



(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)



1-0032000

(51)⁷ C22C 5/06; C22F 1/14; H01L 21/60;
C22F 1/00

(13) B

(21) 1-2016-01163

(22) 20/05/2015

(86) PCT/JP2015/064417 20/05/2015

(87) WO 2016/006326 A1 14/01/2016

(30) 2014-142127 10/07/2014 JP

(45) 25/05/2022 410

(43) 27/06/2016 339A

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

13-1, Nihonbashi 1-chome, Chuo-Ku, Tokyo 103-0027, Japan

2. NIPPON MICROMETAL CORPORATION (JP)

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

(72) OYAMADA Tetsuya (JP); UNO Tomohiro (JP); DEAI Hiroyuki (JP); ODA Daizo (JP).

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

(54) DÂY HÀN DÙNG CHO THIẾT BỊ BÁN DẪN

(57) Sáng chế đề cập đến dây hàn mà có thể đáp ứng tính ổn định liên kết, đặc tính đàn hồi, và đặc tính hư hại chip được yêu cầu trong bao gói mật độ cao. Dây hàn này chứa một hoặc nhiều thành phần trong số các thành phần In, Ga, và Cd với tổng lượng nằm trong khoảng từ 0,05 đến 5% nguyên tử, và phần còn lại là Ag và các tạp chất không tránh khỏi.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến dây hàn dùng cho thiết bị bán dẫn được sử dụng để nối các điện cực trên các phần tử bán dẫn với dây dẫn như các dây dẫn bên ngoài của bảng mạch nối dây.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hiện nay, với các dây hàn dùng cho thiết bị bán dẫn (dưới đây được gọi là các dây hàn) dùng để liên kết các điện cực trên các phần tử bán dẫn với dây dẫn như các dây dẫn bên ngoài, các dây dẫn mảnh xấp xỉ 15 đến 50 μ m theo đường kính dây dẫn được sử dụng chủ yếu. Đối với phương pháp dùng để liên kết dây hàn, quy trình liên kết bằng nhiệt sóng siêu âm thông thường được sử dụng cùng với máy liên kết được sử dụng thông thường, khuôn mao dẫn được thích ứng để nối dây hàn xuyên qua đó, và tương tự. Quy trình liên kết dây hàn bao gồm bước làm nóng chảy bằng nhiệt đầu dây dẫn bằng nguồn nhiệt hồ quang, tạo nên dạng quả cầu nhờ sức căng bề mặt, hàn áp lực (dưới đây được gọi là hàn dạng quả cầu) quả cầu với điện cực của phần tử bán dẫn được gia nhiệt ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 150 đến 300°C, sau đó tạo nên mạch điện, và hàn áp lực (dưới đây được gọi là hàn dẹt) phần dây dẫn với điện cực ở phía dây dẫn bên ngoài để kết thúc quy trình xử lý. Cấu trúc điện cực được tạo nên từ màng hợp kim về nguyên lý được tạo nên từ Al và được tạo nên trên tấm nền Si hoặc cấu trúc điện cực trong đó điện cực ở phía dây dẫn bên ngoài được mạ bằng Ag hoặc Pd thường được sử dụng cho điện cực trên phần tử bán dẫn mà tại đó dây hàn được liên kết.

Đặc tính tạo quả cầu, khả năng hàn dạng quả cầu, khả năng hàn dẹt, đặc tính tạo mạch điện tuyệt vời, và tương tự là cần thiết đối với dây hàn. Đối với vật liệu dây hàn mà nói chung đáp ứng các yêu cầu về đặc tính này, Au được sử dụng chủ yếu. Trong những năm gần đây, đối phó với tình trạng tăng mạnh về giá Au, sự phát triển chuyên sâu về các dây hàn đang ngày càng hướng tới việc sử dụng các vật liệu tương đối rẻ làm các chất thay thế cho Au. Các ví dụ phát triển bao gồm dây hàn có cấu trúc trong đó bề mặt của Cu được phủ bằng Pd. Hiệu quả nói chung được cải thiện về các đặc điểm dây hàn này chủ yếu đạt được nhờ ngăn ngừa sự ôxy hóa của Cu, và được sử dụng trong lĩnh vực mũi nhọn của LSI (tích hợp cỡ lớn - Large Scale Integration).

Đối với sự phát triển trong tương lai của các dây hàn, có nhu cầu lớn để làm phù hợp bao gói mật độ cao nhận được từ sự cải thiện hiệu suất hơn nữa và làm giảm kích cỡ của các thiết bị bán dẫn. Trong bao gói mật độ cao, để làm giảm các sự trễ tín hiệu trong số các lớp LSI, các vật liệu giòn k-thấp đôi khi được sử dụng làm các vật liệu cách điện giữa các lớp, thường gây ra vấn đề trong việc làm hư hại tới các phần tử bán dẫn. Vì khoảng cách giữa các điện cực liên kề là nhỏ, cần làm giảm đường kính dây dẫn của dây hàn, nên khả năng hàn dẹt cao được yêu cầu đối với dây hàn. Để đảm bảo khả năng dẫn điện với đường kính dây dẫn nhỏ, điều cần thiết là điện trở riêng của vật liệu được sử dụng cho dây hàn là thấp. Với vật liệu dây hàn trong diện tích mật độ cao như vậy, Au thường được sử dụng bởi vì tính mềm dẻo, khả năng hàn dẹt cao, và điện trở riêng tương đối thấp.

Các nỗ lực được thực hiện tới việc sử dụng Ag làm vật liệu dây hàn để giải quyết vấn đề nêu trên với bao gói mật độ cao và tạo ra vật liệu dây hàn rẻ hơn so với Au. Ag, mà các môđun đàn hồi (Young's modulus) của nó (vào

khoảng $83 \times 10^9 \text{ N/m}^2$) xấp xỉ bằng môđun đàn hồi của Au (xấp xỉ $80 \times 10^9 \text{ N/m}^2$), và nhỏ hơn so với môđun đàn hồi của Cu (xấp xỉ $130 \times 10^9 \text{ N/m}^2$), được hi vọng tạo ra sự hư hại thấp về hàn dạng quả cầu với các phần tử bán dẫn dễ gãy vỡ và tạo ra khả năng hàn dẹt tốt. Điện trở riêng của Ag ($1,6\mu\Omega\cdot\text{cm}$) ở khoảng nhiệt độ phòng là nhỏ hơn so với điện trở riêng của Cu ($1,7\mu\Omega\cdot\text{cm}$) và điện trở riêng của Au ($2,2\mu\Omega\cdot\text{cm}$), và do đó xét thấy rằng Ag là thích hợp làm vật liệu dây hàn trong bao gói mật độ cao xét về các đặc tính điện.

Tuy nhiên, dây hàn được làm từ Ag (dưới đây được gọi là dây hàn Ag) có vấn đề là độ tin cậy liên kết thấp và độ ổn định mạch điện thấp trong bao gói mật độ cao. Việc đánh giá độ tin cậy liên kết được thực hiện nhằm mục đích đánh giá tuổi thọ liên kết trong môi trường hoạt động của thiết bị bán dẫn thực tế. Nói chung, thử nghiệm lưu trữ nhiệt độ cao và thử nghiệm độ ẩm và nhiệt độ cao được sử dụng cho việc đánh giá độ tin cậy liên kết. Dây hàn Au có vấn đề là chất lượng kém hơn dây hàn được làm từ Au (dưới đây được gọi là dây hàn Au) về tuổi thọ của các liên kết dạng quả cầu trong thử nghiệm độ ẩm và nhiệt độ cao. Với bao gói mật độ cao, việc hàn dạng quả cầu nhỏ được thực hiện, làm giảm diện tích mà nó góp phần vào việc liên kết, và do đó nâng cao độ khó khăn trong việc đảm bảo tuổi thọ lâu dài.

Liên quan đến độ ổn định mạch điện, lỗi được gọi là lỗi đàn hồi gây ra vấn đề. Lỗi đàn hồi là hiện tượng trong đó mạch điện của các dây hàn liên kết ở bước liên kết, tiếp xúc với nhau và gây ra ngắn mạch. Với bao gói mật độ cao, bởi vì khoảng cách giữa các dây hàn liền kề là nhỏ, cần ngăn ngừa mạnh mẽ các lỗi đàn hồi. Các lỗi đàn hồi, mà nó xuất hiện tỷ lệ với sự suy giảm độ bền dây dẫn, thường gây ra vấn đề trong bao gói mật độ cao, mà nó bao gồm đường kính dây dẫn giảm.

Đối với phương pháp để giải quyết vấn đề này, kỹ thuật được bộc lộ để tạo ra hợp kim bằng cách bổ sung các thành phần khác nhau vào Ag, nhưng các quả cầu trở nên cứng hơn với các sự gia tăng về nồng độ của các thành phần hợp kim, gây ra sự hư hại chip trong quá trình hàn dạng quả cầu. Các vấn đề này là các nguyên nhân trong việc cản trở sự mở rộng của các dây hàn Ag.

Liên quan đến sự phát triển của các dây hàn Ag nhằm mục đích nâng cao độ tin cậy liên kết, ví dụ, tài liệu sáng chế 1 bộc lộ dây hàn chứa một hoặc nhiều thành phần trong số Pt, Pd, Cu, Ru, Os, Rh, và Ir với tổng lượng nằm trong khoảng từ 0,1 đến 10% trọng lượng, mà ở đó Pt được chứa 10% trọng lượng hoặc nhỏ hơn, Pd được chứa 10% trọng lượng hoặc nhỏ hơn, Cu được chứa 5% trọng lượng hoặc nhỏ hơn, Ru được chứa 1% trọng lượng hoặc nhỏ hơn, Os được chứa 1% trọng lượng hoặc nhỏ hơn, Rh được chứa 1% trọng lượng hoặc nhỏ hơn, và Ir được chứa 1% trọng lượng hoặc nhỏ hơn, với phần còn lại có thể được bổ sung là Ag và các tạp chất phụ.

Ví dụ, tài liệu sáng chế 2 bộc lộ dây hàn hợp kim ba thành phần Ag-Au-Pd dùng cho các phần tử bán dẫn được tạo nên từ Ag với độ tinh khiết là 99,99% khối lượng hoặc cao hơn, Au với độ tinh khiết là 99,999% khối lượng hoặc cao hơn, và Pd với độ tinh khiết là 99,99% khối lượng hoặc cao hơn, trong đó Au được chứa với từ 4 đến 10% khối lượng, Pd được chứa với từ 2 đến 5% khối lượng, và các thành phần kim loại không quý hiếm tăng ôxy hóa được chứa từ 15 đến 70 phần triệu (ppm) và phần còn lại được là Ag; và dây hàn được trải qua quy trình xử lý ủ nhiệt trước khi kéo khuôn liên tục, được trải qua xử lý tinh luyện nhiệt sau khi kéo khuôn liên tục, và được sử dụng để hàn dạng quả cầu trong môi trường nitơ.

Liên quan đến sự phát triển của các dây hàn Ag nhằm mục đích nâng cao độ ổn định mạch điện, kỹ thuật được bộc lộ để điều khiển độ bền kéo và 0,2% ứng suất thử kéo bằng cách xử lý nhiệt cơ. Ví dụ, tài liệu sáng chế 3 bộc lộ dây hàn mà độ bền kéo của nó được đo trong môi trường có nhiệt độ 523K sau khi được gia nhiệt trong môi trường nhiệt độ trong khoảng 15 đến 25 giây là cao hơn so với 0,2% ứng suất thử kéo được đo trong môi trường nhiệt độ 298K.

Danh mục tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 11-288962

Tài liệu sáng chế 2: Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2012-169374

Tài liệu sáng chế 3: Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2002-319597

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Tuy nhiên, các dây hàn Ag được bộc lộ trong các tài liệu sáng chế nêu trên không thể đáp ứng các yêu cầu hiệu suất của bao gói mật độ cao đối với độ tin cậy liên kết, lỗi hàn hồi, và sự hư hại chip.

Liên quan đến thử nghiệm độ ẩm cao và nhiệt độ cao, thử nghiệm đã được biết đến là PCT (thử nghiệm nồi áp suất - Pressure Cooker Test) thường được sử dụng, mà ở đó PCT được tiến hành dưới các điều kiện nhiệt độ 121°C và độ ẩm tương đối 100%. Trong những năm gần đây, vì phương pháp đánh giá khắt khe hơn, thử nghiệm đã được biết đến là HAST (thử nghiệm ứng suất độ ẩm và nhiệt độ được tăng cao - Highly Accelerated temperature and humidity Stress Test) đã dần được sử dụng thường xuyên, mà ở đó HAST được tiến hành dưới các điều

kiện nhiệt độ 130°C và độ ẩm tương đối 85%. Liên quan đến môi trường hoạt động, các thiết bị bán dẫn dùng cho bao gói mật độ cao được yêu cầu hoạt động bình thường trong HAST sau 300 giờ hoặc dài hơn. Với các dây hàn Ag, tuổi thọ của các liên kết dạng quả cầu gây ra vấn đề trong HAST. Khi các dây hàn Ag được để lộ trong môi trường độ ẩm cao và nhiệt độ cao, sự phân tách các dạng quả cầu xảy ra, dẫn đến tổn thất về sự tiếp xúc điện và gây ra các hư hại cho các thiết bị bán dẫn. Ngoài ra, với bao gói mật độ cao, nhỏ hơn so với các quả cầu thông thường thường được tạo nên và được liên kết (dưới đây được gọi là hàn dạng quả cầu nhỏ) để đáp ứng các mức hẹp hơn. Khi việc hàn dạng quả cầu nhỏ được thực hiện, độ tin cậy liên kết nghiêm ngặt hơn được yêu cầu đối với các dây hàn bởi vì diện tích mà góp phần vào các sự suy giảm liên kết và tuổi thọ của liên kết có xu hướng trở nên ngắn hơn.

Các lỗi đàn hồi thường gây ra vấn đề về diện tích của bao gói mật độ cao, và đặc biệt là về sự kết nối các chip được xếp chồng được sử dụng đối với các ứng dụng bộ nhớ. Đối với phương pháp để kết nối các chip được xếp chồng sử dụng dây hàn, phương pháp kết nối được gọi là liên kết ngược thường được sử dụng, trong đó các vị trí liên kết được đảo ngược từ liên kết thông thường. Trong quy trình liên kết của liên kết ngược, bước đầu tiên được tạo nên trên điện cực trên chip, sau đó vị trí quả cầu được liên kết với điện cực trên tấm nền, và cuối cùng dây hàn được liên kết dạng dẹt trên bước đầu tiên. Liên kết ngược cho phép độ cao mạch điện được giữ thấp và cho phép điều khiển mạch điện ổn định ngay cả khi số lượng của các chip được xếp chồng tăng lên, dẫn đến các nấc cao đáng kể. Mặt khác, liên kết ngược dễ gây ra các lỗi đàn hồi.

Sự hư hại chip là tình trạng khuyết tật mà nó xuất hiện cụ thể ở bước hàn dạng quả cầu trong số các bước liên kết. Trong diện tích của bao gói mật độ cao,

cùng với sự giảm về độ dày chip và sự gia tăng về số lượng của các lớp chip, các cấu trúc độ bền thấp ngày càng được chấp nhận, dẫn đến làm tăng nhu cầu để hạn chế sự hư hại chip. Hơn nữa, với việc hàn dạng quả cầu nhỏ mà được thực hiện trong bao gói mật độ cao, các ứng suất được tập trung trong quá trình liên kết, khiến cho sự hư hại chip dễ xảy ra, và do đó cần hạn chế hoàn toàn sự hư hại chip.

Khi các dây hàn Ag được báo cáo thông thường được sử dụng liên quan đến các yêu cầu hiệu suất này, các vấn đề sau đây được phát hiện xét về độ tin cậy liên kết, đặc tính đàn hồi, và sự hư hại chip. Liên quan đến độ tin cậy liên kết, việc hàn dạng quả cầu được thực hiện trên điện cực Al, được theo sau bởi quá trình đúc chất dẻo. Sau đó khi HAST được tiến hành, độ bền liên kết của các liên kết dạng quả cầu giảm xuống sau khi trôi qua 150 giờ, và do đó tuổi thọ là 300 giờ hoặc dài hơn được yêu cầu trong bao gói mật độ cao là không khả dụng. Khi giao diện liên kết được quan sát, sự tạo hình trống được thông báo trên giao diện giữa dây hàn Ag và điện cực Al. Được giả sử là điều này là do một phần của hợp chất liên kim loại Ag-Al được tạo nên trên giao diện liên kết bị ăn mòn. Liên quan đến đặc tính đàn hồi, đã thấy được rằng khi liên kết ngược được thực hiện, mạch điện được uốn cong do độ bền thiếu của dây hàn, khiến khó ngăn ngừa lỗi đàn hồi. Liên quan đến sự hư hại chip, đã thấy được rằng khi hàn dạng quả cầu nhỏ được thực hiện, các vết nứt phát triển trên chip, khiến chip không thích hợp cho việc sử dụng thực tiễn.

Mục đích của sáng chế là đề xuất dây hàn mà có thể khắc phục các vấn đề tồn tại trong các kỹ thuật thông thường và đáp ứng tính ổn định liên kết, đặc tính đàn hồi, và đặc tính hư hại chip được yêu cầu trong bao gói mật độ cao.

Phương tiện giải quyết vấn đề

Dây hàn dùng cho thiết bị bán dẫn theo sáng chế chứa một hoặc nhiều thành phần trong số các thành phần In, Ga, và Cd với tổng lượng từ 0,05 đến 5% nguyên tử, và phần còn lại là Ag và các tạp chất không tránh được.

Hiệu quả của sáng chế

Sáng chế có thể đáp ứng tính ổn định liên kết, đặc tính đàn hồi, và đặc tính hư hại chip được yêu cầu trong bao gói mật độ cao.

Mô tả chi tiết sáng chế

Với việc chứa một hoặc nhiều trong số các thành phần In, Ga, và Cd với tổng lượng là từ 0,05 đến 5%, với phần còn lại là Ag và các tạp chất không tránh được, dây hàn dùng cho thiết bị bán dẫn theo sáng chế có thể nâng cao độ tin cậy liên kết được yêu cầu trong bao gói mật độ cao và ngăn ngừa lỗi đàn hồi.

Hiệu quả của dây hàn theo phương án này trong việc nâng cao độ tin cậy liên kết sẽ được mô tả. Khi dây dẫn có đường kính dây dẫn là từ 15 đến 25 μ m được sử dụng, trong trường hợp liên kết thông thường, liên kết được thực hiện bằng cách tạo nên dạng quả cầu mà đường kính quả cầu của nó là từ 1,7 đến 2,0 lần đường kính dây dẫn. Trong các ứng dụng bao gói mật độ cao, nhỏ hơn so với các quả cầu thông thường có đường kính 1,5 đến 1,6 lần đường kính dây dẫn thường được tạo nên và được liên kết để đáp ứng các mức hẹp hẹp. Khi việc hàn dạng quả cầu nhỏ được thực hiện sử dụng dây hàn Ag thông thường và thử nghiệm độ ẩm và nhiệt độ cao được tiến hành dưới các điều kiện nhiệt độ 130°C và độ ẩm tương đối 85%, tuổi thọ của các liên kết dạng quả cầu là nhỏ hơn 150 giờ. Khi dây hàn theo phương án này được sử dụng, đạt được tuổi thọ liên kết dạng quả cầu tuyệt vời là 300 giờ hoặc dài hơn. Do vậy, dây hàn theo phương án này đáp ứng các yêu cầu của bao gói mật độ cao và có thể được sử dụng trong

bao gói mật độ cao. Liên quan đến điều kiện liên kết đối với các phần tử bán dẫn hàn dạng quả cầu có các vật liệu giòn k thấp, để giảm nhẹ sự hư hại cho các phần tử bán dẫn, cần phải làm yếu sóng siêu âm so với điều kiện thông thường. Khi điều kiện liên kết này được sử dụng, với dây hàn Ag thông thường, khó thu được các diện tích liên kết đầy đủ và tuổi thọ của các liên kết dạng quả cầu là nhỏ hơn 100 giờ. Mặt khác, khi dây hàn theo phương án này được sử dụng, đạt được tuổi thọ liên kết dạng quả cầu là 300 giờ hoặc dài hơn, xác nhận rằng độ tin cậy liên kết tuyệt vời là có thể đạt được. Xét thấy rằng điều này là do In, Ga, và Cd được chứa trong dây hàn theo phương án này ngăn ngừa sự phát triển của hợp chất liên kim loại Ag-Al mà có thể gây nên sự ăn mòn trên các giao diện liên kết của các liên kết dạng quả cầu.

Tiếp theo, hiệu quả của dây hàn theo phương án này trong việc ngăn ngừa các lỗi đàn hồi sẽ được mô tả. Khi liên kết ngược được thực hiện trên thiết bị có cấu trúc trong đó các phần tử bán dẫn được xếp chồng, sử dụng dây dẫn có đường kính dây dẫn là từ 15 đến 25 μ m, các lỗi đàn hồi xuất hiện với dây hàn Ag thông thường. Ngược lại, dây hàn theo phương án này có thể ngăn ngừa các lỗi đàn hồi. Hiệu quả của dây hàn theo phương án này trong việc ngăn ngừa các lỗi đàn hồi được xác nhận ngay cả với bao gói góc cắt mật độ cao. Xét thấy rằng hiệu quả nâng cao đặc tính đàn hồi có thể được bổ sung là nâng cao về độ bền biến dạng của dây hàn.

Do vậy, đã thấy được rằng dây hàn theo phương án này đạt được hiệu quả được yêu cầu trong bao gói mật độ cao và đồng thời giảm chi phí, cho phép bản thân nó thay thế dây hàn Au.

Dây hàn chứa một hoặc nhiều trong số các thành phần In, Ga, và Cd với tổng lượng vượt quá 5% nguyên tử là không thích hợp cho việc sử dụng thực tế

bởi vì độ kéo dài phá vỡ của dây hàn giảm, tạo ra tình trạng khuyết tật trong đó dây hàn bị phá vỡ trong quá trình hàn dệt. Nghĩa là, để đảm bảo toàn bộ hiệu quả được yêu cầu của dây hàn trong khi nâng cao độ tin cậy liên kết và ngăn ngừa các lỗi đàn hồi, hữu hiệu khi một hoặc nhiều trong số các thành phần In, Ga, và Cd được chứa trong dây hàn với tổng lượng là từ 0,05 đến 5% nguyên tử. Tốt hơn là nồng độ là từ 0,1 đến 2% nguyên tử bởi vì sau đó dây hàn có thể đạt được tuổi thọ là 500 giờ trong HAST. Điều này bởi vì nếu độ cứng của các quả cầu được giữ trong khoảng thích hợp, hợp chất liên kim loại được tạo nên đồng đều trên các giao diện hàn dạng quả cầu, khiến có thể làm giảm nhẹ sự tập trung ứng suất do các sự không đồng đều mà có thể làm giảm tuổi thọ liên kết. Hơn nữa, tốt hơn nữa là nồng độ là từ 0,5 đến 1% nguyên tử bởi vì sau đó dây hàn có thể đạt được tuổi thọ là 1000 giờ trong HAST. Điều này là do nếu độ cứng của các phần dây dẫn được giữ trong khoảng thích hợp, hình dạng được gọi là phần dư được ổn định trong quá trình hàn dệt, khiến có thể làm giảm các sự thay đổi hình dạng và kích cỡ khi các quả cầu được tạo nên và nhờ đó làm giảm các sự thay đổi về độ tin cậy liên kết.

Quang phổ kế phát xạ ICP hoặc tương tự có thể được sử dụng cho việc phân tích nồng độ của các thành phần được chứa trong dây hàn. Nếu các thành phần như ôxi và cacbon được hấp thụ trên bề mặt của dây hàn, lớp có độ dày 2nm có thể được loại bỏ khỏi bề mặt bằng cách phun thổi hoặc tương tự trước khi thực hiện các phép đo nồng độ cho việc phân tích. Với phương pháp khác, phương pháp sử dụng rửa axit cũng hữu dụng. Các phương pháp tương tự cũng thích hợp cho việc sử dụng trong sự phân tích nồng độ của Ni, Cu, Rh, Pd, Pt, và Au hoặc Be, B, P, Ca, Y, La, và Ce được mô tả dưới đây.

Tuổi thọ phục vụ của dây hàn có các đặc điểm nêu trên có thể được nâng cao nếu dây hàn còn chứa một hoặc nhiều trong số các thành phần Ni, Cu, Rh, Pd, Pt, và Au với tổng lượng là từ 0,01 đến 5% nguyên tử.

Nếu dây hàn chứa In, Ga, Cd, và các thành phần có năng lượng liên kết lớn giữa chúng được bổ sung thêm vào hỗn hợp, thì hữu hiệu trong việc chống lại sự suy giảm về thời gian.

Các bề mặt của các dây hàn thông thường hấp thụ các nguyên tử lưu huỳnh theo thời gian, đôi khi dẫn đến sự suy giảm về hiệu quả bao gồm đặc tính tạo quả cầu. Để ngăn ngừa sự hấp thụ của các nguyên tử lưu huỳnh bởi bề mặt dây hàn, kỹ thuật để làm giảm hoạt động của bề mặt dây hàn là hữu dụng. Ví dụ, các nguyên tử Ag trên bề mặt dây hàn có thể được thay thế bằng phân tử có khả năng hấp thụ nhỏ hơn đối với lưu huỳnh so với Ag. Vì In, Ga, và Cd tồn tại trên các bề mặt của các dây hàn, xét thấy rằng độ bền lưu huỳnh có thể được cải thiện hơn bằng cách bổ sung phân tử có năng lượng liên kết lớn đối với các thành phần này.

Sau khi tiến hành các nghiên cứu tích cực, các tác giả sáng chế đã thấy rằng nếu một hoặc nhiều trong số các thành phần Ni, Cu, Rh, Pd, Pt, và Au được chứa với tổng lượng là từ 0,01 đến 5% nguyên tử, dây hàn theo phương án này có thể nâng cao độ bền lưu huỳnh cũng như tuổi thọ phục vụ của dây hàn. Khi nồng độ nhỏ hơn 0,01% nguyên tử, hiệu quả trên không thể được mong đợi. Khi nồng độ vượt quá 5% nguyên tử, nhiệt được đưa vào tới các bề mặt dây dẫn nhận được từ các sự phóng điện hồ quang trở nên không ổn định, khiến cho các quả cầu với độ tròn cao không khả dụng và do đó khiến cho dây hàn không thích hợp cho việc sử dụng thực tế. Tốt hơn là nồng độ là từ 0,5 đến 3% nguyên tử,

mà sẽ tạo ra hiệu quả cao hơn. Điều này là do các sự thay đổi về nhiệt được đưa vào từ các sự phóng điện hồ quang có thể được giảm thêm.

Nếu một hoặc nhiều trong số các thành phần Be, B, P, Ca, Y, La, và Ce còn được chứa với tổng lượng là từ 10 đến 300 phần triệu nguyên tử (at ppm), dây hàn theo phương án này có thể chỉnh sửa hình dạng bị biến dạng trong quá trình hàn dạng quả cầu.

Dây hàn Ag thông thường, mà tốt hơn là làm biến dạng các quả cầu theo chiều ứng dụng của sóng siêu âm trong quá trình hàn dạng quả cầu, đôi khi có thể tiếp xúc với điện cực liền kề, gây ra ngắn mạch. Do đó, cần làm giảm tính dị hướng về sự biến dạng quả cầu và duy trì hình dạng bị biến dạng gần với đường tròn hoàn hảo trong quá trình hàn dạng quả cầu. Tính dị hướng về sự biến dạng quả cầu có xu hướng tăng với các sự gia tăng về kích cỡ hạt, và do vậy kỹ thuật để tinh lọc các hạt tinh thể của các vị trí quả cầu là hữu dụng.

Sau khi tiến hành các nghiên cứu tích cực, các tác giả sáng chế đã thấy rằng nếu một hoặc nhiều trong số các thành phần Be, B, P, Ca, Y, La, và Ce được chứa với tổng lượng là từ 10 đến 300ppm nguyên tử, dây hàn theo phương án này có thể tinh lọc các hạt quả cầu và chỉnh sửa hình dạng bị biến dạng trong quá trình hàn dạng quả cầu. Khi nồng độ nhỏ hơn 10ppm nguyên tử, hiệu quả trên không thể được mong đợi. Khi nồng độ vượt quá 300ppm nguyên tử, độ kéo dài phá vỡ của dây hàn giảm, và dây hàn bị phá vỡ trong quá trình hàn det, khiến cho dây hàn không thích hợp cho việc sử dụng thực tế. Tốt hơn là, nồng độ là từ 20 đến 200ppm nguyên tử, mà sẽ tạo ra hiệu quả cao hơn. Điều này là do khoảng nồng độ này có thể làm giảm sự mất cân bằng của các thành phần trong các quả cầu, làm cho các thành phần được phân phối đồng đều hơn.

Dây hàn theo phương án này có thể nâng cao khả năng hàn dẹt nếu tổng lượng nồng độ phần trăm nguyên tử của In, Ga, và Cd ở phần bề mặt dây hàn là bằng hoặc lớn hơn hai lần tổng lượng nồng độ phần trăm nguyên tử ở phần bên trong dây hàn.

Đối với sự phân tích nồng độ của dây hàn theo chiều sâu từ bề mặt, kính quang phổ điện tử Auger có thể được sử dụng. Thứ nhất, các phép đo nồng độ được thực hiện bằng cách bào bề mặt của dây hàn bằng cách phun thổi hoặc tương tự và các biên dạng nồng độ theo chiều sâu được thu. Các thành phần mà các biên dạng nồng độ của nó được thu là Ag, In, Ga, Cd, và O. Cùng với chiều sâu từ bề mặt dây dẫn, lớp kéo dài có độ sâu từ 0 đến 10nm và lớp kéo dài có độ sâu từ 20 đến 30nm được tách biệt, nồng độ trung bình trong mỗi lớp được phát hiện, và nồng độ của mỗi thành phần trong mỗi lớp được xác định.

Với hàn dẹt, trong đó dây hàn được biến dạng để đảm bảo diện tích liên kết, phần bề mặt của dây hàn càng mềm, thì càng đảm bảo diện tích liên kết dễ hơn, tạo ra độ bền liên kết lớn hơn. Do vậy, kỹ thuật là hữu dụng trong đó tập trung các thành phần mềm hơn so với Ag ở phần bề mặt của dây hàn thay vì ở phần bên trong của dây hàn. Phần bên trong của dây hàn được định rõ là lớp kéo dài theo chiều sâu từ 20 đến 30nm từ bề mặt dây dẫn trong khi phần bề mặt của dây hàn được định rõ là lớp kéo dài theo chiều sâu từ 0 đến 10nm từ bề mặt dây dẫn.

Sau khi tiến hành các nghiên cứu tích cực, các tác giả sáng chế đã thấy rằng khi tổng tỷ lệ phần trăm nguyên tử của In, Ga, và Cd ở phần bề mặt dây hàn là bằng hoặc lớn hơn hai lần tổng tỷ lệ phần trăm nguyên tử ở phần bên trong dây hàn, độ bền liên kết cao thu được trong hàn dẹt. Nghĩa là, nếu X_{0-10nm} biểu diễn nồng độ trung bình của ít nhất một hoặc nhiều thành phần được lựa

chọn từ nhóm bao gồm In, Ga, và Cd liên quan đến tổng lượng các thành phần kim loại trong lớp kéo dài theo chiều sâu từ 0 đến 10nm từ bề mặt dây dẫn và $X_{20-30nm}$ biểu diễn nồng độ trung bình trong lớp kéo dài theo chiều sâu từ 20 đến 30nm, dây hàn tạo ra độ bền liên kết cao trong hàn dẹt khi $X_{0-10nm} / X_{20-30nm} \geq 2$. Nếu $X_{0-10nm} / X_{20-30nm} < 2$, hiệu quả trên không thể được mong đợi.

Nếu kích cỡ hạt trung bình ở phần vuông góc với trục dây dẫn là 0,2 đến 3,5 μ m, dây hàn theo phương án này có thể nâng cao khả năng cung cấp của dây dẫn. Trục dây dẫn ở đây là trục đi qua tâm của dây hàn và song song với chiều dọc.

Các phương pháp thích hợp để bộc lộ phần dây dẫn bao gồm, ví dụ, đánh bóng cơ học và quy trình khắc mòn ion. Đối với phương pháp để xác định kích cỡ hạt trung bình, ví dụ, nhiễu xạ ngược điện tử (EBSD) có thể được sử dụng. Phương pháp EBSD có thể xác định ranh giới hạt bằng cách tìm ra sự bất đẳng hướng tinh thể giữa các điểm đo liên kề. Ranh giới hạt với sự bất đẳng hướng là 15 độ hoặc nhiều được định rõ là ranh giới hạt góc rộng và vùng được bao quanh bởi ranh giới hạt góc rộng được định rõ là một hạt tinh thể. Kích cỡ hạt được tính toán như đường kính, giả sử rằng diện tích được tính toán sử dụng phần mềm phân tích chuyên dụng thuộc về đường tròn.

Khi dây hàn được sử dụng để liên kết, dây hàn được quấn quanh khuôn dẫn hình trụ được gọi là trục cuộn được cấp từ từ. Trong quá trình cấp, bởi vì dây hàn được kéo căng theo chiều song song với trục dây dẫn, có sự lo ngại rằng dây hàn có thể được biến dạng, dẫn đến đường kính dây dẫn giảm. Để ngăn ngừa hiện tượng này, cần phải có cường độ điều khiển chống lại ứng suất trượt tác động theo chiều vuông góc với trục dây dẫn. Đối với phương pháp để điều

hiện cường độ chống lại ứng suất trượt, tốt hơn là làm giảm kích cỡ hạt ở phần vuông góc với trục dây dẫn.

Sau khi tiến hành các nghiên cứu tích cực, các tác giả sáng chế đã thấy rằng hiệu quả cấp cao có thể thu được nếu kích cỡ hạt trung bình ở phần vuông góc với trục dây dẫn của dây hàn là từ 0,2 đến 3,5 μm . Tốt hơn nữa là, kích cỡ hạt trung bình là từ 0,4 đến 3,0 μm , mà sẽ tạo ra hiệu quả cao hơn. Khi kích cỡ hạt trung bình vượt quá 3,5 μm , hiệu quả trên là không hữu dụng bởi vì dây dẫn được biến dạng cục bộ bởi ứng suất kéo. Khi kích cỡ hạt trung bình nhỏ hơn 0,2 μm , dây hàn được tăng cứng hơn mức cần thiết, làm tăng độ bền trong khi tiếp xúc với ống mao dẫn, và do vậy không thích hợp cho việc sử dụng thực tế.

Trong các kết quả đo thu được bằng cách đo các chiều tinh thể trong phần của dây hàn, nếu tỷ lệ lớn của chiều tinh thể $\langle 100 \rangle$ có độ lệch góc là 15 độ hoặc nhỏ hơn từ chiều dọc của dây hàn nằm trong khoảng giữa 30% và 100% (đều bao gồm) xét về tỷ lệ phần trăm diện tích, dây hàn theo phương án này có thể còn nâng cao khả năng hàn dẹt.

Liên quan đến khả năng hàn dẹt, bằng cách làm tăng tỷ lệ lớn của chiều tinh thể $\langle 100 \rangle$ có độ lệch góc là 15 độ hoặc nhỏ hơn từ chiều dọc của dây hàn trong phần của dây hàn, sự biến dạng về liên kết có thể được nâng cao, khiến có thể đạt được độ bền liên kết cao. Để đạt được hiệu quả trên, hữu hiệu khi diện tích của vùng có chiều tinh thể $\langle 100 \rangle$ với độ lệch góc là 15 độ hoặc nhỏ hơn từ chiều dọc của dây dẫn chiếm 30% hoặc lớn hơn trong tổng diện tích vùng đo của chiều tinh thể. Khi tỷ lệ lớn nhỏ hơn 30%, sự biến dạng về liên kết trở nên không đủ, khiến không thể đạt được độ bền liên kết cao trong hàn dẹt.

Các phương pháp thích hợp để bộc lộ phần của dây hàn bao gồm đánh bóng cơ học và quy trình khắc mòn ion. Các chiều tinh thể trong phần của dây hàn có thể được xác định sử dụng phương pháp EBSD. Tỷ lệ lớn của chiều tinh thể $\langle 100 \rangle$ với độ lệch góc là 15 độ hoặc nhỏ hơn từ chiều dọc của dây hàn có thể được phát hiện bằng cách tính toán tỷ lệ của diện tích được chiếm giữ bởi vùng có chiều tinh thể $\langle 100 \rangle$ với diện tích của vùng đo của các chiều tinh thể được xác định bởi EBSD hoặc tương tự. Vùng đo là phần chứa trục dây dẫn và song song với trục dây dẫn, số đo 100 μm hoặc nhỏ hơn theo chiều dọc của dây dẫn và nằm kéo dài theo toàn bộ chiều rộng của dây dẫn (độ dài về cơ bản bằng đường kính dây dẫn).

Sau khi tiến hành các nghiên cứu tích cực, các tác giả sáng chế đã thấy rằng nếu tổng tỷ lệ phần trăm nguyên tử trung bình của ít nhất một hoặc nhiều thành phần được lựa chọn từ nhóm bao gồm In, Ga, và Cd liên quan đến tổng lượng các thành phần kim loại trong lớp kéo dài theo chiều sâu từ 0 đến 1nm từ bề mặt ngoài cùng của dây hàn theo phương án này được giữ bằng hoặc lớn hơn 1,2 lần tổng tỷ lệ phần trăm nguyên tử trung bình trong lớp kéo dài theo chiều sâu từ 1 đến 10nm từ bề mặt ngoài cùng của dây hàn, tuổi thọ phục vụ của ống mao dẫn có thể được nâng cao.

Có vấn đề ở chỗ phần bên trong của ống mao dẫn bị mòn do lực ma sát với dây hàn trong quá trình cấp của dây dẫn. Để xử lý vấn đề nêu trên, nếu độ bền của bề mặt ngoài cùng của dây hàn được giảm bằng cách kiểm soát thành phần của bề mặt ngoài cùng của dây hàn để làm giảm sự ma sát giữa ống mao dẫn và dây hàn, tuổi thọ phục vụ của ống mao dẫn có thể được nâng cao. Nghĩa là, nếu $X_{0-1\text{nm}}$ biểu diễn nồng độ trung bình của ít nhất một hoặc nhiều thành phần được lựa chọn từ nhóm bao gồm In, Ga, và Cd liên quan đến tổng lượng

các thành phần kim loại trong lớp kéo dài theo chiều sâu từ 0 đến 1nm từ bề mặt dây dẫn và X_{1-10nm} biểu diễn nồng độ trung bình trong lớp kéo dài theo chiều sâu từ 1 đến 10nm, dây hàn có tuổi thọ phục vụ tuyệt vời của ống mao dẫn khi $X_{0-1nm} / X_{1-10nm} \geq 1,2$ duy trì. Nếu $X_{0-1nm} / X_{1-10nm} < 1,2$, hiệu quả trên không thể được mong đợi.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các ví dụ sẽ được mô tả chi tiết dưới đây. Ag được sử dụng làm vật liệu thô có độ tinh khiết là 99,9% nguyên tử hoặc cao hơn và phần còn lại được tạo nên từ các tạp chất phụ. In, Ga, Cd, Ni, Cu, Rh, Pd, Pt, Au, Be, B, P, Ca, Y, La, và Ce được sử dụng có độ tinh khiết là 99,9% nguyên tử hoặc cao hơn với phần còn lại được tạo nên từ các tạp chất phụ.

Hợp kim Ag được sử dụng cho dây hàn được tạo ra như sau: các vật liệu được nạp vào nồi nấu cacbon dạng hình trụ với đường kính từ 3 đến 6mm, được nấu chảy bằng cách gia nhiệt đến khoảng nhiệt độ từ 1080 đến 1600°C trong chân không hoặc trong môi trường khí trơ là N₂, Ar, hoặc khí gas khác sử dụng lò nung tần số cao, và sau đó làm mát lò nung hoặc làm mát không khí.

Hợp kim Ag nhận được được xử lý tới đường kính từ 0,9 đến 1,2mm bởi quy trình xử lý kéo và sau đó dây dẫn có đường kính từ 300 đến 600μm được tạo ra bởi quy trình xử lý kéo dây dẫn liên tục và tương tự sử dụng khuôn. Trong quá trình thực hiện như vậy, nếu ôxi hoặc lưu huỳnh được hấp thụ trong bề mặt dây dẫn, quy trình xử lý rửa axit có thể được thực hiện bằng cách sử dụng axit hydrocloric hoặc tương tự. Sau đó, bằng cách lặp lại việc xử lý nhiệt trung gian ở khoảng nhiệt độ từ 200 đến 500°C và quy trình xử lý kéo dây dẫn, dây dẫn được xử lý tới đường kính dây dẫn hoàn thiện là từ 15 đến 25μm. Dầu bôi trơn

có sẵn trên thị trường được sử dụng cho việc kéo dây, và tốc độ cấp dây dẫn trong quá trình kéo dây là từ 20 đến 300m/phút. Việc xử lý nhiệt trung gian được thực hiện trong môi trường khí Ar trong khi quét qua dây dẫn một cách liên tục. Tốc độ cấp của dây dẫn trong xử lý nhiệt trung gian là từ 20 đến 200m/phút. Nếu việc xử lý nhiệt trung gian ở khoảng nhiệt độ từ 200 đến 500°C được thực hiện ba lần hoặc nhiều hơn, nồng độ của một hoặc nhiều trong số các thành phần In, Ga, và Cd trong lớp kéo dài theo chiều sâu từ 0 đến 10nm có thể được giữ cao hơn so với nồng độ trong lớp kéo dài theo chiều sâu từ 20 đến 30nm từ bề mặt dây dẫn. Tốt hơn là, nhiệt độ xử lý nhiệt trung gian nằm trong khoảng từ 200 đến 330°C trong lần thứ nhất, trong khoảng từ 250 đến 400°C trong lần thứ hai, và trong khoảng từ 350°C đến 500°C trong lần thứ ba và các lần sau đó, mà sẽ tạo ra hiệu quả cao hơn. Đây là do tác động mà nhờ đó thành phần được bổ sung bởi các sự khuếch tán xử lý nhiệt trong bề mặt của dây hàn. Ngoài ra, nếu đường kính dây dẫn được trải qua xử lý nhiệt trung gian là từ 50 đến 100μm hoặc lớn hơn, kích cỡ hạt trung bình trong phân theo chiều vuông góc với trục dây dẫn có thể được giữ từ 0,2 đến 3,5μm. Điều này là do hiệu quả của việc có thể điều khiển sự tăng trưởng hạt trong quá trình tái kết tinh. Hơn nữa, nếu tốc độ cấp dây dẫn trong quá trình kéo dây được thiết đặt từ 200 đến 300m/phút và nhiệt độ xử lý nhiệt trung gian được thiết đặt từ 200 đến 300°C, tỷ lệ lớn của chiều tinh thể $\langle 100 \rangle$ với độ lệch góc là 15 độ hoặc nhỏ hơn từ chiều dọc của dây hàn có thể được tăng lên đến 30% hoặc cao hơn. Lưu ý là kỹ thuật này cũng hữu dụng khi việc xử lý nhiệt trung gian được thực hiện nhiều lần.

Việc xử lý nhiệt hoàn thiện được thực hiện sao cho độ kéo dài phá vỡ của dây dẫn sau khi quy trình xử lý kéo dây dẫn cuối cùng sẽ xấp xỉ từ 9 đến 15%. Việc xử lý nhiệt hoàn thiện được thực hiện sử dụng phương pháp tương tự với

phương pháp được sử dụng để xử lý nhiệt trung gian. Tốc độ cấp dây dẫn trong quá trình xử lý nhiệt hoàn thiện là từ 20 đến 200m/phút như với việc xử lý nhiệt trung gian. Nhiệt độ xử lý nhiệt hoàn thiện là từ 200 đến 600°C và thời gian xử lý nhiệt là từ 0,2 đến 1,0 giây. Ở đây, nếu quy trình gia nhiệt bổ sung được thực hiện sau khi xử lý nhiệt hoàn thiện từ 350 đến 500°C trong khoảng từ 0,2 đến 0,5 giây, nồng độ của một hoặc nhiều trong số các thành phần In, Ga, và Cd trong lớp kéo dài theo chiều sâu từ 0 đến 10nm từ bề mặt dây dẫn có thể được giữ bằng hoặc lớn hơn 1,2 lần nồng độ trong lớp kéo dài theo chiều sâu từ 1 đến 10nm.

Các ví dụ về việc đánh giá độ tin cậy liên kết được tạo ra như sau: các điện cực được tạo ra bằng cách tạo nên màng Al có độ dày 1,0µm trên tấm nền Si trên khung kim loại điển hình, hàn dạng quả cầu sử dụng chất hàn dây dẫn có sẵn trên thị trường, và được gắn kín bởi nhựa epoxy có sẵn trên thị trường. Các quả cầu được tạo nên bằng cách đưa khí $N_2 + 5\%H_2$ ở tốc độ dòng chảy là từ 0,4 đến 0,6L/phút, và quả cầu đường kính nằm trong khoảng từ 1,5 đến 1,6 lần đường kính dây dẫn. Độ tin cậy liên kết trong môi trường độ ẩm và nhiệt độ cao được xác định sử dụng bộ thử nghiệm nồi nấu áp suất chưa bão hòa từ tuổi thọ liên kết của việc hàn dạng quả cầu được đưa ra tới môi trường độ ẩm và nhiệt độ cao ở nhiệt độ là 130°C và độ ẩm tương đối là 85%. Bằng cách tiến hành thử nghiệm cắt của việc hàn dạng quả cầu ở mỗi 100 giờ, tuổi thọ liên kết của việc hàn dạng quả cầu được định rõ là thời gian mà tại đó trị số về độ bền cắt đạt đến 1/3 độ bền cắt thu được ban đầu. Trước khi tiến hành thử nghiệm cắt sau khi thử nghiệm độ ẩm và nhiệt độ cao, việc hàn dạng quả cầu được đưa ra bằng cách loại bỏ nhựa bằng cách xử lý axit. Với bộ thử nghiệm cắt, bộ thử nghiệm liên kết được sản xuất bởi DAGE Co., Ltd. được sử dụng. Với trị số về độ bền cắt, trị số

trung bình của các trị số được đo của các liên kết dạng quả cầu ở mười vị trí được lựa chọn ngẫu nhiên được sử dụng. Trong việc đánh giá nêu trên, khi tuổi thọ liên kết là ngắn hơn 300 giờ, dấu tam giác được đưa ra để đánh giá rằng có vấn đề trong sử dụng thực tiễn, khi tuổi thọ liên kết là bằng hoặc dài hơn 300 giờ và ngắn hơn 500 giờ, dấu hình tròn đơn được đưa ra để đánh giá rằng không có vấn đề trong sử dụng thực tiễn, khi tuổi thọ liên kết là bằng hoặc dài hơn 500 giờ, dấu hình tròn kép được đưa ra để đánh giá rằng đây là kết quả rất tốt, và khi tuổi thọ liên kết là bằng hoặc dài hơn 1000 giờ, dấu sao được đưa ra.

Các ví dụ về việc đánh giá đặc tính đàn hồi được tạo ra bằng cách thực hiện liên kết ngược nhờ sử dụng chất liên kết dây dẫn có sẵn trên thị trường trên các bướu lỗi được tạo nên trên các điện cực trên các phần tử bán dẫn, mà ở đó liên kết ngược là phương pháp liên kết để thực hiện hàn dệt. Liên quan đến các điều kiện liên kết, độ dài mạch điện là 3,0mm và độ cao mạch điện là 0,13mm. Các phần mạch điện của 200 dây hàn sau khi liên kết được quan sát dưới kính hiển vi quang học và điểm bất kỳ mà ở đó các dây hàn liên tiếp tiếp xúc với nhau được đánh giá là khuyết tật. Khi có năm khuyết tật hoặc nhiều hơn, dấu tam giác được đưa ra để đánh giá rằng có vấn đề trong sử dụng thực tiễn, khi có từ một đến bốn khuyết tật, dấu hình tròn đơn được đưa ra để đánh giá rằng không có vấn đề trong sử dụng thực tiễn, và khi không có khuyết tật, dấu hình tròn kép được đưa ra để đánh giá rằng đây là kết quả rất tốt.

Đặc tính hư hại chip được đánh giá như sau: các điện cực được tạo ra bằng cách tạo nên màng Al dày 1,0 μ m trên tấm nền Si và hàn dạng quả cầu sử dụng chất liên kết dây dẫn có sẵn trên thị trường, và tấm nền Si ngay dưới các liên kết dạng quả cầu được quan sát dưới kính hiển vi quang học. Vết bất kỳ trên tấm nền Si mà tại đó các vết nứt được phát hiện được đánh giá là khuyết tật. Một

trăm vết được quan sát, và khi có một hoặc nhiều khuyết tật, dầu tam giác được đưa ra để đánh giá rằng có vấn đề trong sử dụng thực tiễn, và khi không có khuyết tật, dầu hình tròn đơn được đưa ra để đánh giá rằng đây là kết quả rất tốt.

Tuổi thọ phục vụ của dây hàn được đánh giá như sau: liên kết được thực hiện sau khi dây hàn được giữ nguyên trong môi trường không khí chuẩn trong khoảng thời gian định trước, và sau đó các sự đánh giá đã được thực hiện xem các quả cầu tốt có được tạo nên hay không và các liên kết dạng quả cầu và các hàn dẹt có ở trạng thái liên kết tốt hay không. Một trăm quả cầu được quan sát dưới kính hiển vi quang học, và khi có năm hoặc nhiều quả cầu với tính tròn thấp hoặc các độ không đồng đều bề mặt, việc tạo hình quả cầu được đánh giá là khuyết tật. Liên quan đến các điều kiện tạo hình quả cầu, khí $N_2 + 5\%H_2$ được sử dụng ở tốc độ dòng chảy từ 0,4 đến 0,6L/phút và đường kính của quả cầu bằng khoảng từ 1,5 đến 1,6 lần đường kính dây dẫn. Để đánh giá xem các liên kết dạng quả cầu và các hàn dẹt có ở trạng thái liên kết tốt hay không, liên kết được thực hiện 1000 lần liên tục sử dụng chất liên kết dây dẫn có sẵn trên thị trường. Các liên kết dạng quả cầu và các hàn dẹt được quan sát dưới kính hiển vi quang học, và khi các khuyết tật như sự phân tách được phát hiện trong ba hoặc nhiều liên kết, dây hàn được đánh giá là khuyết tật. Khi bất kỳ trong số các khuyết tật nêu trên xuất hiện trong khoảng thời gian thực hiện ngắn hơn 12 tháng, dầu tam giác được đưa ra để đánh giá rằng có vấn đề trong sử dụng thực tiễn, khi khuyết tật xuất hiện trong khoảng thời gian thực hiện là dài hơn 12 tháng và ngắn hơn 18 tháng, dầu hình tròn đơn được đưa ra để đánh giá rằng không có vấn đề trong sử dụng thực tiễn, khi khuyết tật xuất hiện trong khoảng thời gian thực hiện là dài hơn 18 tháng và ngắn hơn 24 tháng, dầu hình tròn kép được đưa ra để đánh giá rằng đây là kết quả tốt, và khi không có khuyết tật xuất

hiện trong suốt khoảng thời gian thực hiện dài hơn 24 tháng, dấu sao được đưa ra để đánh giá rằng đây là kết quả rất tốt.

Các hình dạng bị biến dạng của các quả cầu được đánh giá như sau: các điện cực được tạo ra bằng cách tạo nên màng nhôm dày $1,0\mu\text{m}$ trên tấm nền Si, dạng quả cầu được hàn sử dụng chất liên kết dây dẫn có sẵn trên thị trường, và được quan sát trực tiếp từ bên trên sử dụng kính hiển vi quang học. Các hình dạng bị biến dạng của các quả cầu được đánh giá như sau: hình dạng bị biến dạng gần với dạng hình tròn được đánh giá là tốt và hình dạng bị biến dạng hình ôvan hoặc hình hoa được đánh giá là khuyết tật. Một trăm liên kết dạng quả cầu được quan sát dưới kính hiển vi quang học, và khi có năm hoặc nhiều liên kết khuyết tật, dấu tam giác được đưa ra để đánh giá rằng có vấn đề trong sử dụng thực tiễn, khi có từ một đến bốn liên kết khuyết tật, dấu hình tròn đơn được đưa ra để đánh giá rằng không có vấn đề trong sử dụng thực tiễn, và khi không có liên kết khuyết tật, dấu hình tròn kép được đưa ra để đánh giá rằng đây là kết quả rất tốt.

Khả năng hàn dẹt được đánh giá như sau: việc hàn dẹt được thực hiện bằng chất liên kết dây dẫn có sẵn trên thị trường sử dụng khung kim loại điển hình được mạ Ag và các liên kết dẹt được quan sát. Liên quan đến các điều kiện liên kết, các điều kiện liên kết được dùng thông thường được sử dụng. Năm mươi liên kết dẹt được quan sát dưới kính hiển vi quang học, và khi có sự phân tách của dây hàn trên năm liên kết hoặc nhiều hơn, dấu tam giác được đưa ra để đánh giá rằng có vấn đề trong sử dụng thực tiễn, khi có sự phân tách trên ba đến bốn liên kết, dấu hình tròn đơn được đưa ra để đánh giá rằng không có vấn đề trong sử dụng thực tiễn, khi có sự phân tách trên một đến hai liên kết, dấu hình

tròn kép được đưa ra để đánh giá rằng đây là kết quả tốt, và khi không có liên kết khuyết tật, dấu sao được đưa ra để đánh giá rằng đây là kết quả rất tốt.

Hiệu quả cáp dây hàn được đánh giá như sau: liên kết được thực hiện dưới các điều kiện liên kết cụ thể, sau đó các phân mạch điện của các dây hàn được quan sát dưới kính hiển vi quét, các đường kính được đo, và tỷ lệ suy giảm của đường kính đối với dây hàn trước khi liên kết được xác định. Dây hàn bất kỳ với tỷ lệ suy giảm là 80% hoặc nhỏ hơn được đánh giá là khuyết tật. Ba mươi dây hàn được quan sát, và khi có năm dây hàn khuyết tật hoặc nhiều hơn, dấu tam giác được đưa ra để đánh giá rằng có vấn đề trong sử dụng thực tiễn, khi có ba hoặc bốn các dây hàn khuyết tật, dấu hình tròn đơn được đưa ra để đánh giá rằng không có vấn đề trong sử dụng thực tiễn, khi có một đến hai dây hàn khuyết tật, dấu hình tròn kép được đưa ra để đánh giá rằng đây là kết quả tốt, và khi không có dây hàn khuyết tật, dấu sao được đưa ra để đánh giá rằng đây là kết quả rất tốt.

Tuổi thọ phục vụ của ống mao dẫn được đánh giá dựa vào lượng ăn mòn của lỗ ở đầu ống mao dẫn bằng cách quan sát lỗ ở đầu của ống mao dẫn trước khi và sau khi sử dụng. Các điều kiện liên kết cụ thể được sử dụng. Nếu không có độ mòn khi ống mao dẫn được quan sát sau khi việc hàn dây hàn được thực hiện 3000 lần, dấu hình tròn đơn được đưa ra để đánh giá rằng không có vấn đề trong sử dụng thực tiễn, và nếu không có độ mòn khi ống mao dẫn được quan sát sau khi việc hàn được thực hiện 10000 lần, dấu hình tròn kép được đưa ra để đánh giá rằng đây là kết quả tốt.

Bảng 1-1 đến bảng 1-10 thể hiện các ví dụ mô tả các đặc điểm chẳng hạn như các hợp phần của các dây hàn theo sáng chế cũng như mô tả các kết quả

đánh giá của các dây hàn tương ứng. Bảng 2-1 và bảng 2-2 thể hiện các ví dụ so sánh.

Dây hàn theo điểm 1 tương ứng với các số 1 đến 188, mà, đã được xác nhận, đáp ứng độ tin cậy liên kết, đặc tính đàn hồi, và đặc tính hư hại chip được yêu cầu trong bao gói mật độ cao. Ngược lại, như được thể hiện ở các số từ 1 đến 7 theo các ví dụ so sánh, được xác nhận rằng khi các nồng độ của In, Ga, và Cd là nằm trong khoảng nêu trên, các hiệu quả đầy đủ là không khả dụng. Dây hàn theo điểm 2 tương ứng với các số từ 31 đến 94, 123 đến 127, 131 đến 135, 140 đến 144, 148 đến 152, 156 đến 160, 164 đến 168, 173 đến 177, 180, và 182, mà, đã được xác nhận, có thể nâng cao tuổi thọ phục vụ của dây hàn. Dây hàn theo điểm 3 tương ứng với các số từ 95 đến 127, 134, 135, 143, 144, 151, 152, 159, 160, 167, 168, 176, và 177, mà, đã được xác nhận, tạo ra các dạng quả cầu được xếp xuống tuyệt vời. Dây hàn theo điểm 4 tương ứng với các số từ 1 đến 127 và 136 đến 180, mà, đã được xác nhận, tạo ra khả năng hàn dẹt tốt. Dây hàn theo điểm 5 tương ứng với các số từ 1 đến 135, 137 đến 168, và 170 đến 188, mà, đã được xác nhận, tạo ra hiệu quả cấp dây dẫn tuyệt vời. Dây hàn theo điểm 6 tương ứng với các số từ 170 đến 188, mà, đã được xác nhận, tạo ra khả năng hàn dẹt tốt hơn. Dây hàn theo điểm 7 tương ứng với các số từ 182 đến 188, mà, đã được xác nhận, tạo ra tuổi thọ phục vụ của ống mao dẫn tuyệt vời.

Bảng 1-1

Mẫu số		Các đặc điểm																Tỷ lệ của hạt <100> theo tiết diện dọc (%)		
		Nồng độ In (% nguyên tử)	Nồng độ Ga (% nguyên tử)	Nồng độ Cd (% nguyên tử)	Nồng độ Ni (% nguyên tử)	Nồng độ Cu (% nguyên tử)	Nồng độ Rh (% nguyên tử)	Nồng độ Pd (% nguyên tử)	Nồng độ Pt (% nguyên tử)	Nồng độ Au (% nguyên tử)	Nồng độ Be (% nguyên tử)	Nồng độ B (% nguyên tử)	Nồng độ P (% nguyên tử)	Nồng độ Ca (% nguyên tử)	Nồng độ Y (% nguyên tử)	Nồng độ La (% nguyên tử)	Nồng độ Ce (% nguyên tử)		$X_{0-10\mu m} / X_{0-30\mu m}$	Kích cỡ hạt trung bình (μm)
1	0,05																	2	0,2	20
2	0,1																	2	0,2	20
3	0,5																	2	0,2	20
4	1																	2	0,2	20
5	2																	2	0,2	20
6	5																	2	0,2	20
7		0,05																2	0,2	20
8		0,1																2	0,2	20
9		0,5																2	0,2	20
10		1																2	0,2	20
11		2																2	0,2	20
12		5																2	0,2	20
13			0,05															2	0,2	20
14			0,1															2	0,2	20
15			0,5															2	0,2	20
16			1															2	0,2	20
17			2															2	0,2	20
18			5															2	0,2	20
19	0,03	0,02																2	0,2	20
20	0,03		0,02															2	0,2	20
21		0,05	0,05															2	0,2	20
22	0,05		0,05															2	0,2	20
23	1,5	0,5																2	0,2	20
24	1,5		0,5															2	0,2	20
25	3	2																2	0,2	20
26	4		1															2	0,2	20
27	0,02	0,01	0,02															2	0,2	20
28	0,5	0,3	0,2															2	0,2	20
29	1,5	0,5	0,5															2	0,2	20
30	1	3	1															2	0,2	20
31	0,1			0,01														2	0,2	20
32	"			0,5														2	0,2	20
33	"			3														2	0,2	20
34	"			5														2	0,2	20
35	2			0,01														2	0,2	20
36	"			0,5														2	0,2	20

Bảng 1-2

Các đặc điểm																				Tỷ lệ của chiều <100> theo lát diện dọc (%)
Mẫu số	Nồng độ In (% nguyên tử)	Nồng độ Ga (% nguyên tử)	Nồng độ Cd (% nguyên tử)	Nồng độ Ni (% nguyên tử)	Nồng độ Cu (% nguyên tử)	Nồng độ Rh (% nguyên tử)	Nồng độ Pd (% nguyên tử)	Nồng độ Pt (% nguyên tử)	Nồng độ Au (% nguyên tử)	Nồng độ Be (% nguyên tử)	Nồng độ B (% nguyên tử)	Nồng độ P (% nguyên tử)	Nồng độ Ca (% nguyên tử)	Nồng độ Y (% nguyên tử)	Nồng độ La (% nguyên tử)	Nồng độ Ce (% nguyên tử)	$X_{Ce-100m}/X_{Ce-20m}$	Kích cỡ hạt trung bình (μm)	Tỷ lệ của chiều <100> theo lát diện dọc (%)	
37	2			3													2	0,2	20	
38	"			5													2	0,2	20	
39	0,1				0,01												2	0,2	20	
40	"				0,5												2	0,2	20	
41	"				3												2	0,2	20	
42	"				5												2	0,2	20	
43	2				0,01												2	0,2	20	
44	"				0,5												2	0,2	20	
45	"				3												2	0,2	20	
46	"				5												2	0,2	20	
47	0,1					0,01											2	0,2	20	
48	"					0,5											2	0,2	20	
49	"					3											2	0,2	20	
50	"					5											2	0,2	20	
51	2					0,01											2	0,2	20	
52	"					0,5											2	0,2	20	
53	"					3											2	0,2	20	
54	"					5											2	0,2	20	
55	0,1						0,01										2	0,2	20	
56	"						0,5										2	0,2	20	
57	"						3										2	0,2	20	
58	"						5										2	0,2	20	
59	2						0,01										2	0,2	20	
60	"						0,5										2	0,2	20	
61	"						3										2	0,2	20	
62	"						5										2	0,2	20	
63	0,1							0,01									2	0,2	20	
64	"							0,5									2	0,2	20	
65	"							3									2	0,2	20	
66	"							5									2	0,2	20	
67	2							0,01									2	0,2	20	
68	"							0,5									2	0,2	20	
69	"							3									2	0,2	20	
70	"							5									2	0,2	20	
71	0,1								0,01								2	0,2	20	
72	"								0,5								2	0,2	20	

Bảng 1-3

Mẫu số	Các đặc điểm																	Tỷ lệ của chiều <100> theo tất diện dọc (%)	
	Nồng độ In (% nguyên tử)	Nồng độ Ga (% nguyên tử)	Nồng độ Cd (% nguyên tử)	Nồng độ Ni (% nguyên tử)	Nồng độ Cu (% nguyên tử)	Nồng độ Rh (% nguyên tử)	Nồng độ Pd (% nguyên tử)	Nồng độ Pt (% nguyên tử)	Nồng độ Au (% nguyên tử)	Nồng độ Be (% nguyên tử)	Nồng độ B (% nguyên tử)	Nồng độ P (% nguyên tử)	Nồng độ Ca (% nguyên tử)	Nồng độ Y (% nguyên tử)	Nồng độ La (% nguyên tử)	Nồng độ Ce (% nguyên tử)	$X_{\text{Ce}-\text{La}} / X_{\text{Ce}-\text{La}}^{\text{theo}}$		Kích cỡ hạt trung bình (μm)
73	0.1								3								2	0.2	20
74	0.1								5								2	0.2	20
75	2								0.01								2	0.2	20
76	2								0.5								2	0.2	20
77	2								3								2	0.2	20
78	2								5								2	0.2	20
79	1.5			0.1			0.4										2	0.2	20
80	1.5			1			2										2	0.2	20
81	1.5						0.4		0.1								2	0.2	20
82	1.5						2		1								2	0.2	20
83	1.5				0.1		0.4		0.1								2	0.2	20
84	1.5				0.5		2		0.4								2	0.2	20
85	1.5						0.4	0.05	0.1								2	0.2	20
86	1.5						2	0.05	0.5								2	0.2	20
87	1.5	0.5					0.4		0.1								2	0.2	20
88	1.5		0.5				0.4		0.1								2	0.2	20
89	3	2					2		1								2	0.2	20
90	4		1				2		1								2	0.2	20
91	0.02	0.01	0.02				0.4		0.1								2	0.2	20
92	0.5	0.3	0.2				2		1								2	0.2	20
93	1	1	0.5				2		1								2	0.2	20
94	3	1	1				2		1								2	0.2	20
95	1.5									10							2	0.2	20
96	1.5									20							2	0.2	20
97	1.5									200							2	0.2	20
98	1.5									300							2	0.2	20
99	1.5										10						2	0.2	20
100	1.5										20						2	0.2	20
101	1.5										200						2	0.2	20
102	1.5										300						2	0.2	20
103	1.5											10					2	0.2	20
104	1.5											20					2	0.2	20
105	1.5											200					2	0.2	20
106	1.5											300					2	0.2	20
107	1.5												10				2	0.2	20
108	1.5												20				2	0.2	20

Bảng 1-4

Mẫu số	Các đặc điểm														Tỷ lệ của chiều <100> theo tiết diện dọc (%)				
	Nồng độ In (% nguyên tử)	Nồng độ Ga (% nguyên tử)	Nồng độ Cd (% nguyên tử)	Nồng độ Ni (% nguyên tử)	Nồng độ Cu (% nguyên tử)	Nồng độ Rh (% nguyên tử)	Nồng độ Pd (% nguyên tử)	Nồng độ Pt (% nguyên tử)	Nồng độ Au (% nguyên tử)	Nồng độ Be (% nguyên tử)	Nồng độ B (ppm nguyên tử)	Nồng độ P (ppm nguyên tử)	Nồng độ Ca (ppm nguyên tử)	Nồng độ Y (ppm nguyên tử)		Nồng độ La (ppm nguyên tử)	Nồng độ Ce (ppm nguyên tử)	X_{Ce-100} / X_{La-300}	Kích cỡ hạt trung bình (μm)
109	1,5												200				2	0,2	20
110	1,5												300				2	0,2	20
111	1,5													10			2	0,2	20
112	1,5													20			2	0,2	20
113	1,5													200			2	0,2	20
114	1,5													300			2	0,2	20
115	1,5														10		2	0,2	20
116	1,5														20		2	0,2	20
117	1,5														200		2	0,2	20
118	1,5														300		2	0,2	20
119	1,5															10	2	0,2	20
120	1,5															20	2	0,2	20
121	1,5															200	2	0,2	20
122	1,5															300	2	0,2	20
123	1,5						1				10		10				2	0,2	20
124	1,5						2		0,5	10				10			2	0,2	20
125	1,5						0,4	0,05	0,1			10					2	0,2	20
126	1,5						2	0,05	0,5			10				10	2	0,2	20
127	1,5						2	0,05	0,5		5	10	5			10	2	0,2	20
128	1,5																1,5	0,2	20
129		1,5															1,5	0,2	20
130			1,5														1,5	0,2	20
131	1,5						1										1,5	0,2	20
132	1,5						2		0,5								1,5	0,2	20
133	1,5						0,4	0,05	0,1								1,5	0,2	20
134	1,5						1				30						1,5	0,2	20
135	1,5						2		0,5								1,5	0,2	20
136	1,5																2	0,1	20
137	1,5																2	0,2	20
138		1,5															2	0,2	20
139			1,5														2	0,2	20
140	1,5						1										2	0,2	20
141	1,5																2	0,2	20
142	1,5																2	0,2	20
143	1,5																2	0,2	20
144	1,5												30				2	0,2	20

Bảng 1-5

[illegible]

Bảng 1-6

Mẫu số	Hoạt động và hiệu quả						Hiệu quả cấp dây dẫn
	Độ ổn định liên kết (nhiệt độ: 130 độ C, độ ẩm tương đối: 85%)	Hiệu suất dẫn hồi	Sự hư hại chip	Tuổi thọ phục vụ	Dạng bị hàn được xếp xuống	Khả năng liên kết nôm	
1	○	○	○	○	○	◎	◎
2	◎	◎	○	○	○	◎	◎
3	☆	◎	○	○	○	◎	◎
4	☆	◎	○	○	○	◎	◎
5	◎	◎	○	○	○	◎	◎
6	○	○	○	○	○	◎	◎
7	○	○	○	○	○	◎	◎
8	◎	◎	○	○	○	◎	◎
9	☆	◎	○	○	○	◎	◎
10	☆	◎	○	○	○	◎	◎
11	◎	◎	○	○	○	◎	◎
12	○	○	○	○	○	◎	◎
13	○	○	○	○	○	◎	◎
14	◎	◎	○	○	○	◎	◎
15	☆	◎	○	○	○	◎	◎
16	☆	◎	○	○	○	◎	◎
17	◎	◎	○	○	○	◎	◎
18	○	○	○	○	○	◎	◎
19	○	○	○	○	○	◎	◎
20	○	○	○	○	○	◎	◎
21	◎	◎	○	○	○	◎	◎
22	◎	◎	○	○	○	◎	◎
23	◎	◎	○	○	○	◎	◎
24	◎	◎	○	○	○	◎	◎
25	○	○	○	○	○	◎	◎
26	○	○	○	○	○	◎	◎
27	○	○	○	○	○	◎	◎
28	☆	◎	○	○	○	◎	◎
29	◎	◎	○	○	○	◎	◎
30	○	○	○	○	○	◎	◎
31	◎	◎	○	◎	○	◎	◎
32	◎	◎	○	☆	○	◎	◎
33	◎	◎	○	☆	○	◎	◎
34	◎	◎	○	◎	○	◎	◎
35	◎	◎	○	◎	○	◎	◎
36	◎	◎	○	☆	○	◎	◎

Bảng 1-7

Mẫu số	Hoạt động và hiệu quả						Hiệu quả cấp dây dẫn
	Độ ổn định liên kết (nhiệt độ: 130 độ C, độ ẩm tương đối 85%)	Hiệu suất đàn hồi	Sự hư hại chip	Tuổi thọ phục vụ	Dạng bị hàn được xếp xuống	Khả năng liên kết nôm	
37	◎	◎	○	☆	○	◎	◎
38	◎	◎	○	◎	○	◎	◎
39	◎	◎	○	◎	○	◎	◎
40	◎	◎	○	☆	○	◎	◎
41	◎	◎	○	☆	○	◎	◎
42	◎	◎	○	◎	○	◎	◎
43	◎	◎	○	◎	○	◎	◎
44	◎	◎	○	☆	○	◎	◎
45	◎	◎	○	☆	○	◎	◎
46	◎	◎	○	◎	○	◎	◎
47	◎	◎	○	◎	○	◎	◎
48	◎	◎	○	☆	○	◎	◎
49	◎	◎	○	☆	○	◎	◎
50	◎	◎	○	◎	○	◎	◎
51	◎	◎	○	◎	○	◎	◎
52	◎	◎	○	☆	○	◎	◎
53	◎	◎	○	☆	○	◎	◎
54	◎	◎	○	◎	○	◎	◎
55	◎	◎	○	◎	○	◎	◎
56	◎	◎	○	☆	○	◎	◎
57	◎	◎	○	☆	○	◎	◎
58	◎	◎	○	◎	○	◎	◎
59	◎	◎	○	◎	○	◎	◎
60	◎	◎	○	☆	○	◎	◎
61	◎	◎	○	☆	○	◎	◎
62	◎	◎	○	◎	○	◎	◎
63	◎	◎	○	◎	○	◎	◎
64	◎	◎	○	☆	○	◎	◎
65	◎	◎	○	☆	○	◎	◎
66	◎	◎	○	◎	○	◎	◎
67	◎	◎	○	◎	○	◎	◎
68	◎	◎	○	☆	○	◎	◎
69	◎	◎	○	☆	○	◎	◎
70	◎	◎	○	◎	○	◎	◎
71	◎	◎	○	◎	○	◎	◎
72	◎	◎	○	☆	○	◎	◎

Bảng 1-8

Mẫu số	Hoạt động và hiệu quả					
	Độ ổn định liên kết (nhiệt độ: 130 độ C độ ẩm tương đối 85%)	Hiệu suất dàn hồi	Sự hư hại chíp	Tuổi thọ phục vụ	Dạng bi hàn được xếp xuống	Khả năng liên kết nệm
73	◎	◎	○	☆	○	◎
74	◎	◎	○	◎	○	◎
75	◎	◎	○	◎	○	◎
76	◎	◎	○	☆	○	◎
77	◎	◎	○	☆	○	◎
78	◎	◎	○	◎	○	◎
79	◎	◎	○	☆	○	◎
80	◎	◎	○	☆	○	◎
81	◎	◎	○	☆	○	◎
82	◎	◎	○	☆	○	◎
83	◎	◎	○	☆	○	◎
84	◎	◎	○	☆	○	◎
85	◎	◎	○	☆	○	◎
86	◎	◎	○	☆	○	◎
87	◎	◎	○	☆	○	◎
88	◎	◎	○	☆	○	◎
89	◎	◎	○	☆	○	◎
90	◎	◎	○	☆	○	◎
91	○	◎	○	☆	○	◎
92	◎	◎	○	☆	○	◎
93	◎	◎	○	☆	○	◎
94	◎	◎	○	☆	○	◎
95	◎	◎	○	○	◎	◎
96	◎	◎	○	○	☆	◎
97	◎	◎	○	○	☆	◎
98	◎	◎	○	○	◎	◎
99	◎	◎	○	○	◎	◎
100	◎	◎	○	○	☆	◎
101	◎	◎	○	○	☆	◎
102	◎	◎	○	○	◎	◎
103	◎	◎	○	○	◎	◎
104	◎	◎	○	○	☆	◎
105	◎	◎	○	○	☆	◎
106	◎	◎	○	○	◎	◎
107	◎	◎	○	○	◎	◎
108	◎	◎	○	○	☆	◎

Bảng 1-9

Mẫu số	Hoạt động và hiệu quả						Hiệu quả cấp đầy dẫn
	Độ ổn định liên kết (nhiệt độ: 130 độ C độ ẩm tương đối 85%)	Hiệu suất đàn hồi	Sự hư hại chíp	Tuổi thọ phục vụ	Dạng bị hàn được xếp xuống	Khả năng liên kết nệm	
109	◎	◎	○	○	☆	◎	◎
110	◎	◎	○	○	◎	◎	◎
111	◎	◎	○	○	◎	◎	◎
112	◎	◎	○	○	☆	◎	◎
113	◎	◎	○	○	☆	◎	◎
114	◎	◎	○	○	◎	◎	◎
115	◎	◎	○	○	◎	◎	◎
116	◎	◎	○	○	☆	◎	◎
117	◎	◎	○	○	☆	◎	◎
118	◎	◎	○	○	◎	◎	◎
119	◎	◎	○	○	◎	◎	◎
120	◎	◎	○	○	☆	◎	◎
121	◎	◎	○	○	☆	◎	◎
122	◎	◎	○	○	◎	◎	◎
123	◎	◎	○	☆	☆	◎	◎
124	◎	◎	○	☆	☆	◎	◎
125	◎	◎	○	☆	☆	◎	◎
126	◎	◎	○	☆	☆	◎	◎
127	◎	◎	○	☆	☆	◎	◎
128	◎	◎	○	○	○	○	◎
129	◎	◎	○	○	○	○	◎
130	◎	◎	○	○	○	○	◎
131	◎	◎	○	☆	○	○	◎
132	◎	◎	○	☆	○	○	◎
133	◎	◎	○	☆	○	○	◎
134	◎	◎	○	☆	☆	○	◎
135	◎	◎	○	☆	☆	○	◎
136	◎	◎	○	○	○	◎	○
137	◎	◎	○	○	○	◎	◎
138	◎	◎	○	○	○	◎	◎
139	◎	◎	○	○	○	◎	◎
140	◎	◎	○	☆	○	◎	◎
141	◎	◎	○	○	☆	◎	◎
142	◎	◎	○	○	◎	◎	◎
143	◎	◎	○	○	◎	◎	◎
144	◎	◎	○	○	☆	◎	◎

Bảng 1-10

Mẫu số	Hoạt động và hiệu quả							Tuổi thọ phục vụ của ống mao dẫn
	Đổ ổn định liên kết (nhiệt độ: 130 độ C độ ẩm tương đối 85%)	Hiệu suất dẫn hồi	Sự hư hại chip	Tuổi thọ phục vụ	Dạng bị hàn được xếp xuống	Khả năng liên kết nhem	Hiệu quả cấp dây dẫn	
145	◎	◎	○	○	○	◎	☆	
146	◎	◎	○	○	○	◎	☆	
147	◎	◎	○	○	○	◎	☆	
148	◎	◎	○	☆	○	◎	☆	
149	◎	◎	○	☆	○	◎	☆	
150	◎	◎	○	☆	○	◎	☆	
151	◎	◎	○	☆	☆	◎	☆	
152	◎	◎	○	☆	☆	◎	☆	
153	◎	◎	○	○	○	◎	☆	
154	◎	◎	○	○	○	◎	☆	
155	◎	◎	○	○	○	◎	☆	
156	◎	◎	○	☆	○	◎	☆	
157	◎	◎	○	☆	○	◎	☆	
158	◎	◎	○	☆	○	◎	☆	
159	◎	◎	○	☆	☆	◎	☆	
160	◎	◎	○	☆	☆	◎	☆	
161	◎	◎	○	○	○	◎	◎	
162	◎	◎	○	○	○	◎	◎	
163	◎	◎	○	○	○	◎	◎	
164	◎	◎	○	☆	○	◎	◎	
165	◎	◎	○	☆	○	◎	◎	
166	◎	◎	○	☆	○	◎	◎	
167	◎	◎	○	☆	☆	◎	◎	
168	◎	◎	○	☆	☆	◎	◎	
169	◎	◎	○	○	○	◎	○	
170	◎	◎	○	○	○	☆	○	
171	◎	◎	○	○	○	☆	○	
172	◎	◎	○	○	○	☆	○	
173	◎	◎	○	☆	○	☆	◎	
174	◎	◎	○	☆	○	☆	◎	
175	◎	◎	○	☆	○	☆	◎	
176	◎	◎	○	☆	☆	☆	◎	
177	◎	◎	○	☆	☆	☆	◎	
178	◎	◎	○	○	○	☆	◎	○
179	○	◎	○	○	○	☆	◎	○
180	◎	◎	○	◎	○	☆	◎	○
181	◎	◎	○	○	○	◎	◎	○
182	◎	◎	○	◎	○	◎	◎	◎
183	◎	◎	○	○	○	◎	◎	◎
184	○	◎	○	○	○	◎	◎	◎
185	◎	◎	○	○	○	◎	◎	◎
186	◎	◎	○	○	○	◎	◎	◎
187	◎	◎	○	○	○	◎	◎	◎
188	◎	◎	○	○	○	◎	◎	◎

Bảng 2-1

Mẫu số	Các đặc điểm													Tỷ lệ của chiều <100> theo tiết diện dọc (%)					
	Nồng độ In (% nguyên tử)	Nồng độ Ga (% nguyên tử)	Nồng độ Cd (% nguyên tử)	Nồng độ Ni (% nguyên tử)	Nồng độ Cu (% nguyên tử)	Nồng độ Rh (% nguyên tử)	Nồng độ Pd (% nguyên tử)	Nồng độ Pt (% nguyên tử)	Nồng độ Au (% nguyên tử)	Nồng độ Be (% nguyên tử)	Nồng độ B (% nguyên tử)	Nồng độ P (% nguyên tử)	Nồng độ Ca (% nguyên tử)		Nồng độ Y (% nguyên tử)	Nồng độ La (% nguyên tử)	Nồng độ Ce (% nguyên tử)	X_{D-100} / X_{D-300}	Kích cỡ hạt trung bình (μm)
1	0.01																2	0.2	20
2	6																2	0.2	20
3		0.01															2	0.2	20
4		6															2	0.2	20
5			0.01														2	0.2	20
6			6														2	0.2	20
7	0.01						4										2	0.2	20

Bảng 2-2

Mẫu số	Hoạt động và hiệu quả					
	Độ ổn định liên kết (nhiệt độ: 130 độ C độ ẩm tương đối 85%)	Hiệu suất đán hỏi	Sự hư hại chíp	Tuổi thọ phục vụ	Dạng bi hàn được xếp xuống	Khả năng liên kết nôm
1	Δ	Δ	O	O	O	⊙
2	⊙	O	Δ	O	O	⊙
3	Δ	Δ	O	O	O	⊙
4	⊙	O	Δ	O	O	⊙
5	Δ	Δ	O	O	O	⊙
6	⊙	O	Δ	O	O	⊙
7	O	Δ	O	O	O	⊙

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Dây hàn dùng cho thiết bị bán dẫn chỉ chứa một hoặc nhiều thành phần trong số các thành phần In, Ga, và Cd với tổng lượng nằm trong khoảng từ 0,05 đến 5% nguyên tử;

tùy ý, còn chứa một hoặc nhiều thành phần trong số các thành phần Ni, Cu, Rh, Pd, Pt, và Au với tổng lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 5% nguyên tử;

tùy ý, còn chứa một hoặc nhiều thành phần trong số các thành phần Be, B, P, Ca, Y, La, và Ce với tổng lượng nằm trong khoảng từ 10 đến 300ppm nguyên tử; và

phần còn lại là Ag và các tạp chất không tránh khỏi.

2. Dây hàn dùng cho thiết bị bán dẫn theo điểm 1, trong đó tổng tỷ lệ phần trăm nguyên tử của In, Ga, và Cd trong lớp kéo dài theo chiều sâu từ 0 đến 10nm từ bề mặt dây dẫn là bằng hoặc lớn hơn hai lần tổng tỷ lệ phần trăm nguyên tử của In, Ga, và Cd trong lớp kéo dài theo chiều sâu từ 20 đến 30nm từ bề mặt dây dẫn.

3. Dây hàn dùng cho thiết bị bán dẫn theo điểm 1 hoặc 2, trong đó kích cỡ hạt trung bình trong phần theo chiều vuông góc với trục dây dẫn nằm trong khoảng từ 0,2 đến 3,5 μ m.

4. Dây hàn dùng cho thiết bị bán dẫn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó trong các kết quả đo thu được bằng cách đo các chiều tinh thể trong phần của dây hàn, phần chứa trục dây dẫn và song song với trục dây dẫn, tỷ lệ của chiều tinh thể <100> có độ lệch góc là 15 độ hoặc nhỏ hơn từ chiều dọc của dây hàn là nằm trong khoảng giữa 30% và 100%, kể cả hai trị số này, tính theo tỷ lệ phần trăm diện tích.

5. Dây hàn dùng cho thiết bị bán dẫn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó tổng tỷ lệ phần trăm nguyên tử trung bình của ít nhất một hoặc nhiều thành phần được lựa chọn từ nhóm chỉ bao gồm In, Ga, và Cd so với tổng của các thành phần kim loại trong lớp kéo dài theo chiều sâu từ 0 đến 1nm từ bề mặt dây dẫn là bằng hoặc lớn hơn 1,2 lần tổng tỷ lệ phần trăm nguyên tử trung bình trong lớp kéo dài theo chiều sâu từ 1 đến 10 nm từ bề mặt dây dẫn.