hiện các ví dụ so sánh. Các bảng 2-1 và 2-2 thể hiện chung các kết quả đánh giá tương ứng với các ví dụ được thể hiện trong các bảng 1-1 và 1-2. Bảng 2-3 thể hiện chung các kết quả đánh giá tương ứng với các ví dụ so sánh được thể hiện trong bảng 1-3.

Cá dây hàn của các ví dụ số 1 đến 45 chứa một hoặc nhiều nguyên tố trong số In và Ga với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 110 ppm và nhỏ hơn 500 ppm, và một hoặc nhiều nguyên tố trong số Pd và Pt với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 150 ppm và nhỏ hơn 12000 ppm. Đã khẳng định được rằng các dây hàn của các ví dụ số 1 đến 45 có thể đồng thời đạt được tác dụng kéo dài tuổi thọ ở nhiệt độ cao, làm giảm tình trạng hư hỏng chip, và độ bền của mối hàn tròn tốt cần thiết đối với thiết bị nhớ trên xe. Ngược lại, như được thể hiện trong các Ví dụ so sánh số 1 đến 12, đã khẳng định được rằng khi nồng độ của In và Ga và nồng độ của Pd và Pt nằm ngoài các khoảng nêu trên, hiệu quả đủ đã không thu được.

Đã khẳng định được rằng, trong các ví dụ số 1 đến 5, 7 đến 10, 12, 13, 15 đến 19, 21 đến 30, 33 đến 35, và 38 đến 45, tỷ lệ độ phong phú của sự định hướng tinh thể $\langle 100 \rangle$ có hiệu số góc bằng hoặc nhỏ hơn 15 độ so với hướng trục của dây của dây hàn là bằng hoặc lớn hơn 60% và bằng hoặc nhỏ hơn 100%, tính theo tỷ lệ phần trăm diện tích, và độ thẳng tuyệt vời của vòng khi vòng có khoảng cách dài được tạo ra đã thu được. Trong các ví dụ 6, 11, 14, 20, 31, 32, 36, và 37, tỷ lệ phần trăm diện tích là nhỏ hơn 60%, và độ thẳng của vòng là trong khoảng được chấp nhận thực tế.

Đã khẳng định được rằng, trong các ví dụ số 1 đến 23 và 26 đến 45, cỡ hạt trung bình trong mặt cắt ngang của dây hàn theo hướng vuông góc với trục của dây là bằng hoặc lớn hơn 0,1 μm và nhỏ hơn 3,1 μm , và tính năng cấp dây tuyệt vời đã thu được. Trong các ví dụ 24 và 25, cỡ hạt trung bình là nhỏ hơn 0,1 μm hoặc bằng hoặc lớn hơn 3,1 μm , và tính năng cấp dây là trong khoảng được chấp nhận thực tế.

Trong các ví dụ số 26 đến 30 và 36 đến 45, một hoặc nhiều nguyên tố trong số B, P, Ca, Cu, và Zr được chứa với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 15 ppm và nhỏ hơn 450 ppm, và sự thay đổi mức độ biến dạng dây trong quá trình hàn dệt là nhỏ, điều này

là đặc biệt tốt. Tổng hàm lượng của một hoặc nhiều nguyên tố trong số B, P, Ca, Cu, và Zr trong các ví dụ 1 đến 25 và 31 đến 35 là nhỏ hơn 15 ppm, và sự thay đổi mức độ biến dạng dây trong quá trình hàn dệt là trong khoảng được chấp nhận thực tế.

Bảng 1-1

Mẫu số	Các nguyên tố được chứa và nồng độ										Tỷ lệ độ phong phú của sự định hướng tinh thể <100> có hiệu số góc bằng hoặc nhỏ hơn 15 độ so với hướng trục của dây trên bề mặt dây (%)	Cỡ hạt trung bình trong mặt cắt ngang theo hướng vuông góc với trục của dây (μm)		
	Nồng độ In (at ppm)	Nồng độ Ga (at ppm)	Nồng độ In + Ga (at ppm)	Nồng độ Pd (at ppm)	Nồng độ Pt (at ppm)	Nồng độ Pd + Pt (at ppm)	Nồng độ B (at ppm)	Nồng độ P (at ppm)	Nồng độ Ca (at ppm)	Nồng độ Cu (at ppm)			Nồng độ Zr (at ppm)	Nồng độ + P + Ca + Cu + Zr (at ppm)
Ví dụ	1	-	110	110	150	-	150	-	-	-	-	0	65	0,7
	2	-	110	110	-	150	150	-	-	-	-	0	85	0,8
	3	110	-	110	150	-	150	-	-	-	-	0	71	1,1
	4	110	-	110	-	150	150	-	-	-	-	0	72	1,6
	5	-	490	490	11900	-	11900	-	-	-	-	0	67	0,2
	6	-	491	491	-	11900	11900	-	-	-	-	0	55	0,2
	7	497	-	497	11900	-	11900	-	-	-	-	0	79	0,7
	8	498	-	498	-	11900	11900	-	-	-	-	0	78	0,6
	9	60	50	110	155	-	155	-	-	-	-	0	85	1,3
	10	55	55	110	-	158	158	-	-	-	-	0	78	2,5
	11	-	114	114	55	95	150	-	-	-	-	0	55	2,2
	12	114	-	114	60	90	150	-	-	-	-	0	64	2,1
	13	40	70	110	65	85	150	-	-	-	-	0	88	2,3
	14	-	446	446	2000	-	2000	-	-	-	-	0	54	0,9
	15	-	452	452	-	6800	6800	-	-	-	-	0	70	0,8
	16	478	-	478	2000	-	2000	-	-	-	-	0	83	0,9
	17	496	-	496	-	6900	6900	-	-	-	-	0	86	0,7
	18	450	-	450	2500	-	2500	-	-	-	-	0	60	0,8
	19	432	-	432	9800	-	9800	-	-	-	-	0	100	0,7
	20	-	430	430	-	7000	7000	-	-	-	-	0	59	0,5
	21	-	429	429	-	7000	7000	-	-	-	-	0	94	0,5
	22	422	-	422	7100	-	7100	-	-	-	-	0	76	0,1
	23	390	-	390	6900	-	6900	-	-	-	-	0	74	3,0
	24	-	390	390	-	6900	6900	-	-	-	-	0	63	0,05
	25	-	395	395	-	6900	6900	-	-	-	-	0	68	3,1

Bảng 1-2

Mẫu số	Các nguyên tố được chứa và nồng độ										Tỷ lệ độ phong phú của sự định hướng tinh thể <100> có hiệu số góc bằng hoặc nhỏ hơn 15 độ so với hướng trục của dây trên bề mặt dây (%)	Cỡ hạt trung bình trong mặt cắt ngang theo hướng vuông góc với trục của đất (μm)
	Nồng độ In (at ppm)	Nồng độ Ga (at ppm)	Nồng độ In + Ga (at ppm)	Nồng độ Pd (at ppm)	Nồng độ Pt (at ppm)	Nồng độ Pd + Pt (at ppm)	Nồng độ B (at ppm)	Nồng độ P (at ppm)	Nồng độ Ca (at ppm)	Nồng độ Cu (at ppm)	Nồng độ Zr (at ppm)	Nồng độ + P + Ca + Cu + Zr (at ppm)
26	-	480	480	-	11000	11000	15	-	-	-	-	15
27	497	-	497	8400	-	8400	-	16	-	-	-	16
28	496	-	496	8300	-	8300	-	-	15	-	-	15
29	487	-	487	6700	-	6700	-	-	-	17	-	17
30	-	498	498	-	8800	8800	-	-	-	-	15	15
31	-	360	360	5500	-	5500	8	-	-	-	-	8
32	489	-	489	-	7800	7800	-	10	-	-	-	10
33	470	-	470	-	10000	10000	-	-	12	-	-	12
34	480	-	480	-	9500	9500	-	-	-	14	-	14
35	-	390	390	6700	-	6700	-	-	-	-	14	14
36	450	-	450	-	9800	9800	-	10	5	-	-	15
37	480	-	480	-	8900	8900	-	5	-	10	-	15
38	-	410	410	-	800	800	-	-	3	12	-	15
39	-	370	370	-	6000	6000	447	-	-	-	-	447
40	-	420	420	5500	-	5500	-	448	-	-	-	448
41	460	-	460	9000	-	9000	-	-	448	-	-	448
42	490	-	490	-	9500	9500	-	-	-	448	-	448
43	460	-	460	-	7700	7700	-	-	-	-	447	447
44	480	-	480	-	11000	11000	-	70	-	-	-	70
45	470	-	470	-	10000	10000	-	-	-	70	-	70

Ví dụ

Bảng 1-3

	Mẫu số	Các nguyên tố được chứa và nồng độ												Tỷ lệ độ phong phú của sự định hướng tính thể <100> có hiệu số góc bằng hoặc nhỏ hơn 15 độ so với hướng trục của dây trên bề mặt dây (%)	Cỡ hạt trung bình trong mặt cắt ngang theo hướng vuông góc với trục của dây (μm)
		Nồng độ In (at ppm)	Nồng độ Ga (at ppm)	Nồng độ In + Ga (at ppm)	Nồng độ Pd (at ppm)	Nồng độ Pt (at ppm)	Nồng độ Pd + Pt (at ppm)	Nồng độ B (at ppm)	Nồng độ P (at ppm)	Nồng độ Ca (at ppm)	Nồng độ Cu (at ppm)	Nồng độ Zr (at ppm)	Nồng độ B + P + Ca + Cu + Zr (at ppm)		
Ví dụ so sánh	1	-	480	480	-	-	0	-	-	-	-	0	65	2,6	
	2	490	-	490	-	-	0	-	-	-	-	0	70	2,3	
	3	-	-	0	11000	-	11000	-	-	-	-	0	66	0,7	
	4	-	-	0	-	11500	11500	-	-	-	-	0	71	0,6	
	5	-	105	105	11800	-	11800	-	-	-	-	0	55	0,6	
	6	108	-	108	-	11900	11900	-	-	-	-	0	58	0,7	
	7	-	355	355	145	-	145	-	-	-	-	0	67	2,8	
	8	332	-	332	-	148	148	-	-	-	-	0	34	2,7	
	9	-	512	512	11700	-	11700	-	-	-	-	0	38	1,9	
	10	504	-	504	-	11600	11600	-	-	-	-	0	70	1,9	
	11	-	350	350	12500	-	12500	-	-	-	-	0	69	2,0	
	12	364	-	364	-	12600	12600	-	-	-	-	0	67	1,9	

Bảng 2-1

Mẫu số	Tuổi thọ ở nhiệt độ cao (220°C)	Hư hỏng chip trong quá trình hàn tròn	Độ bền mối hàn của vùng hàn tròn	Độ thẳng của vòng khi vòng có khoảng cách dài được tạo ra	Tính năng cấp dây	Mức độ biến dạng của dây trong mỗi hàn dệt
1	1	1	1	2	2	1
2	1	1	1	2	2	1
3	1	1	1	2	2	1
4	1	1	1	2	2	1
5	2	1	1	2	2	1
6	2	1	1	1	2	1
7	2	1	1	2	2	1
8	2	1	1	2	2	1
9	1	1	1	2	2	1
10	1	1	1	2	2	1
11	1	1	1	1	2	1
12	1	1	1	2	2	1
13	1	1	1	2	2	1
14	1	1	1	1	2	1
15	1	1	1	2	2	1
16	1	1	1	2	2	1
17	1	1	1	2	2	1
18	1	1	1	2	2	1
19	2	1	1	2	2	1
20	2	1	1	1	2	1
21	2	1	1	2	2	1
22	2	1	1	2	2	1
23	1	1	1	2	2	1
24	1	1	1	2	1	1
25	1	1	1	2	1	1

Ví dụ

Bảng 2-2

Mẫu số	Tuổi thọ ở nhiệt độ cao (220°C)	Hư hỏng chip trong quá trình hàn tròn	Độ bền mối hàn của vùng hàn tròn	Độ thẳng của vòng khi vòng có khoảng cách dài được tạo ra	Tính năng cấp dây	Mức độ biến dạng của dây trong mỗi hàn dệt
26	2	1	1	2	2	2
27	2	1	1	2	2	2
28	2	1	1	2	2	2
29	1	1	1	2	2	2
30	2	1	1	2	2	2
31	1	1	1	1	2	1
32	2	1	1	1	2	1
33	2	1	1	2	2	1
34	2	1	1	2	2	1
35	1	1	1	2	2	1
36	2	1	1	1	2	2
37	2	1	1	1	2	2
38	1	1	1	2	2	2
39	1	1	1	2	2	2
40	1	1	1	2	2	2
41	2	1	1	2	2	2
42	2	1	1	2	2	2
43	2	1	1	2	2	2
44	2	1	1	2	2	2
45	2	1	1	2	2	2

Ví dụ

Bảng 2-3

	Mẫu số	Tuổi thọ ở nhiệt độ cao (220°C)	Hư hỏng chip trong quá trình hàn tròn	Độ bền mối hàn của vùng hàn tròn	Độ thẳng của vòng khi vòng có khoảng cách dài được tạo ra	Tính năng cấp dây	Mức độ biến dạng của dây trong mỗi hàn dệt
Ví dụ so sánh	1	0	1	0	0	1	0
	2	0	1	0	0	1	0
	3	0	1	0	0	1	0
	4	0	1	0	0	1	0
	5	0	1	0	0	1	0
	6	0	1	0	0	1	0
	7	0	1	0	0	1	0
	8	0	1	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	1
	10	0	0	0	1	1	1
	11	0	0	0	1	1	1
	12	0	0	0	1	1	1

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Dây hàn hợp kim Ag dùng cho thiết bị bán dẫn chứa một hoặc nhiều nguyên tố trong số In và Ga với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 110 ppm và nhỏ hơn 500 ppm, và một hoặc nhiều nguyên tố trong số Pd và Pt với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 150 ppm và nhỏ hơn 12000 ppm, và lượng còn lại bao gồm Ag và các tạp chất không tránh khỏi.
2. Dây hàn hợp kim Ag dùng cho thiết bị bán dẫn theo điểm 1, trong đó theo kết quả xác định sự định hướng tinh thể của bề mặt dây của dây hàn, tỷ lệ độ phong phú của sự định hướng tinh thể $\langle 100 \rangle$ có hiệu số góc bằng hoặc nhỏ hơn 15 độ so với hướng trục của dây của dây hàn là bằng hoặc lớn hơn 60% và bằng hoặc nhỏ hơn 100%, tính theo tỷ lệ phần trăm diện tích.
3. Dây hàn hợp kim Ag dùng cho thiết bị bán dẫn theo điểm 1 hoặc 2, trong đó cỡ hạt trung bình trong mặt cắt ngang của dây hàn theo hướng vuông góc với trục của dây là bằng hoặc lớn hơn 0,1 μm và nhỏ hơn 3,1 μm .
4. Dây hàn hợp kim Ag dùng cho thiết bị bán dẫn theo theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó dây hàn này còn chứa một hoặc nhiều nguyên tố trong số B, P, Ca, Cu, và Zr với tổng nồng độ bằng hoặc lớn hơn 15 ppm và nhỏ hơn 450 ppm.