



(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)



1-0037110

(51)<sup>8</sup> C25D 5/18; C25D 5/12; H01R 13/03;  
C23C 18/16; C25D 5/14

(13) B

(21) 1-2019-02711

(22) 24/10/2017

(86) PCT/EP2017/077156 24/10/2017

(87) WO2018/077874 03/05/2018

(30) 16195351.8 24/10/2016 EP

(45) 25/10/2023 427

(43) 26/08/2019 377A

(73) ATOTECH DEUTSCHLAND GMBH (DE)

Erasmusstraße 20, 10553 Berlin, Germany

(72) NEOH, Din-Ghee (SG); TAN, Chee-Chow (SG); LIM, Jen Joo (SG); RÜTHER, Robert (DE); BARTHELMES, Jürgen (DE); KURTZ, Olaf (DE).

(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)

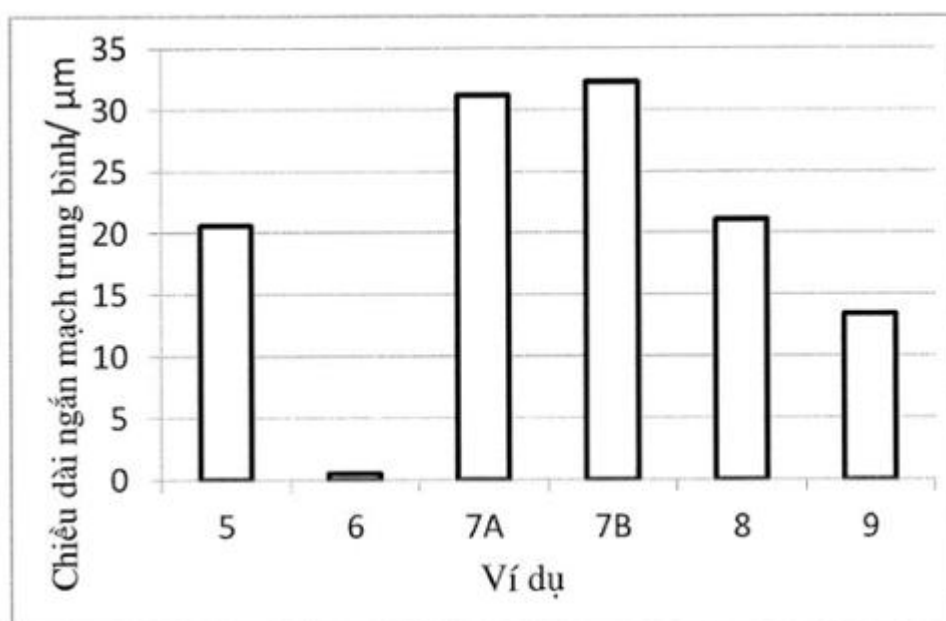
#### (54) PHƯƠNG PHÁP LẮNG PHỦ LỚP THIẾC TRÊN NỀN KIM LOẠI

(57) Nhằm có được lớp mạ thiếc hầu như không có rêu do áp lực gây ra, sáng chế đề xuất phương pháp lắng phủ lớp thiếc trên nền kim loại, trong đó phương pháp này bao gồm các bước:

(a) chuẩn bị nền kim loại nêu trên;

(b) lắng phủ lớp lót hợp kim niken/phospho trên ít nhất một bề mặt của nền kim loại nêu trên; và

(c) lắng phủ lớp thiếc nêu trên trên lớp lót hợp kim niken/phospho nêu trên bằng cách lắng phủ lớp thiếc nêu trên bằng phương pháp mạ xung.



### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề cập đến phương pháp lắng phủ lớp thiếc trên nền kim loại, cụ thể là trên nền đồng hoặc hợp kim đồng, đồng thời ngăn ngừa sự tạo râu do áp lực gây ra. Các lớp thiếc như vậy được sử dụng để sản xuất mạch điện trong thiết bị điện tử, cụ thể hơn là bộ nối điện và khung dẫn điện mạch tích hợp.

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

Trong các thiết bị điện tử, các dây dẫn điện của mạch điện tử và bộ phận tiếp xúc, như cung trượt và cung tiếp xúc, thường được phủ lần cuối bằng lớp phủ chịu ăn mòn/oxy hoá, thường được làm bằng kim loại. Các dây dẫn điện thường được làm bằng đồng, và các phần tử tiếp xúc thường được làm bằng đồng, đồng thau, hoặc các hợp kim đồng khác, như đồng/niken/thiếc. Các lớp phủ cuối này ngăn ngừa sự oxy hóa kim loại nền để duy trì khả năng hàn và duy trì điện trở tiếp xúc điện thấp của chúng, đặc biệt là đối với các ứng dụng kết nối điện. Hơn thế nữa, các lớp phủ cuối cần phải có được lực chèn giảm trong các ứng dụng kết nối điện, tham gia vào phích cắm và ổ cắm, bằng cách ấn vật liệu mạ này chẳng hạn. Nói chung, các lớp phủ cuối này được cấu thành bởi thiếc hoặc hợp kim thiếc. Trước đây, hợp kim thiếc được dùng là các hợp kim thiếc/chì. Tuy nhiên, do các yêu cầu về môi trường, nên chì không còn được sử dụng nữa. Do đó, thiếc tinh khiết thường được dùng làm lớp chịu ăn mòn/oxy hoá trong các ứng dụng như vậy.

Chúng minh được rằng đây là vấn đề khó giải quyết vì thiếc tinh khiết dễ tạo râu, đặc biệt là tạo râu do áp lực gây ra. Các râu được tạo ra bởi các cấu trúc kéo dài của thiếc kim loại mà nhô ra khỏi bề mặt thiếc. Chúng có thể gây ra các sự cố trong các thiết bị điện tử do việc tạo ra các mạch ngắn giữa các dây dẫn điện liền kề hoặc giữa các bộ phận tiếp xúc liền kề và do việc tạo ra điện trở trượt tăng vì độ nhám bề mặt tăng. Đặc biệt, sự tạo râu do áp lực gây ra được thấy trong các ứng dụng kết nối điện, nơi phích cắm và ổ cắm được ấn vào nhau áp lực này làm cho râu hình thành. Các nỗ lực lớn đã được thực hiện để khắc phục những nhược điểm này của các lớp thiếc tinh khiết, cụ thể đối với các râu thiếc do ăn mòn gây ra hoặc các râu bị gây ra

bởi sự tạo ra các hợp chất liên kim loại. Tuy nhiên, các râu do áp lực gây ra không được chú ý nhiều như các loại râu khác.

Ví dụ, EP 2 759 622 A1 mô tả vật liệu kim loại dùng cho linh kiện điện tử có khả năng tạo ra râu thấp và độ bền cao. Vật liệu kim loại này bao gồm vật liệu nền, như đồng hoặc hợp kim đồng, lớp bề mặt mà được tạo ra từ thiếc, indi, hoặc hợp kim của chúng, lớp giữa được bố trí giữa vật liệu nền và lớp bề mặt mà được tạo ra từ bạc, vàng, platin, paladi, ruteni, rodi, osmi, iridi, hoặc hợp kim của chúng và tùy ý lớp lót được bố trí nằm giữa vật liệu nền và lớp giữa mà được tạo ra từ một hoặc hai kim loại được chọn từ nhóm bao gồm niken, crom, mangan, sắt, coban, và đồng.

US 6,361,823 B1 mô tả quy trình mạ thiếc không dùng dòng điện sử dụng nước trên các bề mặt đồng hoặc hợp kim đồng. Quy trình này duy trì tính dễ hàn và ức chế sự phát triển râu của thiếc. Quy trình này bao gồm việc mạ nhúng thiếc tinh khiết trên bề mặt đồng hoặc hợp kim đồng và mạ nhúng hợp kim của ít nhất hai kim loại được chọn từ thiếc, bạc, bismut, đồng, niken, chì, kẽm, indi, paladi, platin, vàng, cadimi, ruteni, và coban, cụ thể hơn là hợp kim thiếc/chì, hợp kim thiếc/indi, hợp kim thiếc/bismut, hợp kim thiếc/indi/bạc, hợp kim thiếc/bạc, hoặc hợp kim bạc/indi.

JP 2007/284762 A mô tả phương pháp tạo ra màng mạ thiếc trong sản xuất dụng cụ bán dẫn, đồng thời ngăn không cho các râu tạo ra trên màng này và đồng thời đạt được việc cho màng này bám vào vật liệu nền. Phương pháp này bao gồm việc tạo ra màng được mạ thiếc và sau đó tạo ra màng bạc trên màng đã được mạ thiếc bằng phương pháp mạ điện phân hoặc mạ không dùng điện.

US 2006/0292847 A1 mô tả phương pháp làm giảm mức độ tạo râu của thiếc trên nền đã được mạ có lớp bề mặt chứa thiếc. Phương pháp này bao gồm việc lắng phủ lớp lót có lớp bạc hoặc lớp bảo vệ bên dưới lớp chứa thiếc. Lớp bảo vệ này có thể là lớp bảo vệ niken.

EP 1 257 004 A1 mô tả vật phẩm kim loại mà có lớp phủ nhiều lớp, vật phẩm này thích hợp để dùng làm bộ nối điện hoặc khung dẫn điện. Lớp phủ nhiều lớp này bao gồm lớp lót bằng niken, hợp kim niken, coban, hoặc hợp kim coban, tốt hơn là hợp kim niken/phospho vô định hình, lớp giữa bằng thiếc hoặc hợp kim thiếc mà dễ

phát triển râu, và lớp ngoài làm bằng paladi, rodi, ruteni, platin, đồng, bạc, indi, bismut, hoặc hợp kim của một hoặc nhiều trong số các kim loại này. Lớp ngoài được tạo ra để ức chế sự tạo râu.

Các tài liệu nêu trên đề cập đến việc ngăn ngừa sự tạo râu thiếc gây ra bởi sự ăn mòn, bởi sự tạo ra các hợp chất liên kim loại hoặc bởi sự không phù hợp nhiệt giữa kim loại lắng phủ và vật liệu nền. Tuy nhiên, đã chứng minh được rằng các phương pháp này và nhiều lớp này không đủ ức chế sự tạo râu. Ngoài ra, không một tài liệu nào trong số các tài liệu nêu trên đề cập đến việc tạo râu thiếc do áp lực bên ngoài tác động. Do đó, nhằm giải quyết vấn đề này, sáng chế đề xuất phương pháp cải thiện để ức chế sự tạo râu do áp lực gây ra. Tốt hơn nữa là, phương pháp này sẽ tạo ra lớp thiếc có các tính chất cần thiết để ngăn ngừa sự ăn mòn và oxy hóa của nền kim loại mà nó được tạo ra và ức chế tạo râu do áp lực gây ra của lớp thiếc như vậy. Thậm chí, Tốt hơn nữa là, sáng chế đề xuất phương pháp lắng phủ lớp thiếc tinh khiết trên thiết bị điện tử trong khi chú ý đến việc ngăn ngừa sự tạo râu do áp lực gây ra.

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

Đã phát hiện ra rằng sự tạo râu do áp lực gây ra có thể được ức chế một cách có hiệu quả bằng cách tạo ra lớp thiếc bằng phương pháp mạ xung và trong đó lớp thiếc này được tạo ra dưới dạng lớp lắng phủ thiếc trên lớp lót hợp kim niken/phospho được lắng phủ trên ít nhất một bề mặt của nền này.

Do đó, theo một khía cạnh, sáng chế đề cập đến phương pháp lắng phủ lớp thiếc trên nền kim loại. Phương pháp này bao gồm các bước:

- (a) chuẩn bị nền kim loại nêu trên;
- (b) lắng phủ lớp lót hợp kim niken/phospho nêu trên trên ít nhất một bề mặt của nền kim loại nêu trên; và
- (c) lắng phủ lớp thiếc nêu trên trên lớp lót hợp kim niken/phospho nêu trên, trong đó lớp thiếc này được lắng phủ bằng phương pháp mạ xung

trong đó phương pháp mạ xung này là phương pháp mạ xung đơn cực, phương pháp mạ xung đơn cực này bao gồm các chu kỳ xung liên tiếp mà mỗi chu kỳ bao gồm phần xung catot và phần xung bằng không của dòng điện, và

trong đó phần xung bằng không của dòng điện nêu trên có khoảng thời gian xung bằng không của dòng điện ít nhất là 0,1 giây.

Hơn thế nữa, theo khía cạnh khác, sáng chế cũng mô tả việc sử dụng cấu trúc bao gồm lớp lót hợp kim niken/phospho và lớp thiếc đã được mạ xung điện lắng phủ trên nền kim loại bằng phương pháp theo sáng chế để ngăn ngừa sự tạo râu do áp lực gây ra.

Hơn thế nữa, theo khía cạnh tiếp theo, sáng chế cũng mô tả việc sử dụng phương pháp theo sáng chế để sản xuất mạch điện trong thiết bị điện tử có lớp thiếc không có râu do áp lực gây ra, được xác định bằng cách cho lớp thiếc nêu trên chịu một lực cơ học với áp lực định trước trong khoảng thời gian định trước.

Do đó, hợp kim niken/phospho được lắng phủ trên ít nhất một bề mặt nền và thiếc được lắng phủ trên lớp lắng phủ hợp kim niken/phospho nêu trên, tốt hơn là bằng các phương pháp hoá học ướt thường bao gồm việc cho ít nhất một bề mặt nền tiếp xúc với dung dịch mạ hợp kim niken/phospho mà chứa các gốc niken và phospho với dung dịch mạ thiếc mà chứa các gốc thiếc, trên đó hợp kim niken/phospho được lắng phủ trên ít nhất một bề mặt nền và thiếc kim loại được lắng phủ trên lớp lắng phủ hợp kim niken/phospho. Tốt hơn là, trong các bước tiếp xúc này, điện áp được tác động lên nền và điện cực đối cũng được cho tiếp xúc với hợp kim niken/phospho hoặc dung dịch mạ thiếc sao cho hợp kim niken/phospho hoặc thiếc được mạ điện trên ít nhất một nền. Theo cách khác, hợp kim niken/phospho có thể được lắng phủ bằng phương pháp không dùng điện.

Phương pháp mạ xung được sử dụng để lắng phủ thiếc trên lớp lắng phủ hợp kim niken/phospho, điều này có nghĩa là điện áp được tạo xung bằng cách chuyển đổi điện áp này và dòng điện giữa ít nhất một phần mạ và ít nhất một phần không mạ, trong đó ít nhất một phần mạ bao gồm việc thiết lập điện áp và dòng điện này ở mức mà thiếc kim loại được lắng phủ trên lớp lắng phủ hợp kim niken/phospho và trong đó

ít nhất một phần không mạ bao gồm việc thiết lập điện áp này và dòng điện ở mức mà không xảy ra sự lắng phủ thiếc kim loại. Về nguyên tắc, mức dòng điện mà tại đó sự lắng phủ thiếc kim loại không xảy ra trong phần không mạ bao gồm cả hai mức dòng bằng không lẫn dòng anot. Tốt hơn là, mức dòng điện này là mức dòng bằng không. Chế độ xung có thể rất phức tạp ở chỗ phần lớn các phần mạ và không mạ có các mức điện áp và dòng điện khác nhau được áp dụng trong mỗi một chu kỳ xung điện áp và chu kỳ xung dòng điện liên tiếp hoặc rất đơn giản ở chỗ chỉ một phần mạ và một phần không mạ được áp dụng. Nói chung, chế độ mạ xung bao gồm chuỗi xung gồm các chu kỳ xung liên tiếp mà mỗi chu kỳ giống nhau liên quan đến các đường cong điện áp hoặc dòng điện này và mỗi đường cong bao gồm ít nhất một phần mạ và ít nhất một phần không mạ, mà kế tiếp nhau, theo cách khác, Tốt hơn nữa là, một phần mạ và một phần không mạ. Các xung có thể có hình dạng bất kỳ theo thời gian, tốt hơn là các xung này có hình chữ nhật theo thời gian.

Khi lớp lót hợp kim niken/phospho nằm bên dưới lớp thiếc được tạo ra và khi thiếc được lắng phủ bằng cách mạ xung, sự tạo râu do áp lực gây ra bị ức chế ở mức nhỏ hơn so với mức đã đạt được trước đây. Đặc biệt là, đó là sự tạo ra lớp lót hợp kim niken/phospho và việc mạ xung lớp thiếc này mà về cơ bản là tạo ra lớp thiếc không có râu do áp lực gây ra. Sự tạo râu do áp lực gây ra có thể được đánh giá bằng cách đo mức độ mở rộng của các râu từ vị trí ban đầu của chúng. Khi so sánh sự tạo râu có và không có lớp lót hợp kim niken/phospho cũng như có và không có bước mạ xung thiếc, có thể thấy rằng mức độ mở rộng như vậy được giảm đi rõ rệt khiến cho các vấn đề liên quan đến sự tạo râu được khắc phục. Do vậy, tất cả các vấn đề mà liên quan đến việc tạo các râu được khắc phục, tức là, tạo ra các mạch ngắn giữa các vùng dẫn điện liền kề và lực chèn tăng của bộ nối điện, khi phích cắm và ổ cắm được tạo ra bởi việc ăn vật liệu mạ, chẳng hạn. Do vậy, tốt hơn là phương pháp lắng phủ lớp thiếc trên nền kim loại theo sáng chế dùng để ngăn ngừa việc tạo râu thiếc do áp lực gây ra, tốt hơn nữa là dùng để tạo ra lớp thiếc không có râu do áp lực gây ra. Hơn thế, tốt hơn là phương pháp lắng phủ lớp thiếc trên nền kim loại không tạo ra các khuyết tật bất kỳ từ lớp thiếc, Tốt hơn nữa là, không gây ra sự xáo trộn bất kỳ trong khi lắng phủ thiếc, thậm chí còn Tốt hơn nữa là, không gây ra sự tạo râu thiếc có dạng hình cây.

Sự tạo râu do áp lực gây ra được cho là do ứng suất cơ học được tạo ra trong màng thiếc. Ứng suất cơ học như vậy được gây ra trong lớp thiếc bởi việc tác động áp lực cơ học bên ngoài. Trong các bộ nối điện, ví dụ, các râu này có thể bị gây ra nếu chúng bị cắm vào nhau. Sự tạo râu do áp lực gây ra được đánh giá hoặc được thử nghiệm bằng cách tạo ra các râu như vậy bằng cách tác động một áp lực cơ học bên ngoài vào lớp thiếc trong một khoảng thời gian dài và cuối cùng là đo số lượng và kích thước của các râu thu được.

Khác với sự tạo râu do áp lực gây ra là sự tạo râu do ăn mòn gây ra, của các râu xuất hiện bởi sự tạo ra các hợp chất liên kim loại hoặc bởi sự không phù hợp nhiệt giữa lớp lắng phủ kim loại và vật liệu nền.

Các điều kiện hình thành râu dẫn đến các râu do ăn mòn gây ra bao gồm việc cho mẫu có lớp thiếc vào môi trường ăn mòn như không khí ẩm ở nhiệt độ cao hoặc ở nhiệt độ trong phòng trong một khoảng thời gian dài. Ví dụ, sự có mặt của các ion clorua tiếp tục thúc đẩy sự ăn mòn và do vậy tiếp tục thúc đẩy sự tạo râu do ăn mòn gây ra. Do đó, phương pháp đánh giá xu hướng của lớp thiếc tạo ra các râu do ăn mòn gây ra là để kích thích sự ăn mòn bằng cách áp dụng môi trường có độ ẩm tương đối 87 % ở nhiệt độ 55°C theo chế độ đẳng nhiệt trong thời gian 4000 giờ. Theo EP 2 014 798 A1, việc tạo ra các râu do ăn mòn gây ra thiếc có thể được giảm bằng cách xử lý lớp thiếc này trong dung dịch nước chứa axit phosphonic hữu cơ, như axit alkyl phosphonic, và chất hoạt động bề mặt, như chất hoạt động bề mặt không ion,

Các râu xuất hiện bởi sự tạo ra các hợp chất liên kim loại phát triển từ các lớp thiếc được lắng phủ trên các bề mặt kim loại khác, ví dụ các bề mặt đồng. Các nguyên tử của các kim loại khác, ví dụ các nguyên tử đồng, có thể khuếch tán vào lớp thiếc và tạo ra các hợp chất liên kim loại, mà các hợp chất này lại làm tạo ra các râu thiếc. Một phương pháp đánh giá xu hướng của lớp thiếc để tạo ra các râu như vậy đó là kích thích sự tạo ra hợp chất liên kim loại bằng cách áp dụng môi trường độ ẩm tương đối 60% ở nhiệt độ 30°C ở chế độ đẳng nhiệt trong thời gian 4000 giờ theo khuyến nghị của iNEMI (International Electronics Manufacturing Initiative). Việc tạo ra các râu thiếc như vậy có thể được giảm bằng cách xử lý nhiệt lớp thiếc trong thời gian 1 giờ ở nhiệt độ 150°C theo khuyến nghị của iNEMI.

Các râu gây ra bởi sự không phù hợp nhiệt phát triển từ các lớp thiếc được lắng phủ trên vật liệu nền có hệ số giãn nở nhiệt (CTE) khác biệt nhiều so với CTE của lớp thiếc. Ví dụ là lớp thiếc được lắng phủ trên nền đồng hoặc trên nền đồng có lớp niken. Việc áp dụng nhiệt độ cao, như khi hàn, khiến cho vật liệu bị giãn nở khi tăng nhiệt độ và co lại khi giảm nhiệt độ. Do CTE có khác biệt lớn giữa thiếc và nền của nó, ứng suất nén được tác động trong lớp thiếc mà từ đó gây ra sự tạo các râu thiếc. Một phương pháp để đánh giá xu hướng của lớp thiếc để tạo ra các râu như vậy là kích thích ứng suất nhiệt bởi chu trình nhiệt từ  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  đến  $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$  trong 1000 chu trình.

Các khuyết tật mạ thiếc có chút tương tự với các râu còn được gọi là các dạng hình cây. Các râu thiếc có dạng hình cây là sợi nhỏ có cấu trúc hình cây hoặc giống cây mọc ra từ lớp lắng phủ thiếc. Chúng có cấu trúc fractal và đa tinh thể, trong khi các râu thiếc có cấu trúc đa tinh thể. Các dạng hình cây và các râu có thể dễ dàng phân biệt được dưới kính hiển vi vì các đường vân cụ thể là điển hình đối với đặc tính đơn tinh thể của các râu. Các dạng hình cây phát triển trong khi mạ thiếc bằng điện; chúng cần dòng điện để phát triển và sự phát triển dừng khi dừng việc mạ điện. Trái lại, các râu thiếc bắt đầu tạo ra ngay khi kết thúc quá trình lắng phủ điện phân và phát triển sau một khoảng thời gian sau khi kết thúc quá trình lắng phủ điện phân này. Do vậy, các dạng hình cây có thể được phát hiện trực tiếp sau khi lắng phủ thiếc, trong khi không thể phát hiện được các râu. Các râu thiếc có dạng hình cây được tạo ra là do sự không đồng nhất của bề mặt của nền cần được mạ thiếc, do xử lý sơ bộ bề mặt nền trước khi mạ thiếc chưa đủ hoặc không đúng, do việc thấm ướt bề mặt nền kém hoặc do thành phần không thích hợp của dung dịch mạ thiếc hoặc các điều kiện mạ không thích hợp. Trái lại, các râu thiếc được gây ra do các ứng suất phát triển trong lớp thiếc đã được lắng phủ như nêu trên. Do vậy, các râu thiếc có dạng hình cây và các râu thiếc là loại khuyết tật khác.

Một mặt đã phát hiện ra rằng các phương pháp khác là sẵn có và cần thiết để giảm thiểu sự tạo râu do áp lực gây ra và mặt khác do các hiện tượng khác gây ra. Các phương pháp tránh khác đã được chứng minh là không thích hợp đối với các loại râu khác tương ứng. Do đó, các phương pháp để ngăn ngừa sự ăn mòn gây ra sự tạo râu hoặc các râu xuất hiện bởi sự tạo ra các hợp chất liên kim loại đã được thấy là hoàn

toàn không thích hợp để tránh sự tạo rêu do áp lực gây ra. Điều này được thể hiện trong các ví dụ 10 và 11 được nêu trong bản mô tả này. Điều này có thể là do thực tế là các loại này là các hiện tượng hoàn toàn khác nhau cần các biện pháp khác để ngăn chặn các hiện tượng này.

Theo phương án được ưu tiên, lớp thiếc được lắng phủ ở bước (c) được lắng phủ sau khi lớp lót hợp kim niken/phospho được lắng phủ ở bước (b). Ngoài ra, lớp thiếc này còn đảm bảo tính dễ hàn tốt của nền, mà có thể là đường mạch hoặc phần tử tiếp xúc, ví dụ cung trượt hoặc cung tiếp xúc. Lớp thiếc này ngăn ngừa sự ăn mòn/oxy hoá nền mà có thể xảy ra do việc oxy hoá chúng, trong khi tạo ra lớp bề mặt đồng oxit chẳng hạn.

### **Mô tả vắn tắt các hình vẽ**

Các hình vẽ và các ví dụ dưới đây được dùng để giải thích sáng chế một cách chi tiết hơn. Các hình vẽ và các ví dụ này chỉ nhằm mục đích minh họa sáng chế mà không làm giới hạn phạm vi của sáng chế như được thể hiện trong các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo.

Fig.1 là hình chiếu cạnh riêng phần thể hiện dụng cụ kẹp râu loại trục vít;

Fig.2 thể hiện vùng mép của vết lõm trong lớp thiếc chính được tạo ra bằng bộ phận tạo lõm của dụng cụ kẹp râu loại trục vít được thể hiện trên Fig.1 dưới dạng ảnh SEM;

Fig.3 là các đồ thị thể hiện độ dài ngắn mạch của các râu được tạo ra trên các lớp thiếc khác nhau.

Fig.4 là các đồ thị thể hiện độ dài ngắn mạch của các râu được tạo ra trên các lớp thiếc tiếp theo.

### **Mô tả chi tiết sáng chế**

Các giới hạn của tỷ lệ và các khoảng được bộc lộ trong bản mô tả này có thể được kết hợp. Ví dụ, nếu khoảng 30-100 được mô tả, và khoảng 50-70 được mô tả, thì các khoảng 30-70 và 70-100 được coi là đã được mô tả.

Các phương án cụ thể của sáng chế được đưa ra dưới đây. Các phương án này có thể được thực hiện đơn lẻ hoặc dưới dạng kết hợp bất kỳ.

Nền cần bố trí hợp kim niken/phospho và các lớp thiếc, tốt hơn là được làm bằng đồng, đồng thau, đồng đỏ, niken bạc hoặc hợp kim đồng khác bất kỳ, như đồng/niken/thiếc. Nền này cũng có thể được làm bằng thép hoặc nhôm. Nền này có thể là phần tử tiếp xúc, phích cắm hoặc cái của cặp phần tử tiếp xúc, ví dụ, bảng mạch in bao gồm đường mạch, ví dụ được làm bằng đồng, hoặc khung dẫn điện có các phần tử tiếp xúc kim loại hoặc phần tử điện khác bất kỳ cần được bố trí lớp mạ thiếc. Các phần tử tiếp xúc có thể là bộ nối được ép kín bằng lực, bộ nối cáp dẹt mềm (FFC), hoặc bộ nối mạch in mềm (FPC) .

Thiếc được lắng phủ bằng cách sử dụng phương pháp lắng phủ kim loại theo kiểu hoá học ướt, bao gồm việc cho ít nhất một bề mặt nền tiếp xúc với dung dịch mạ thiếc và để dòng điện chạy qua sao cho các ion thiếc được phóng ra ở ít nhất một bề mặt nền (được phủ bằng lớp lắng phủ hợp kim niken/phospho) để trở thành thiếc kim loại mà tạo ra lớp thiếc trên lớp lắng phủ hợp kim niken/phospho.

Tốt hơn, nếu chất lỏng dùng để mạ thiếc là dung dịch mạ thiếc. Dung dịch mạ này chứa các gốc ion thiếc và dung môi. Tốt hơn nữa, nếu dung dịch mạ có thể chứa các ion truyền cho dung dịch mạ độ dẫn điện cao. Tốt hơn nữa, nếu dung dịch mạ có thể chứa chất điều chỉnh độ pH. Hơn thế nữa, tốt hơn là, dung dịch mạ có thể còn chứa các thành phần, như các chất hoạt động bề mặt để tăng cường việc thấm ướt của ít nhất một bề mặt nền với dung dịch mạ và để làm tăng độ hòa tan của các hợp phần có mặt trong dung dịch mạ, các hợp phần tiếp theo giúp cho dung dịch mạ này có độ ổn định cải thiện chống lại sự phân huỷ, và các hợp phần khác giúp cho lớp thiếc có các tính chất cải thiện, như các tính chất cơ học và điện.

Một hoặc nhiều dung môi có thể có mặt trong dung dịch mạ. Tốt hơn, nếu dung dịch mạ này chứa nước dưới dạng một trong số các dung môi. Nếu nước có mặt trong dung dịch mạ này dưới dạng thành phần dung môi chính (ít nhất là 50 % thể tích), thì dung dịch mạ thiếc được coi là dung dịch mạ chứa nước. Ngoài ra, dung môi hữu cơ có thể có mặt trong dung dịch mạ, như các rượu và/hoặc các ete, như các ete rượu.

Các gốc ion thiếc có thể là các ion thiếc bất kỳ cấu thành nên một phần muối thiếc, như muối thiếc vô cơ hoặc hữu cơ, thiếc sulfat, thiếc nitrat, thiếc clorua, thiếc bromua, thiếc axetat, thiếc metansulfonat, hoặc thiếc sulfamat (muối thiếc của axit amidosulfuric) chẳng hạn. Thiếc có thể có mặt dưới dạng các gốc ion thiếc(II) và/hoặc các gốc ion thiếc(IV), tức là các muối thiếc là các muối thiếc(II) hoặc các muối thiếc(IV) hoặc hỗn hợp chứa các muối thiếc(II) và các muối thiếc(IV). Các gốc ion thiếc(IV) hoặc các muối thiếc(IV) là các nguồn ion thiếc, tốt hơn là có mặt trong các dung dịch mạ thiếc có tính kiềm mạnh.

Các ion giúp cho dung dịch mạ này có độ dẫn điện tăng có thể là muối vô cơ hoặc hữu cơ bất kỳ mà dễ phân ly thành các gốc ion trong dung dịch mạ, tốt hơn là dung dịch mạ chứa nước. Ion này không tham gia vào quá trình lắng phủ thiếc sao cho không có thành phần nào của chúng được đồng lắng phủ cùng với thiếc để tạo ra lớp thiếc. Muối vô cơ hoặc hữu cơ giúp cho dung dịch mạ này có độ dẫn điện tăng có thể là muối kiềm, natri, kali, hoặc muối kiềm khác, ví dụ, có anion vô cơ hoặc hữu cơ, như sulfat, nitrat, phosphat, clorua, bromua, axetat, metansulfonat, sulfamat và/hoặc các gốc tương tự. Tương tự, muối như vậy có thể là muối kiềm thổ, magie, canxi hoặc muối kiềm thổ khác ví dụ, muối kiềm thổ có anion bất kỳ trong số các anion này. Tốt hơn nữa là, ion giúp cho dung dịch mạ này có độ dẫn điện tăng có thể là axit vô cơ hoặc hữu cơ, tức là hợp chất mà tạo ra, bằng cách phân ly, hydronium hoặc các ion dung môi proton khác trong dung dịch mạ, như axit vô cơ như axit sulfuric, axit phosphoric, axit clohydric, axit bromhydric và/hoặc các axit tương tự; axit tetrafloboric; axit axetic, axit metansulfonic, hoặc axit sulfamic (axit amidosulfuric) và axit tương tự. Tốt hơn là, axit tetrafloboric có mặt trong các dung dịch mạ thiếc có tính axit mạnh.

Chất điều chỉnh độ pH có thể là axit, bazơ hoặc hỗn hợp đệm bất kỳ chứa axit vô cơ như axit sulfuric, axit phosphoric, axit clohydric, và/hoặc axit bromhydric; axit tetrafloboric; axit axetic, axit metansulfonic, axit sulfamic; các bazơ như natri hydroxit và kali hydroxit; và hỗn hợp đệm được cấu thành bởi các axit này, tốt hơn là sử dụng các cation của các bazơ yếu, như  $\text{NH}_4^+$  và các ion amoni bậc bốn.

Chất hoạt động bề mặt có thể là chất hoạt động bề mặt không ion, cation, anion hoặc lưỡng tính.

Các hợp phần giúp cho dung dịch mạ thiếc có độ ổn định cải thiện chống lại sự phân huỷ có thể là chất khử mà ngăn ngừa quá trình oxy hóa các ion thiếc(II) trong dung dịch mạ thành các ion thiếc(IV). Các hợp phần như vậy có thể là các hợp chất hydroxy thơm, như hydroquinon.

Ngoài ra, dung dịch mạ thiếc có thể chứa các chất tạo phức đối với các ion thiếc, như axit cacboxylic hoặc axit hydroxyl cacboxylic. Cụ thể, các dung dịch mạ thiếc có độ pH trung tính chứa các chất tạo phức.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, bước (c) của phương pháp này bao gồm việc lắng phủ lớp thiếc nêu trên với độ dày ít nhất là 0,1  $\mu\text{m}$ , Tốt hơn nữa là, ít nhất là 0,2  $\mu\text{m}$ , thậm chí còn Tốt hơn nữa là, ít nhất là 1  $\mu\text{m}$  và tốt nhất nếu ít nhất là 2  $\mu\text{m}$ . Tốt hơn nữa, nếu lớp thiếc nêu trên có độ dày tối đa là 10  $\mu\text{m}$ , Tốt hơn nữa là, là 5  $\mu\text{m}$  và đặc biệt tốt là 4  $\mu\text{m}$ . Tốt hơn nữa là, thiếc được lắng phủ với độ dày nằm trong khoảng từ 0,1  $\mu\text{m}$  đến 10  $\mu\text{m}$ , thậm chí còn Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 0,2  $\mu\text{m}$  đến 5  $\mu\text{m}$ , thậm chí còn Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 1  $\mu\text{m}$  đến 5  $\mu\text{m}$  và đặc biệt tốt là nằm trong khoảng từ 2  $\mu\text{m}$  đến 4  $\mu\text{m}$ . Ngoài ra, lớp thiếc có độ dày lớn hơn 0,5  $\mu\text{m}$  còn cho phép lớp thiếc này có tác dụng làm bề hàn.

Tốt hơn là, thiếc trong lớp thiếc được lắng phủ bằng các phương pháp theo sáng chế là thiếc tinh khiết. Tốt hơn nữa là, lớp lắng phủ thiếc tinh khiết là lớp lắng phủ chứa thiếc với lượng nằm trong khoảng từ 98,0 đến 99,99 % khối lượng hoặc lớn hơn, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 99,0 đến 99,99 % khối lượng hoặc lớn hơn, Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 99,85 đến 99,99 % khối lượng hoặc lớn hơn.

Tốt hơn là, thiếc trong lớp thiếc được lắng phủ bằng các phương pháp theo sáng chế là không phải là hợp kim thiếc, Tốt hơn nữa là, nó không phải là hợp kim thiếc-đồng, không phải là hợp kim thiếc-bạc và không phải là hợp kim thiếc-bismut. Do vậy, tốt hơn là thiếc trong lớp thiếc được lắng phủ bằng các phương pháp theo sáng chế hầu như không chứa các nguyên tố hợp kim hoặc bất kỳ các kim loại hợp kim, Tốt hơn nữa là, hầu như không chứa đồng, bạc hoặc bismut làm các kim loại hợp

kim. Về mặt này, về cơ bản có nghĩa là các nguyên tố hoặc các kim loại không phải thiếc là có mặt trong thiếc với lượng bằng hoặc nhỏ hơn lượng xuất hiện vô tình dưới dạng các tạp chất có nguồn gốc, ví dụ, từ các hợp phần của dung dịch mạ thiếc. Tốt hơn là, lượng của các nguyên tố hoặc các kim loại không phải thiếc nằm trong khoảng từ 2 đến 0,01 % khối lượng hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 1 đến 0,01 % khối lượng hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 0,15 đến 0,01 % khối lượng hoặc nhỏ hơn.

Đã biết rằng các hợp kim thiếc-đồng và các hợp kim thiếc-bismut có tác dụng tăng cường sự tạo râu của thiếc, cụ thể sự tạo râu thiếc do áp lực gây ra. Các hợp kim thiếc-bismut còn làm tăng mức độ tạo râu khi được cho qua xử lý hàn chảy ngược. Các hợp kim thiếc-bạc cũng có tác dụng tăng cường sự tạo râu thiếc do áp lực gây ra. Ngoài ra, các hợp kim thiếc-bạc là khó lắng phủ vì thế điện hóa khác nhau của hai kim loại; quá trình lắng phủ cho thấy tính năng không ổn định theo thời gian và khó giữ tỷ lệ giữa thiếc và bạc trong khoảng mong muốn trong quá trình lắng phủ theo thời gian. Ngoài ra, việc cần sử dụng một lượng bạc lớn dẫn đến chi phí cao. Ngoài ra, các hợp kim thiếc-bismut khiến cho chi phí cao vì bismut đắt tiền.

Phương pháp theo sáng chế bao gồm các bước: (b) lắng phủ lớp lót hợp kim niken/phospho lên ít nhất một bề mặt nền trước khi lắng phủ lớp thiếc nêu trên ở bước (c) ở trên của phương pháp này. Bằng cách thực hiện bước (b) tiếp theo này, lớp hợp kim niken/phospho được tạo ra góp phần ức chế sự tạo râu bởi áp lực. Lớp hợp kim niken/phospho còn góp phần ngăn ngừa sự ăn mòn nền.

Hợp kim niken/phospho (NiP) chứa niken và một hoặc nhiều nguyên tố hợp kim bổ sung. Tốt hơn, nếu một trong số các nguyên tố hợp kim bổ sung là bo. Các nguyên tố hợp kim khác có thể là sắt, hoặc coban.

Hợp kim niken/phospho có thể là hợp kim niken bất kỳ có được bằng cách sử dụng phương pháp mạ kim loại theo kiểu hoá học ướt. Tốt hơn là, lớp lót được làm bằng hợp kim có thể được tạo ra bằng cách sử dụng bất kỳ phương pháp lắng phủ kim loại theo kiểu hoá học ướt, bao gồm việc cho bề mặt nền tiếp xúc với dung dịch mạ hợp kim niken/phospho sao cho niken và phospho và tùy ý các ion kim loại khác hoặc

các gốc không phải kim loại, lần lượt, được phóng ra ở ít nhất một nền để trở thành niken hoặc hợp kim niken, lần lượt, trên nền. Hợp kim niken/phospho bất kỳ có được bằng cách sử dụng phương pháp mạ kim loại theo kiểu hoá học ướt có thể được sử dụng. Việc lắng phủ kim loại như vậy có thể được thực hiện bằng cách sử dụng phương pháp mạ điện bao gồm việc cho dòng điện chạy giữa nền và điện cực đối trong khi nền này và điện cực đối được tiếp xúc với dung dịch mạ hoặc bằng cách sử dụng phương pháp mạ không dùng điện (tự xúc tác) trong đó niken và tùy ý kim loại khác hoặc các gốc không phải kim loại được phóng ra do chất khử, tức là các ion hypophosphit, tùy ý ngoài ra còn bao gồm các hợp chất boran. Nếu phương pháp mạ điện được sử dụng, thì tốt hơn là phương pháp mạ điện sử dụng dòng điện một chiều (DC).

Tốt hơn là, dung dịch mạ được sử dụng để lắng phủ hợp kim niken/phospho dung dịch mạ chứa một hoặc nhiều dung môi, các gốc ion niken, một hoặc nhiều nguồn hợp kim phospho và tùy ý các hợp chất hợp kim khác, các ion tiếp theo giúp cho dung dịch mạ này có độ dẫn điện tăng, nếu có, chất khử có khả năng phóng các ion niken để tạo ra niken kim loại, nếu dung dịch mạ là dung dịch mạ không dùng điện, tức là hợp chất hypophosphit, thì chất điều chỉnh độ pH tiếp theo, các hợp phần bổ sung tiếp theo, như các chất hoạt động bề mặt để tăng cường việc thấm ướt bề mặt nền với dung dịch mạ và để làm tăng độ hòa tan của các hợp phần có mặt trong dung dịch mạ này, cũng như các chất khác có thể giúp cho dung dịch mạ này có độ ổn định cải thiện chống lại sự phân huỷ và/hoặc có thể giúp cho lớp lắng phủ hợp kim niken/phospho có các tính chất cải thiện, ví dụ các tính chất cơ học và/hoặc điện. Tốt hơn là, dung dịch mạ như vậy là nước và Tốt hơn nữa là, chứa các ion niken, thậm chí còn Tốt hơn nữa là, được tạo ra từ một hoặc nhiều muối niken, như niken sulfat, niken clorua, niken axetat, niken metansulfonat, niken sulfamat, và các muối tương tự.

Nếu dung dịch mạ này được sử dụng để lắng phủ hợp kim niken/phospho bằng cách sử dụng phương pháp mạ điện, dung dịch mạ này còn chứa nguồn hợp kim phospho, như axit phospho ( $\text{H}_3\text{PO}_3$ ) và/hoặc các hợp chất phosphonat ( $\text{HPO}_3^{2-}$ ), như kiềm phosphonat, natri phosphonat chẳng hạn. Nếu dung dịch mạ này được sử dụng để lắng phủ hợp kim niken/phospho bằng cách sử dụng phương pháp không dùng điện

mạ, dung dịch mạ này có thể còn chứa hợp chất hypophosphit, như muối kiềm của nó, muối natri, ví dụ hoặc axit hypophosphorơ. Hợp chất này cũng dùng làm hợp chất hợp kim. Nếu dung dịch mạ này được sử dụng để lắng phủ hợp kim niken/phospho bằng cách sử dụng phương pháp không dùng điện mạ, dung dịch mạ này có thể còn chứa chất tạo phức đối với các ion niken, và tùy ý đối với các ion kim loại hợp kim, như alkyl amin, amoniac, axit cacboxylic như axit tartric, axit hydroxyl cacboxylic như axit citric, axit aminocacboxylic hoặc các muối của chúng.

Ion giúp cho dung dịch mạ này có độ dẫn điện tăng có thể là muối vô cơ hoặc hữu cơ bất kỳ mà dễ dàng phân ly thành các gốc ion trong dung dịch mạ, tốt hơn là dung dịch mạ chứa nước. Ion này không tham gia vào quá trình lắng phủ hợp kim niken/phospho sao cho không một phần tử nào của chúng được đồng lắng phủ cùng với niken và phospho hoặc các nguyên tố hợp kim khác với niken/phospho để tạo ra lớp hợp kim niken/phospho. Muối vô cơ hoặc hữu cơ giúp cho dung dịch mạ này có độ dẫn điện tăng có thể là muối kiềm, natri, kali, hoặc khác muối kiềm ví dụ, có anion vô cơ hoặc hữu cơ, như sulfat, nitrat, phosphat, clorua, bromua, axetat, metansulfonat, sulfamat và/hoặc các anion tương tự. Tương tự, muối như vậy có thể là muối kiềm thổ, magie, canxi, hoặc muối kiềm thổ khác ví dụ, có anion bất kỳ trong số các anion này. Tốt hơn nữa là, ion giúp cho dung dịch mạ này có độ dẫn điện tăng có thể là axit vô cơ hoặc hữu cơ, tức là hợp chất, như axit vô cơ như axit sulfuric, axit phosphoric, axit clohydric, axit bromhydric và/hoặc axit tương tự; axit axetic, axit metansulfonic, axit sulfamic, và axit tương tự, mà tạo ra hydronium hoặc ion dung môi proton khác bằng cách phân ly trong dung dịch mạ.

Chất điều chỉnh độ pH có thể là axit, bazơ hoặc hỗn hợp đệm bất kỳ, bao gồm axit vô cơ như axit sulfuric, axit phosphoric, axit clohydric, và/hoặc axit bromhydric; axit axetic, axit metansulfonic, axit sulfamic; các bazơ như natri hydroxit hoặc kali hydroxit; và hỗn hợp đệm được tạo ra từ các axit này, tốt hơn là sử dụng các cation của các bazơ yếu, như  $\text{NH}_4^+$  và các ion amoni bậc bốn.

Các chất hoạt động bề mặt có thể là các chất hoạt động bề mặt không ion, cation, anion hoặc lưỡng tính.

Các chất khác có thể giúp cho dung dịch mạ này có độ ổn định cải thiện chống lại sự phân huỷ có thể là các gốc ion chì và các hợp chất hữu cơ có liên kết ba; các hợp chất thuộc nhóm VI, các nguyên tố như giây, Se, Te; các hợp chất chứa oxy như  $\text{AsO}_2^-$ ,  $\text{IO}_3^-$ ,  $\text{MoO}_4^{2-}$ ; các cation kim loại nặng như  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^+$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ; hoặc các axit hữu cơ không bão hoà như axit maleic, axit itaconic hoặc axit tương tự.

Theo phương án được ưu tiên, phương pháp theo sáng chế còn bao gồm các bước: (b1) lắng phủ lớp lót niken trên ít nhất một bề mặt nêu trên của nền nêu trên trước khi lắng phủ lớp thiếc nêu trên ở bước (c) của phương pháp này. Bằng cách thực hiện bước (b1), lớp lót niken được tạo ra còn cải thiện sự ức chế sự tạo rêu do áp lực gây ra. Nếu lớp lót niken là lớp lót trước tiên được tạo ra nằm bên dưới lớp lót hợp kim niken/phospho mà sau đó lớp lót thứ hai, hợp kim niken/phospho không được lắng phủ trực tiếp trên ít nhất một bề mặt nền nhưng trên lớp lót niken. Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, lớp lót niken nêu trên được lắng phủ trước khi lắng phủ lớp lót hợp kim niken/phospho nêu trên ở bước (c) của phương pháp này. Theo cách khác, nó có thể được lắng phủ trên lớp lót hợp kim niken/phospho sao cho nó nằm giữa lớp lót hợp kim niken/phospho và lớp thiếc. Sự kết hợp của lớp hợp kim niken/phospho với lớp lót niken còn góp phần ngăn ngừa sự ăn mòn nền.

Lớp niken được tạo bởi niken hoặc bởi niken cùng với một hoặc nhiều nguyên tố hợp kim kim loại. Nó không chứa bất kỳ một trong số các nguyên tố hợp kim không phải kim loại như phospho hoặc bo. Một hoặc nhiều trong số các nguyên tố hợp kim kim loại có thể là sắt, hoặc coban.

Tốt hơn là, lớp lót niken có thể được tạo ra bằng cách sử dụng phương pháp lắng phủ kim loại kiểu hoá học ướt, bao gồm việc cho bề mặt nền tiếp xúc với dung dịch mạ niken sao cho niken và tùy ý cả các ion kim loại khác được phóng ra ở ít nhất một nền để trở thành niken hoặc kim loại khác tương ứng mà tạo ra lớp niken hoặc hợp kim kim loại niken, lần lượt, trên nền. Sự lắng phủ kim loại như vậy có thể được thực hiện bằng cách sử dụng phương pháp mạ điện bao gồm việc cho dòng điện chạy giữa nền và điện cực đối trong khi nền và điện cực đối được tiếp xúc với dung dịch mạ hoặc bằng cách sử dụng phương pháp mạ không dùng điện (tự xúc tác), trong đó niken và tùy ý ion kim loại khác được phóng ra do chất khử, như các hợp chất

hydrazin hoặc formaldehyt. Nếu phương pháp mạ điện được sử dụng, tốt hơn là phương pháp mạ điện này sử dụng dòng điện một chiều (DC).

Tốt hơn, nếu dung dịch mạ được sử dụng để lắng phủ lớp niken là dung dịch mạ chứa một hoặc nhiều dung môi, các gốc ion niken, tùy ý các ion kim loại hợp kim, ion giúp cho dung dịch mạ này có độ dẫn điện tăng, nếu có, chất khử có khả năng phóng các ion niken để tạo ra niken kim loại, nếu dung dịch mạ này là dung dịch mạ không dùng điện; chất điều chỉnh độ pH tiếp theo, các hợp phần bổ sung tiếp theo, như các chất hoạt động bề mặt để tăng cường việc thấm ướt bề mặt nền với dung dịch mạ và để làm tăng độ hòa tan của các hợp phần có mặt trong dung dịch mạ, cũng như các chất khác mà có thể giúp cho dung dịch mạ này có độ ổn định cải thiện chống lại sự phân hủy và/hoặc mà có thể giúp cho lớp lắng phủ niken có các tính chất cải thiện, ví dụ các tính chất cơ học và/hoặc điện. Tốt hơn là, dung môi chính là nước.

Để tạo ra lớp lót niken, dung dịch mạ niken được sử dụng. Dung dịch mạ niken có thể là dung dịch mạ niken bằng điện, như dung dịch mạ Watts; là dung dịch mạ chứa nước và thường chứa niken sulfat, niken clorua, axit boric, sacarin và tùy ý các hợp phần tiếp theo đã biết làm chất làm ổn định và đã biết đối với các chuyên gia trong lĩnh vực kỹ thuật này. Dung dịch mạ niken được sử dụng để tạo ra lớp lót niken có thể theo cách khác dung dịch mạ niken không dùng điện thường là dung dịch mạ chứa nước và mà chứa niken sulfat, hợp chất hydrazin hoặc formaldehyt dưới dạng chất khử đối với niken, và các hợp phần tiếp theo.

Các gốc ion niken, ion tiếp theo giúp cho dung dịch mạ niken có độ dẫn điện tăng, chất điều chỉnh độ pH, các chất hoạt động bề mặt, chất mà có thể giúp cho dung dịch mạ niken có độ ổn định cải thiện chống lại sự phân hủy, chất mà có thể giúp cho lớp lắng phủ niken có các tính chất cải thiện, và/hoặc các chất tạo phức có mặt trong dung dịch mạ niken có thể là các chất như đã được mô tả nêu trên đối với dung dịch mạ niken/phospho.

Theo phương án được ưu tiên tiếp theo của sáng chế, lớp lót hợp kim niken/phospho nêu trên chứa phospho với hàm lượng không nhỏ hơn 0,1% trọng lượng, tốt hơn là không nhỏ hơn 1% trọng lượng, Tốt hơn nữa là, không nhỏ hơn 5%

trọng lượng, thậm chí còn Tốt hơn nữa là, không nhỏ hơn 8% trọng lượng. Ngoài ra, hàm lượng phospho có thể không lớn hơn 17% trọng lượng, tốt hơn là không lớn hơn 15% trọng lượng. Tốt hơn nữa là, lớp lót hợp kim niken/phospho nêu trên chứa phospho với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,1% trọng lượng đến 17% trọng lượng, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 1% trọng lượng đến 15% trọng lượng, Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 5% trọng lượng đến 15% trọng lượng, thậm chí còn Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 8% trọng lượng đến 15% trọng lượng, và thậm chí tốt nhất nếu nằm trong khoảng từ 9% trọng lượng đến 13% trọng lượng.

Dung dịch mạ hợp kim niken/phospho có thể còn chứa nguồn hợp kim bo sao cho hợp kim niken/phospho/bo được tạo ra. Trong trường hợp này, hợp chất hợp kim bo có thể là hợp chất bo, như dimetylaminboran hoặc natri boranat.

Theo phương án được ưu tiên tiếp theo của sáng chế, ở bước (b1) của phương pháp này, bước (b) bao gồm việc lắng phủ lớp kép bao gồm lớp lót niken thứ nhất nêu trên và lớp lót hợp kim niken/phospho thứ hai nêu trên, trong đó lớp kép này có độ dày ít nhất là 0,01  $\mu\text{m}$ , Tốt hơn nữa là, ít nhất là 0,05  $\mu\text{m}$  và tốt nhất nếu ít nhất là 0,08  $\mu\text{m}$ . Tốt hơn nữa, nếu lớp kép này độ dày tối đa là 10  $\mu\text{m}$ , Tốt hơn nữa là, tối đa là 5  $\mu\text{m}$  và đặc biệt tốt nếu tối đa là 2  $\mu\text{m}$ . Tốt hơn nữa là, lớp kép này có độ dày nằm trong khoảng từ 0,01  $\mu\text{m}$  đến 10  $\mu\text{m}$ , thậm chí còn Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 0,05  $\mu\text{m}$  đến 5  $\mu\text{m}$  và đặc biệt tốt là nằm trong khoảng từ 0,08  $\mu\text{m}$  đến 2  $\mu\text{m}$ . Độ dày của niken và/hoặc hợp kim niken/phospho là tổng độ dày của tất cả niken và lớp lót hợp kim niken/phospho, nếu nhiều hơn một lớp niken hoặc lớp lót hợp kim niken được lắng phủ trên ít nhất một bề mặt nền. Lớp kép này còn góp phần để ngăn ngừa sự ăn mòn nền.

Trong lớp kép này, tốt hơn là lớp lót niken thứ nhất có độ dày nằm trong khoảng từ 0,5  $\mu\text{m}$  đến 5  $\mu\text{m}$ , Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 1  $\mu\text{m}$  đến 3  $\mu\text{m}$  và thậm chí còn Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 1  $\mu\text{m}$  đến 2  $\mu\text{m}$ . Lớp lót hợp kim niken/phospho thứ hai có mặt trong lớp kép có độ dày nằm trong khoảng từ 0,01  $\mu\text{m}$  đến 2  $\mu\text{m}$ , Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 0,05  $\mu\text{m}$  đến 1  $\mu\text{m}$  và thậm chí còn Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 0,08  $\mu\text{m}$  đến 0,5  $\mu\text{m}$ .

Nếu lớp lót hợp kim niken/phospho là lớp lót duy nhất có mặt, thì lớp lót hợp kim niken/phospho có độ dày nằm trong khoảng từ 0,01  $\mu\text{m}$  đến 5  $\mu\text{m}$ , Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 0,05  $\mu\text{m}$  đến 3  $\mu\text{m}$  và thậm chí còn Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 0,08  $\mu\text{m}$  đến 2  $\mu\text{m}$ .

Theo phương án được ưu tiên, phương pháp theo sáng chế còn bao gồm bước: (d) lắng phủ lớp trên cùng bằng bạc hoặc hợp kim bạc trên lớp thiếc nêu trên. Bằng cách thực hiện bước (d) của phương pháp này, lớp bạc hoặc hợp kim bạc được tạo ra còn cải thiện sự ức chế sự tạo rêu do áp lực gây ra. Ngoài ra, việc lắng phủ lớp thiếc và bạc hoặc lớp bạc trên cùng riêng rẽ nhau có nhiều ưu điểm hơn so với việc lắng phủ hợp kim thiếc-bạc. Việc lắng phủ riêng rẽ các lớp thiếc và bạc hoặc hợp kim bạc là dễ thực hiện hơn, có tính năng ổn định và dễ tái tạo hơn. Hơn thế, lượng bạc nhỏ hơn là cần thiết, do vậy giảm được chi phí.

Hợp kim bạc được tạo bởi bạc và một hoặc nhiều nguyên tố hợp kim. Các nguyên tố hợp kim có thể là vàng, đồng, paladi, platin, ruteni, iridi, và/hoặc rodi. Các nguyên tố hợp kim khác có thể là sắt, coban, và/hoặc đồng.

Bạc hoặc hợp kim bạc được lắng phủ bằng cách sử dụng phương pháp lắng phủ kim loại kiểu hoá học ướt, bao gồm việc cho ít nhất một nền tiếp xúc với dung dịch mạ bạc hoặc hợp kim bạc. Nếu phương pháp lắng phủ kim loại kiểu hoá học ướt là phương pháp mạ điện, bạc hoặc hợp kim bạc được lắng phủ bằng cách để dòng điện chạy trong khi nền được cho tiếp xúc với dung dịch mạ sao cho bạc và tùy ý ion kim loại khác được phóng ra ở bề mặt nền để trở thành bạc kim loại mà tạo ra lớp bạc trên cùng hoặc tùy ý, để trở thành hợp kim bạc mà tạo ra lớp hợp kim bạc trên cùng trên ít nhất một bề mặt nền. Theo cách phương pháp cải biến khác, phương pháp mạ tự xúc tác có thể được sử dụng, trong đó các gốc ion bạc và tùy ý các gốc ion kim loại khác được phóng ra do chất khử, như axit formic hoặc các dẫn xuất của axit formic. Theo phương án cải biến tiếp theo khác, phương pháp mạ nhúng có thể được sử dụng, trong đó các gốc ion bạc và tùy ý các gốc ion kim loại khác được lắng phủ bằng cách phản ứng thế với kim loại có mặt trên bề mặt nền. Nếu phương pháp mạ điện được sử dụng, thì phương pháp mạ điện sử dụng dòng điện một chiều (DC).

Tốt hơn là, dung dịch mạ bạc hoặc hợp kim bạc là lần lượt dung dịch mạ bạc hoặc hợp kim bạc. Dung dịch mạ này chứa các gốc ion bạc và, tùy ý, các gốc ion kim loại hợp kim, cũng như dung môi. Tốt hơn nữa, nếu dung dịch mạ có thể bao gồm ion giúp cho dung dịch mạ này có độ dẫn điện tăng nếu phương pháp mạ điện được sử dụng. Tốt hơn nữa, nếu dung dịch mạ có thể bao gồm chất điều chỉnh độ pH. Tốt hơn nữa, nếu dung dịch mạ có thể còn chứa các hợp phần, như các chất hoạt động bề mặt để tăng cường việc thấm ướt bề mặt nền với dung dịch mạ và để làm tăng độ hòa tan của các hợp phần có mặt trong dung dịch mạ, và các hợp phần bổ sung giúp cho dung dịch mạ này có độ ổn định cải thiện chống lại sự phân hủy.

Một hoặc nhiều dung môi có thể có mặt trong dung dịch mạ. Tốt hơn là, dung dịch mạ chứa nước là một trong số các dung môi. Nếu nước có mặt trong dung dịch mạ làm thành phần dung môi chính (ít nhất là 50 % thể tích) dung dịch mạ bạc hoặc hợp kim bạc được xem là dung dịch mạ chứa nước. Ngoài ra, dung môi hữu cơ có thể có mặt trong dung dịch mạ, như các rượu và/hoặc các ete.

Dung dịch mạ bạc có thể là dung dịch mạ bạc bằng điện thông thường, là dung dịch mạ chứa nước. Dung dịch mạ điện bạc có thể là dung dịch mạ chứa xyanua hoặc dung dịch mạ không chứa xyanua. Các dung dịch mạ bạc chứa xyanua chứa các hợp chất bạc xyanua kiềm tính như kali bạc xyanua dưới dạng các gốc ion bạc. Các chất tạo phức có thể là các muối xyanua như các hợp chất xyanua kiềm, như kali xyanua hoặc natri xyanua. Các dung dịch mạ bạc chứa xyanua có thể còn chứa các chất phụ gia như các chất làm sáng và/hoặc các chất hoạt động bề mặt. Các chất làm sáng có thể là các hợp chất chứa selen hoặc lưu huỳnh. Các dung dịch mạ bạc chứa xyanua thường là các dung dịch kiềm không cần bổ sung chất điều chỉnh độ pH.

Các dung dịch mạ bạc không chứa xyanua thường chứa bạc nitrat làm các gốc ion bạc và tốt hơn là axit. Các chất tạo phức có thể là succinimit, thiosulfat hoặc các dẫn xuất của chúng.

Dung dịch mạ bạc có thể là dung dịch mạ bạc thông thường được sử dụng trong phương pháp mạ tự xúc tác. Tốt hơn là, dung dịch mạ bạc tự xúc tác là dung dịch mạ chứa nước. Dung dịch mạ bạc tự xúc tác có thể chứa bạc nitrat dưới dạng các

gốc ion bạc; chất khử như glucoza, axit tartric, hydrazin và các muối của chúng; chất làm ổn định và các chất tạo phức mà đã biết đối với các chuyên gia trong lĩnh vực kỹ thuật này; và chất điều chỉnh độ pH.

Theo cách khác, dung dịch mạ bạc có thể là dung dịch mạ bạc nhúng mà thường là dung dịch mạ chứa nước và chứa bạc nitrat, tùy ý được tạo phức với chất tạo phức bạc như muối xyanua, như kali xyanua; hoặc thiosulfat. Hơn thế nữa, dung dịch mạ này có thể chứa chất khử như axit formic. Ngoài ra, dung dịch mạ này có thể chứa các hợp phần bổ sung, như ion giúp cho dung dịch mạ này có độ dẫn điện tăng, chất điều chỉnh độ pH, cũng như các chất khác mà có thể giúp cho dung dịch mạ này có độ ổn định cải thiện chống lại sự phân hủy.

Ion giúp cho dung dịch mạ bạc hoặc hợp kim bạc có độ dẫn điện tăng có thể là muối vô cơ hoặc hữu cơ bất kỳ mà dễ phân ly thành các gốc ion trong dung dịch mạ. Ion này không tham gia vào quá trình lắng phủ bạc hoặc hợp kim bạc sao cho không một phần tử nào của chúng được đồng lắng phủ cùng với bạc hoặc các kim loại khác hợp kim với bạc để tạo ra lớp bạc hoặc hợp kim bạc. Muối vô cơ hoặc hữu cơ giúp cho dung dịch mạ này có độ dẫn điện tăng có thể là muối kiềm, natri, kali hoặc muối kiềm khác, ví dụ, muối có anion vô cơ hoặc hữu cơ, như cacbonat, xyanua, sulfat, nitrat, axetat, metansulfonat, sulfamat và/hoặc tương tự. Tương tự, muối như vậy có thể là muối kiềm thổ, magie, canxi, hoặc muối kiềm thổ khác ví dụ, muối có anion bất kỳ trong số các anion này. Tốt hơn nữa là, ion giúp cho dung dịch mạ này có độ dẫn điện tăng có thể là axit vô cơ hoặc hữu cơ, tức là hợp chất, như axit vô cơ như axit sulfuric và/hoặc axit tương tự; axit axetic, axit metansulfonic, axit sulfamic và tương tự, mà tạo ra hydronium hoặc ion dung môi proton khác bằng cách phân ly trong dung dịch mạ.

Tốt hơn là, chất điều chỉnh độ pH có mặt trong dung dịch mạ bạc hoặc hợp kim bạc có thể là axit bất kỳ, bazơ hoặc hỗn hợp đệm, bao gồm axit vô cơ như axit sulfuric; axit axetic, axit metansulfonic, axit sulfamic; các bazơ như natri hydroxit, kali hydroxit hoặc amoniac; và hỗn hợp đệm được tạo ra từ các axit này, tốt hơn là sử dụng các cation của các bazơ yếu, như  $\text{NH}_4^+$  và các ion amoni bậc bốn.

Tốt hơn là, các chất hoạt động bề mặt có mặt trong dung dịch mạ bạc hoặc hợp kim bạc có thể là các chất hoạt động bề mặt không ion, cation, anion hoặc lưỡng tính .

Nếu phương pháp mạ bạc bằng điện được sử dụng, mật độ dòng điện nằm trong khoảng từ  $0,1 \text{ A/dm}^2$  đến  $5 \text{ A/dm}^2$ , Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ  $0,5 \text{ A/dm}^2$  đến  $2 \text{ A/dm}^2$ , được áp dụng để lắng phủ bạc hoặc hợp kim bạc.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, bước (d) của phương pháp này bao gồm việc lắng phủ lớp trên cùng bằng bạc hoặc hợp kim bạc nêu trên với độ dày của lớp bạc hoặc hợp kim bạc ít nhất là  $0,01 \text{ }\mu\text{m}$  và Tốt hơn nữa là, ít nhất là  $0,05 \text{ }\mu\text{m}$ . Tốt hơn nữa, nếu độ dày của lớp bạc hoặc hợp kim bạc nêu trên tối đa là  $0,5 \text{ }\mu\text{m}$ , Tốt hơn nữa là, tối đa là  $0,2 \text{ }\mu\text{m}$ . Tốt hơn nữa là, lớp bạc hoặc hợp kim bạc có độ dày nằm trong khoảng từ  $0,01 \text{ }\mu\text{m}$  đến  $0,5 \text{ }\mu\text{m}$  và đặc biệt tốt là nằm trong khoảng từ  $0,05 \text{ }\mu\text{m}$  đến  $0,2 \text{ }\mu\text{m}$ . Để để đạt được độ dày này, tốt hơn là thời gian lắng phủ bạc hoặc hợp kim bạc được ưu tiên là thời gian lắng phủ điện phân, được sử dụng mà nằm trong khoảng từ 1 giây đến 2 phút, Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 10 giây đến 1 phút.

Theo phương án được ưu tiên tiếp theo, ngoài việc lắng phủ lớp thiếc bằng cách sử dụng phương pháp mạ xung, thì một phần lớp thiếc (lớp phụ) cũng có thể được tạo ra bằng cách sử dụng phương pháp mạ dòng điện một chiều (DC). Lớp phụ thiếc bổ sung như vậy được lắng phủ bằng cách sử dụng dòng điện DC có thể, theo phương án cải biến thứ nhất, được tạo ra trước khi tạo ra lớp thiếc mà được tạo ra bằng phương pháp mạ xung hoặc, theo phương án cải biến thứ hai, sau khi tạo ra lớp thiếc mà được tạo ra bằng phương pháp mạ xung. Theo phương án cải biến thứ ba, lớp phụ thiếc, được tạo ra bằng phương pháp DC, có thể được tạo ra trước khi lớp phụ thiếc được lắng phủ bằng phương pháp mạ xung và lớp phụ thiếc tiếp theo, được tạo ra bằng phương pháp DC, có thể được tạo ra sau khi lớp phụ thiếc được lắng phủ bằng phương pháp mạ xung. Theo phương án được ưu tiên tiếp theo, thiếc cũng có thể được lắng phủ, ngoài việc mạ điện thiếc bằng cách sử dụng phương pháp mạ xung, phương pháp DC bằng cách trước tiên lắng phủ thiếc với mật độ dòng điện thấp và sau đó với mật độ dòng điện cao. Trình tự kép này có thể được áp dụng trước khi mạ xung thiếc hoặc sau khi mạ xung thiếc hoặc cả hai, trước khi và sau khi, mạ xung thiếc.

Dung dịch mạ điện thiếc được sử dụng để mạ điện thiếc bằng cách sử dụng phương pháp DC có thể có thành phần giống như dung dịch mạ điện thiếc mà được sử dụng để mạ điện thiếc bằng cách sử dụng phương pháp mạ xung. Các điều kiện mạ điện thiếc bằng cách sử dụng phương pháp DC có thể là các điều kiện thông thường, như mạ điện thiếc ở mật độ dòng điện ít nhất là  $1 \text{ A/dm}^2$ , Tốt hơn nữa là, ít nhất là  $2 \text{ A/dm}^2$  và tốt nhất nếu ít nhất là  $5 \text{ A/dm}^2$ . Mật độ dòng điện có thể tối đa là  $50 \text{ A/dm}^2$ , Tốt hơn nữa là, tối đa là  $25 \text{ A/dm}^2$  và đặc biệt tốt nếu tối đa là  $15 \text{ A/dm}^2$ . Nếu mật độ dòng điện thấp được áp dụng cho trình tự kép này, thì tốt hơn là mật độ dòng điện này nằm trong khoảng từ  $1 \text{ A/dm}^2$  đến  $10 \text{ A/dm}^2$ , Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ  $2 \text{ A/dm}^2$  đến  $7,5 \text{ A/dm}^2$  và đặc biệt tốt là nằm trong khoảng từ  $4 \text{ A/dm}^2$  đến  $6 \text{ A/dm}^2$ . Nếu mật độ dòng điện cao được áp dụng cho trình tự kép này, thì tốt hơn là mật độ dòng điện này nằm trong khoảng từ  $10 \text{ A/dm}^2$  đến  $50 \text{ A/dm}^2$ , Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ  $12 \text{ A/dm}^2$  đến  $25 \text{ A/dm}^2$  và đặc biệt tốt là nằm trong khoảng từ  $14 \text{ A/dm}^2$  đến  $16 \text{ A/dm}^2$ . Mỗi trong số các điều kiện được ưu tiên này áp dụng cho trình tự kép được áp dụng trước bước mạ xung thiếc hoặc sau bước mạ xung thiếc hoặc cả hai, trước và sau bước mạ xung thiếc.

Theo một phương án, lớp lót hợp kim niken/phospho được tạo ra trước khi tạo ra lớp thiếc, bằng cách lắng phủ lớp lót hợp kim niken/phospho trực tiếp trên ít nhất một bề mặt nền. Sau đó, lớp thiếc được tạo ra trên lớp lót hợp kim niken/phospho này được tạo ra. Nếu ngoài lớp thiếc, lớp trên cùng bằng bạc hoặc hợp kim bạc được lắng phủ, thì lớp trên cùng bằng bạc hoặc hợp kim bạc được tạo ra trên lớp thiếc. Theo phương án khác, lớp kép gồm lớp lót niken và lớp lót hợp kim niken/phospho được tạo ra trước khi tạo ra lớp thiếc, bằng cách lắng phủ lớp lót niken và lớp lót hợp kim niken/phospho trực tiếp trên ít nhất một bề mặt nền. Sau đó, lớp thiếc được tạo ra trên lớp kép này được tạo ra. Nếu ngoài lớp thiếc, lớp trên cùng bằng bạc hoặc hợp kim bạc được lắng phủ, lớp trên cùng bằng bạc hoặc hợp kim bạc được tạo ra trên lớp thiếc này.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, phương pháp mạ xung này là phương pháp mạ xung đơn cực, phương pháp mạ xung đơn cực này bao gồm các chu kỳ xung liên tiếp mà mỗi chu kỳ bao gồm phần xung catot (phần mạ) và phần xung

bằng không của dòng điện (phần không mạ). Tốt hơn là, các chu kỳ xung liên tiếp là giống nhau và xen kẽ nhau. Thiếc được lắng phủ trong khi phản xung catot. Trong khi phản xung bằng không của dòng điện, thiếc không được lắng phủ trên lớp lót hợp kim niken/phospho mà được lắng phủ trên ít nhất một bề mặt nền.

Theo phương án được ưu tiên tiếp theo của sáng chế, (phần) xung catot nêu trên có khoảng thời gian xung catot ít nhất là 0,1 giây, Tốt hơn nữa là, ít nhất là 0,2 giây và tốt nhất nếu ít nhất là 0,5 giây. Tốt hơn nữa, nếu khoảng thời gian xung catot nêu trên tối đa là 10 giây, Tốt hơn nữa là, tối đa là 5 giây và đặc biệt tốt nếu tối đa là 1 giây. Tốt hơn nữa là, khoảng thời gian xung catot nằm trong khoảng từ 0,1 giây đến 10 giây, thậm chí còn Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 0,2 giây đến 5 giây và đặc biệt tốt là nằm trong khoảng từ 0,5 giây đến 1 giây.

Theo phương án được ưu tiên hơn của sáng chế, (phần) dòng điện xung bằng không có khoảng thời gian xung bằng không của dòng điện ít nhất là 0,1 giây, Tốt hơn nữa là, ít nhất là 0,2 giây và tốt nhất nếu ít nhất là 0,5 giây. Tốt hơn nữa, nếu khoảng thời gian xung bằng không của dòng điện nêu trên tối đa là 10 giây, Tốt hơn nữa là, tối đa là 5 giây và đặc biệt tốt nếu tối đa là 1 giây. Tốt hơn nữa là, khoảng thời gian xung bằng không của dòng điện nằm trong khoảng từ 0,1 giây đến 10 giây, thậm chí còn Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 0,2 giây đến 5 giây và đặc biệt tốt là nằm trong khoảng từ 0,5 giây đến 1 giây.

Theo phương án được ưu tiên tiếp theo của sáng chế, tần số của phương pháp mạ xung đơn cực này ít nhất là  $0,05 \text{ giây}^{-1}$ , Tốt hơn nữa là, ít nhất là  $0,1 \text{ giây}^{-1}$  và tốt nhất nếu ít nhất là  $0,5 \text{ giây}^{-1}$ . Tốt hơn nữa, nếu tần số của phương pháp mạ xung đơn cực này tối đa là  $5 \text{ giây}^{-1}$ , Tốt hơn nữa là, tối đa là  $2,5 \text{ giây}^{-1}$  và đặc biệt tốt nếu tối đa là  $1 \text{ giây}^{-1}$ . Tốt hơn nữa là, tần số này nằm trong khoảng từ  $0,05 \text{ giây}^{-1}$  đến  $5 \text{ giây}^{-1}$ , thậm chí còn Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ  $0,1 \text{ giây}^{-1}$  đến  $2,5 \text{ giây}^{-1}$  và đặc biệt tốt là nằm trong khoảng từ  $0,5 \text{ giây}^{-1}$  đến  $1 \text{ giây}^{-1}$ .

Theo phương án được ưu tiên tiếp theo của sáng chế, (phần) xung catot nêu trên có mật độ dòng điện đỉnh xung catot ít nhất là  $1 \text{ A/dm}^2$ , Tốt hơn nữa là, ít nhất là  $5 \text{ A/dm}^2$ , thậm chí còn Tốt hơn nữa là, ít nhất là  $10 \text{ A/dm}^2$  và tốt nhất nếu ít nhất là 8

A/dm<sup>2</sup>. Tốt hơn nữa, nếu xung catot nêu trên có mật độ dòng điện đỉnh xung catot tối đa là 60 A/dm<sup>2</sup>, Tốt hơn nữa là, tối đa là 35 A/dm<sup>2</sup> và đặc biệt tốt nếu tối đa là 20 A/dm<sup>2</sup>. Tốt hơn nữa là, mật độ dòng điện đỉnh xung catot nêu trên nằm trong khoảng từ 1 A/dm<sup>2</sup> đến 60 A/dm<sup>2</sup>, thậm chí còn Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 5 A/dm<sup>2</sup> đến 35 A/dm<sup>2</sup>, thậm chí còn Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 10 A/dm<sup>2</sup> đến 35 A/dm<sup>2</sup> và đặc biệt tốt là nằm trong khoảng từ 8 A/dm<sup>2</sup> đến 20 A/dm<sup>2</sup>. Mật độ dòng điện đỉnh xung catot này là thích hợp cho việc lắng phủ lớp thiếc bằng cách mạ xung, đặc biệt là cho ứng dụng rack.

Theo phương án được ưu tiên tiếp theo của sáng chế, (phần) xung catot nêu trên có mật độ dòng điện đỉnh xung catot cho ứng dụng cuộn sang cuộn/dải sáng dải ít nhất là 10 A/dm<sup>2</sup>, Tốt hơn nữa là, ít nhất là 15 A/dm<sup>2</sup> và tốt nhất nếu ít nhất là 25 A/dm<sup>2</sup>. Tốt hơn nữa, nếu xung catot nêu trên có mật độ dòng điện đỉnh xung catot tối đa là 60 A/dm<sup>2</sup>, Tốt hơn nữa là, tối đa là 45 A/dm<sup>2</sup>, thậm chí còn Tốt hơn nữa là, tối đa là 35 A/dm<sup>2</sup> và đặc biệt tốt nếu tối đa là 25 A/dm<sup>2</sup>. Tốt hơn nữa là, nêu trên xung catot có mật độ dòng điện đỉnh xung catot đối với ứng dụng cuộn sang cuộn/dải sáng dải nằm trong khoảng từ 10 A/dm<sup>2</sup> đến 60 A/dm<sup>2</sup>, thậm chí còn Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 15 A/dm<sup>2</sup> đến 45 A/dm<sup>2</sup>, thậm chí còn Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 10 A/dm<sup>2</sup> to 35 A/dm<sup>2</sup> và đặc biệt tốt là 25 A/dm<sup>2</sup>.

Theo phương án được ưu tiên tiếp theo của sáng chế, tỷ lệ giữa khoảng thời gian xung catot và khoảng thời gian xung bằng không của dòng điện ít nhất là 0,5, Tốt hơn nữa là, ít nhất là 0,75 và tốt nhất nếu ít nhất là 0,9. Tốt hơn nữa, nếu tỷ lệ này tối đa là 2, Tốt hơn nữa là, tối đa là 1,5 và đặc biệt tốt nếu tối đa là 1,1. Tốt hơn nữa là, tỷ lệ này được thiết lập nằm trong khoảng từ 0,5 đến 2, thậm chí còn Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 0,75 đến 1,5 và đặc biệt tốt là nằm trong khoảng từ 0,9 đến 1,1. Thậm chí còn Tốt hơn nữa là, tỷ lệ này là 1,0.

Phương pháp lắng phủ lớp thiếc trên nền kim loại theo sáng chế tốt hơn là để ngăn ngừa sự tạo râu thiếc do áp lực gây ra ở mức độ nhỏ hơn, Tốt hơn nữa là, để ngăn ngừa sự tạo râu thiếc do áp lực gây ra, thậm chí còn Tốt hơn nữa là, để tạo ra lớp thiếc không có râu do áp lực gây ra.

Do vậy, tốt hơn là, trong lớp thiếc được lắng phủ bằng phương pháp theo sáng chế, sự tạo râu thiếc do áp lực gây ra được ức chế ở mức độ nhỏ hơn, Tốt hơn nữa là, sự tạo râu thiếc do áp lực gây ra được ngăn ngừa, thậm chí còn Tốt hơn nữa là, lớp thiếc được lắng phủ bằng phương pháp theo sáng chế là không có râu do áp lực gây ra.

Tốt hơn là, các râu thiếc do áp lực gây ra được ức chế ở mức độ nhỏ hơn, hoặc các râu thiếc do áp lực gây ra được ngăn ngừa, hoặc việc lớp thiếc không có râu do áp lực gây ra được lắng phủ bằng phương pháp theo sáng chế được xác định, ví dụ được thử nghiệm, bằng cách cho lớp thiếc nêu trên chịu tác động của lực cơ học ở áp lực định trước trong khoảng thời gian định trước. Việc tác động lực cơ học lên lớp thiếc gây ra sự tạo râu do áp lực gây ra, nhưng không gây ra sự tạo ra các loại râu khác như các râu do ăn mòn gây ra, các râu xuất hiện bởi sự tạo ra các hợp chất liên kim loại hoặc các râu gây ra bởi sự không phù hợp nhiệt. Việc áp dụng các phương pháp gây ra các loại râu khác là không đáng kể so với việc tạo ra các râu do áp lực gây ra. Do vậy, xu hướng của lớp thiếc tạo ra các râu do áp lực gây ra có thể được thử nghiệm bằng cách áp dụng lực cơ học và nó có thể phân biệt được với xu hướng của lớp thiếc này để tạo ra các loại râu khác.

Phương án được ưu tiên hơn của phương pháp này bao gồm bất kỳ một hoặc một số cải thiện tiếp theo mà được mô tả trên đây. Tốt hơn là, lớp thiếc trực tiếp được tác động lực cơ học, tức là không cần xử lý thêm bất kỳ như xử lý nhiệt. Tốt hơn là, nếu bước (d) được thực hiện sau khi thực hiện bước (c), tức là lớp trên cùng bằng bạc hoặc hợp kim bạc được lắng phủ trên lớp thiếc nêu trên, lớp thiếc này được tác động lực cơ học sau khi lắng phủ lớp trên cùng là bạc hoặc hợp kim bạc, Tốt hơn nữa là, không cần có bước xử lý thêm bất kỳ như xử lý nhiệt. Lực cơ học có thể được áp dụng lên lớp thiếc bằng cách cho nền kim loại chịu tác động của lực cơ học, bằng cách ấn dụng cụ vào lớp thiếc chẳng hạn. Trong thực tế, lực cơ học này có thể được áp dụng lên lớp thiếc bằng cách chèn ổ cắm và phích cắm có cặp phần tử tiếp xúc mà được mạ bằng lớp lót hợp kim niken/phospho và lớp thiếc vào với nhau. Tốt hơn là, dụng cụ cần được ấn lên lớp thiếc là dụng cụ kẹp râu loại trục vít như được mô tả dưới đây và trên Fig.1.

Áp lực định trước có thể ít nhất là 0,001 Nm, Tốt hơn nữa là, ít nhất là 0,01 Nm, thậm chí còn Tốt hơn nữa là, ít nhất là 0,05 Nm và tốt nhất nếu ít nhất là 0,1 Nm. Áp lực định trước có thể tối đa là 100 Nm, Tốt hơn nữa là, tối đa là 10 Nm, thậm chí còn Tốt hơn nữa là, tối đa là 5 Nm và đặc biệt tốt nếu tối đa là 1 Nm. Áp lực định trước có thể nằm trong khoảng từ 0,001 Nm đến 100 Nm, Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 0,01 Nm đến 10 Nm, thậm chí còn Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 0,05 Nm đến 5 Nm và đặc biệt tốt là nằm trong khoảng từ 0,1 Nm đến 1 Nm. Khoảng thời gian định trước có thể ít nhất là 1 phút, Tốt hơn nữa là, ít nhất là 1 giờ, thậm chí còn Tốt hơn nữa là, ít nhất là 1 ngày và tốt nhất nếu ít nhất là 5 ngày. Khoảng thời gian định trước có thể tối đa là thời hạn sử dụng của nền đã được mạ, tức là phần tử tiếp xúc được mạ; Tốt hơn nữa là, tối đa là 1 năm, thậm chí còn Tốt hơn nữa là, tối đa là 1 tháng, Tốt hơn nữa là, tối đa là 2 tuần và đặc biệt tốt nếu tối đa là 10 ngày. Khoảng thời gian định trước có thể nằm trong khoảng từ 1 phút đến cuối thời hạn sử dụng của nền đã được mạ, Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 1 phút đến 1 năm, thậm chí còn Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 1 giờ đến 1 tháng, Tốt hơn nữa là, từ 1 ngày đến 2 tuần và đặc biệt tốt là từ 5 ngày đến 10 ngày.

Sau cùng, tốt hơn là sau khi cho lớp thiếc nêu trên chịu lực cơ học, số lượng và/hoặc kích thước của các râu thiếc do áp lực gây ra thu được được đo. Việc đo số và/hoặc kích thước của các râu có thể được thực hiện bằng cách sử dụng kính hiển vi như SEM (kính hiển vi điện tử quét). Việc đo kích thước của các râu có thể được thực hiện bằng cách đánh giá hoặc phân tích các râu như được mô tả dưới đây và trong các ví dụ thực hiện sáng chế.

Trong bản mô tả này, cần phải hiểu rằng thuật ngữ “lớp thiếc không có râu do áp lực gây ra” được mô tả bằng các thông số áp suất và thời gian được dùng để chỉ đặc tính cụ thể của lớp thiếc được lắng phủ theo sáng chế và có thể được thử nghiệm như nêu trên. Thuật ngữ “lớp thiếc không có râu do áp lực gây ra” cũng có nghĩa là lớp thiếc được lắng phủ theo sáng chế sẽ không có râu do áp lực gây ra với các thông số được mô tả, ví dụ bằng phương pháp dưới đây.

Tốt hơn là, phương pháp theo sáng chế được thực hiện trong thiết bị, trong đó nền cần được mạ được nhúng vào dung dịch mạ, một cách lần lượt, dung dịch mạ này

được chứa trong hộp chứa tương ứng và nên được chuyển từ hộp chứa này sang hộp chứa tiếp theo trong khi vẫn ở trong đó trong thời gian cần thiết để lắng phủ lớp kim loại tương ứng trên ít nhất một bề mặt của chúng.

Nhằm mục đích này, thiết bị mạ bao gồm một cặp hộp chứa đối với các dung dịch mạ điện này cũng như phương tiện giữ nền, trong đó phương tiện này có khả năng chuyển nền từ hộp chứa này sang hộp chứa khác và nhúng nền này vào trong dung dịch mạ tương ứng. Phương tiện giữ nền có thể là vòng kẹp bất kỳ như khung mà được giữ bằng thanh bay chẳng hạn. Theo cách khác, phương tiện giữ có thể là các con lăn vận chuyển nền qua thiết bị băng tải, trong đó nền được cho tiếp xúc với dung dịch mạ một cách liên tiếp.

Hơn thế nữa, thiết bị bao gồm để cho mỗi một nền và ít nhất một điện cực đối (anôt) tiếp xúc với dung dịch mạ điện, nếu kim loại cần được lắng phủ được mạ điện trên ít nhất một bề mặt của nền. Điều này là bởi tất cả phương pháp, trường hợp đối với việc mạ thiếc, trong đó phương pháp mạ xung được áp dụng. Trong trường hợp không dùng điện (tự xúc tác) hoặc việc mạ nhúng (di chuyển), không cần hệ điện cực đối. Tốt hơn là, ít nhất một điện cực đối được nằm trong vùng lân cận của nền và, cùng với nền, được cho tiếp xúc với dung dịch mạ điện, để khiến cho dòng điện chạy giữa nền và ít nhất một điện cực đối. Trong hệ thống băng tải ngang, phần lớn các các điện cực đối có thể được đặt nối tiếp nhau dọc theo đường băng tải đối với nền, hoặc là trên một mặt của đường băng tải hoặc trên cả hai mặt của đường băng tải.

Thiết bị này còn bao gồm phương tiện để phân cực điện đối với nền này để tác động sự lắng phủ kim loại lên ít nhất một bề mặt nền nếu phương pháp này bao gồm việc mạ điện. Phương tiện phân cực này dùng để cấp điện năng cho nền. Nhằm mục đích này, nó có thể là nguồn/nguồn cấp dòng điện/điện áp, như bộ chỉnh lưu. Phương tiện phân cực này được kết nối điện với nền và ít nhất một điện cực đối. Để lắng phủ lớp thiếc, phương tiện phân cực còn được thiết kế để cung cấp dòng điện xung cho ít nhất một bề mặt nền. Nhằm mục đích này, phương tiện phân cực được kết nối điện với ít nhất một bề mặt nền và có thể được trang bị phương tiện kiểm soát mà cung cấp cho việc tạo ra các chuỗi xung. Các phương tiện kiểm soát như vậy có thể là sự bố trí

mạch điện mà có thể được điều khiển bởi bộ vi điều chỉnh mà có thể được lập trình bởi một máy tính.

Sự tạo rêu do áp lực gây ra được nghiên cứu với các tổ hợp lớp khác nhau trên một nền, trong đó mỗi lớp trong số các lớp này bao gồm một lớp thiếc (tinh khiết). Trong mỗi trường hợp, tấm đồng được sử dụng làm nền. Tấm này được bố trí các tổ hợp lớp khác nhau bằng cách lắng phủ các lớp riêng lẻ trên tấm này và lên nhau. Đối với các lớp được lắng phủ, tấm này trước tiên được làm sạch và sau đó được mạ bằng thiếc và tùy ý còn có các lớp phủ kim loại tiếp theo. Các lớp phủ thiếc có độ dày nằm trong khoảng từ 3,0 đến 3,5  $\mu\text{m}$ .

Trừ khi có quy định cụ thể, tấm được bố trí các tổ hợp lớp được xử lý nhiệt trong 1 giờ ở nhiệt độ 150°C trong không khí trong thời gian 24 giờ sau khi các lớp này được tạo ra, để mô phỏng các quy trình sản xuất công nghiệp như được sử dụng hiện nay. Sau khi làm nguội các mẫu đến nhiệt độ trong phòng, từng mẫu này được thử nghiệm về sự tạo rêu bằng dụng cụ kẹp rêu loại trục vít có bộ phận tạo lõm với đầu tròn phẳng.

Fig.1 thể hiện dụng cụ kẹp rêu loại trục vít 10 thông thường được sử dụng để kiểm tra sự tạo rêu do áp lực gây ra. Dụng cụ kẹp rêu này bao gồm bộ phận tạo lõm có thể trượt theo phương thẳng đứng 20 có đầu tạo lõm phẳng 21 mà có phần hình tròn với đường kính 3 mm. Tốt hơn là, bộ phận tạo lõm 20 có hình dạng thanh hoặc que. Dụng cụ kẹp rêu này bao gồm tấm nền 11 và kết cấu giữ 12 để giữ bộ phận tạo lõm. Tấm nền này được tạo ra để đỡ mẫu dạng tấm P là nền kim loại có lớp thiếc Sn được lắng phủ trên đó. Kết cấu giữ bao gồm bộ phận dẫn hướng 13 mà được tạo ra để dẫn hướng bộ phận tạo lõm theo kiểu trượt trong lỗ xuyên dẫn 14 của chúng. Hơn thế, kết cấu giữ này cũng bao gồm khung giữ 15 nâng trên bộ phận dẫn hướng và có lỗ ren 16 để lắp bulông ren 17 được ép lên mặt trước 18 của bộ phận tạo lõm này.

Mẫu dạng tấm P này được lắp vào dụng cụ kẹp 10 bằng cách đặt nó lên tấm nền 11 ngay bên dưới đầu tạo lõm 21. Sau đó, bộ phận tạo lõm 20 có đầu tạo lõm được ấn lên bề mặt của tấm nền bằng cách vặn bulông ren 17 xuống dưới bằng cần

siết lực sao cho lực xoắn 0,3 Nm cuối cùng được tác động lên bulông ren. Áp lực này được duy trì trong khoảng thời gian định trước, 1 tuần chẳng hạn.

Áp lực được tạo ra như vậy trên các mẫu, dẫn đến sự tạo râu ở mép của vết lõm A được tạo ra bằng đầu tạo lõm. Một ví dụ điển hình về các râu như vậy được tạo ra được thể hiện trên Fig.2 dưới dạng ảnh SEM. Mẫu được sử dụng cho ví dụ này chỉ có lớp thiếc Sn. Lớp thiếc này được tạo ra bằng cách mạ điện bằng cách sử dụng phương pháp mạ điện dòng một chiều (DC). Do đó, mẫu này không được chuẩn bị theo sáng chế. Fig.2 cho thấy vùng nhẵn trên vết lõm A nơi đầu tạo lõm đã gây áp lực trong thời gian thử nghiệm (khoảng thời gian định trước), sao cho lớp này được làm phẳng. Ngoài vùng này, cấu trúc liên kết của bề mặt hơi nhám của lớp thiếc có thể nhìn thấy được khi được mạ. Ở mép của vùng nhẵn, vật liệu này được thấy là bị siết chặt khiến cho khía R được tạo ra. Ở khía này, râu do áp lực lớn gây ra được tạo ra (được thể hiện bằng mũi tên đậm) mà trước tiên được phát triển gần như tỏa tròn từ vết lõm và sau đó sau một hành trình ngắn được lan ra theo hướng gần như song song với khía này.

Để kiểm tra xu hướng (xu hướng) tạo râu do áp lực gây ra, trước hết các mẫu này được cho chịu tải trọng bởi bộ phận tạo lõm trong thời gian 1 tuần, sau đó được kiểm tra bằng cách sử dụng SEM và các râu được tạo ra được đánh giá. Đối với phân tích này, mức độ mở rộng lớn nhất của mỗi một râu đạt được, được đo từ điểm gốc của nó ở khía, được xác định một cách riêng biệt. Chiều dài này có thể rõ ràng là nhỏ hơn tổng độ dài của râu như nó có thể, do uốn cong, vẫn nằm trong vùng lân cận của điểm gốc của nó. Để xác định mức độ mở rộng này, hình bán nguyệt C được vẽ từ điểm bắt đầu của râu trong khi chạm vào phần mở rộng xa nhất của râu trong hình bán nguyệt này. Bán kính của hình bán nguyệt này được lấy làm chiều dài ngắn mạch S của râu đơn lẻ này. Năm râu đó được phân tích bằng cách này mà có phần mở rộng lớn nhất và trị số trung bình  $S_{\text{trung bình}}$  được xác định đối với chiều dài ngắn mạch.

### **Ví dụ thực hiện sáng chế**

Các ví dụ so sánh 1, 2:

Các mẫu thử nghiệm dùng cho các ví dụ so sánh được chuẩn bị bằng cách xử lý

sơ bộ các tấm đồng theo cách thông thường, tức là bằng cách làm sạch các tấm này đĩa trong chất làm sạch kiềm tính, sau đó khắc ăn mòn tấm này trong chất làm sạch có tính axit và cuối cùng hoạt hóa chúng trong axit sulfuric loãng.

Sau đó, các tấm sau khi làm sạch được bố trí lớp lắng phủ niken và lớp lắng phủ thiếc được mạ lên lớp lắng phủ niken này, như được thể hiện trong Bảng 1. Nhằm mục đích này, các tấm đồng được mạ trong các điều kiện như được thể hiện trong Bảng 2. Các dung dịch mạ và các điều kiện được sử dụng để lắng phủ các lớp riêng lẻ được thể hiện dưới đây.

Mạ điện Niken (Lớp lót 1 hoặc lớp lót thứ nhất):

Niken tinh khiết được đưa lên tấm đồng đã được làm sạch bằng cách sử dụng dung dịch mạ điện niken Watts thông thường mà được vận hành trong các điều kiện chuẩn. Việc mạ điện được thực hiện bằng cách sử dụng dòng điện DC. Độ dày của lớp lắng phủ niken này thu được là như được thể hiện trong bảng 2.

Mạ xung điện thiếc (Lớp thiếc):

Thiếc được mạ điện bằng cách sử dụng dung dịch mạ điện thiếc được tạo ra trên cơ sở thiếc metansulfonat/axit metansulfonic. Lớp thiếc thu được bằng cách tác động dòng điện xung lên tấm này. Dòng điện xung là dòng điện xung đơn cực có chuỗi xung với các chu kỳ xung giống nhau liên tiếp mà bao gồm một xung dòng điện catot, tiếp đó là xung dòng điện bằng không và không có các phần xung khác bất kỳ trong chu kỳ xung. Các xung có dạng hình chữ nhật theo thời gian. Khoảng thời gian xung và mật độ dòng điện đỉnh catot của phần dòng điện xung catot được thể hiện trong bảng 2. Độ dày của lớp lắng phủ thiếc đạt được là như được thể hiện trong bảng 2.

Sau khi mạ các lớp niken và thiếc, các tấm đã được phủ được xử lý nhiệt trong thời gian 1 giờ ở nhiệt độ 150 °C. Sau đó, các tấm này được kẹp vào dụng cụ kẹp râu loại trục vít và được cho chịu tải 0,3 Nm trong thời gian 1 tuần ở nhiệt độ trong phòng.

Sau đó, sự tạo râu được xác định bằng cách kiểm tra các bề mặt của tấm nhờ SEM bằng cách đánh giá năm râu lớn nhất và bằng cách đo chiều dài ngắn mạch S của chúng. Trị số trung bình được tính toán từ năm râu lớn nhất, trị số trung bình này cho

chiều dài ngắn mạch trung bình  $S_{\text{trung bình}}$ . Các kết quả đánh giá này được thể hiện trên Fig. 3, cho biết chiều dài ngắn mạch trung bình  $S_{\text{trung bình}}$  đối với tất cả năm râu của mỗi mẫu. Kết quả của các ví dụ so sánh được biểu thị là '1' và '2' trên Fig. 3. Kết quả này cũng được tóm tắt trong bảng 1.

Các ví dụ 3, 4 theo sáng chế:

Các mẫu thử nghiệm theo sáng chế được chuẩn bị theo cách giống như mẫu được sử dụng trong các ví dụ so sánh 1 và 2. Sau đó, các tấm sau khi làm sạch này được bố trí các lớp lắng phủ kim loại khác nhau, như được thể hiện trong Bảng 1. Nhằm mục đích này, các tấm đồng lại được mạ trong các điều kiện như được thể hiện trong Bảng 2. Dung dịch mạ được sử dụng để tạo ra lớp lắng phủ niken và thiếc như được mô tả trong bản mô tả này trước khi tham khảo các ví dụ so sánh 1 và 2. Các dung dịch mạ được sử dụng để tạo ra lớp trên cùng bằng hợp kim niken/phospho và bạc, và các điều kiện được sử dụng để tạo ra các lớp lắng phủ này được thể hiện dưới đây.

Mạ điện hợp kim niken/phospho (Lớp lót 2):

Hợp kim niken/phospho được mạ điện dưới dạng lớp lót thứ hai (lớp lót 2) trên lớp lắng phủ niken này (lớp lót thứ nhất) mà trước tiên được đưa lên tấm đồng (Các ví dụ 3, 4). Dung dịch mạ điện niken/phospho là dung dịch mạ thông thường chứa natri phosphonat ( $\text{Na}_2\text{HPO}_3$ ) làm nguồn phospho để bao gồm phospho trong lớp lắng phủ. Nồng độ ion niken trong dung dịch mạ này là 120 g/l, độ pH của dung dịch mạ này là 1,5 và nhiệt độ là 65°C. Việc mạ điện được thực hiện bằng cách sử dụng dòng điện DC. Độ dày của lớp lắng phủ niken này là như được thể hiện trong bảng 2.

Lớp bạc trên cùng (Lớp trên cùng):

Trong trường hợp của Ví dụ 4, lớp bạc trên cùng được lắng phủ trên lớp thiếc bằng cách sử dụng dung dịch mạ điện Argalux® NC mod của Atotech Deutschland GmbH. Dung dịch mạ này được tạo ra trên cơ sở không chứa không chứa xyanua. Độ pH là 8,8 và nhiệt độ là 20 °C. Việc mạ điện được thực hiện bằng cách sử dụng dòng điện DC. Độ dày của lớp bạc lắng phủ là như được thể hiện trong bảng 2.

Sau khi mạ lớp thiếc và lớp bạc trên cùng (nếu lớp bạc trên cùng được lắng

phủ), các tấm đã được phủ được xử lý nhiệt trong thời gian 1 giờ ở nhiệt độ 150°C. Sau đó, các tấm này được kẹp vào dụng cụ kẹp râu loại trục vít và được cho chịu tải trọng 0,3 Nm trong thời gian 1 tuần ở nhiệt độ trong phòng.

Sau đó, sự tạo ra các râu được xác định bằng cách kiểm tra bề mặt tấm bằng SEM. Chiều dài ngắn mạch S của từng râu do áp lực gây ra được kiểm tra đối với mỗi mẫu và chiều dài ngắn mạch trung bình  $S_{\text{trung bình}}$  được tính toán như được mô tả trong các ví dụ so sánh 1 và 2. Các kết quả của đánh giá này được thể hiện trên Fig.3, trong đó các kết quả của ví dụ theo sáng chế được biểu thị là '3' và '4'. Các kết quả này cũng được tóm tắt trong bảng 1.

Các giá trị này được so với các kết quả tương ứng thu được trong các ví dụ so sánh 1, 2. Đã thấy rằng chiều dài ngắn mạch trung bình  $S_{\text{trung bình}}$  của các ví dụ theo sáng chế 3, 4 là nhỏ hơn nhiều so với  $S_{\text{trung bình}}$  của các mẫu trong các ví dụ so sánh 1, 2. Điều này có nghĩa là việc lắng phủ điện phân thiếc bằng cách sử dụng phương pháp mạ xung cùng với việc mạ các tấm đồng trước tiên bằng hợp kim niken/phospho trước khi mạ bằng lớp thiếc rõ ràng là ức chế sự tạo râu do áp lực gây ra. Trong khi mạ điện với lớp lót niken ngay dưới lớp thiếc (các ví dụ so sánh 1, 2) dẫn đến việc các râu do áp lực gây ra có chiều dài ngắn mạch trung bình  $S_{\text{trung bình}}$  nằm trong khoảng từ 20  $\mu\text{m}$  đến 30  $\mu\text{m}$ , việc bao gồm thêm lớp lót hợp kim niken/phospho tạo ra sự giảm đáng kể xu hướng tạo râu dưới 20  $\mu\text{m}$  nhiều và thậm chí còn tới khoảng 10  $\mu\text{m}$ . Việc đưa thêm lớp bạc trên cùng lên trên lớp thiếc thường tối ưu hoá hơn nữa việc ngăn ngừa râu do áp lực gây ra để tạo ra chiều dài ngắn mạch dưới đây 10  $\mu\text{m}$ .

Ví dụ so sánh 5:

Tấm đồng được xử lý sơ bộ như nêu trên và được mạ bằng các lớp lắng phủ kim loại tương ứng như được nêu trong bảng 3 trong điều kiện như được mô tả trên đây. Tấm đồng này được mạ trong các điều kiện như được thể hiện trong Bảng 4. Độ dày của lớp lắng phủ niken này thu được là như được thể hiện trong bảng 4. Khoảng thời gian xung và mật độ dòng điện đỉnh xung catot của phần dòng điện xung catot để mạ thiếc cũng được thể hiện trong bảng 4. Thành phần của dung dịch mạ và các điều kiện mạ là như được mô tả trong các ví dụ 1, 2, 3, 4 nêu trên.

Sau khi lớp lắng phủ được tạo ra, mẫu được kẹp vào dụng cụ kẹp râu loại trực vít và được cho chịu tải trọng 0,3 Nm trong thời gian 1 tuần ở nhiệt độ trong phòng mà không cần xử lý nhiệt bất kỳ.

Sau đó, sự tạo râu được xác định như được mô tả trong các ví dụ so sánh 1 và 2. Kết quả của đánh giá này được thể hiện trên Fig.4, cho biết kết quả là '5'. Kết quả này cũng được thể hiện trong Bảng 3.

Ví dụ theo sáng chế 6:

Mẫu thử nghiệm theo sáng chế được chuẩn bị theo cách giống như mẫu được sử dụng trong Ví dụ so sánh 5. Tấm đồng đã được làm sạch được bố trí các lớp lắng phủ kim loại khác nhau như được thể hiện trong Bảng 3. Nhằm mục đích này, tấm đồng lại được mạ trong các điều kiện như được thể hiện trong Bảng 4. Độ dày của lớp lắng phủ niken, hợp kim niken/phospho, và bạc thu được là như được thể hiện trong bảng 4. Khoảng thời gian xung và mật độ dòng điện đỉnh catot của phân dòng điện xung catot để mạ thiếc là cũng như được thể hiện trong bảng 4. Các dung dịch mạ được sử dụng để tạo ra niken, hợp kim niken/phospho, thiếc, và bạc lớp lắng phủ cũng như các điều kiện được sử dụng để tạo ra lớp lắng phủ này là như được mô tả trong các ví dụ 1, 2, 3, 4 nêu trên.

Sau khi lớp lắng phủ được tạo ra, mẫu được kẹp vào dụng cụ kẹp râu loại trực vít và được cho chịu tải trọng 0,3 Nm trong thời gian 1 tuần ở nhiệt độ trong phòng mà không cần xử lý nhiệt bất kỳ.

Sau đó, sự tạo râu được xác định như được mô tả trong các ví dụ so sánh 1 và 2. Kết quả của đánh giá này được thể hiện trên Fig.4, cho biết kết quả là '6'. Kết quả này cũng được thể hiện trong Bảng 3.

Không một râu nào được tạo ra trong ví dụ theo sáng chế trong khi trong trường hợp Ví dụ so sánh 5, các râu được tạo ra có  $S_{\text{trung bình}}$  khoảng 20  $\mu\text{m}$ .

Ví dụ so sánh 7A, 7B:

Hai mẫu đồng được xử lý sơ bộ như được mô tả trên đây và được mạ các lớp lắng phủ kim loại tương ứng như được nêu trong bảng 3 trong các điều kiện như được

mô tả trên đây. Các tấm đồng được mạ trong các điều kiện như được thể hiện trong Bảng 4. Độ dày của lớp lắng phủ niken này thu được là như được thể hiện trong bảng 4. Khoảng thời gian xung và mật độ dòng điện đỉnh catot của phần dòng điện xung catot cũng như được thể hiện trong bảng 4. Thành phần của dung dịch mạ và các điều kiện mạ là như được mô tả trong các ví dụ 1, 2, 3, 4 nêu trên.

Sau khi mạ các lớp niken và thiếc, mẫu đã được phủ được xử lý nhiệt trong thời gian 1 giờ ở nhiệt độ 150°C. Sau đó, các tấm này được kẹp vào dụng cụ kẹp râu loại trục vít và được cho chịu tải trọng 0,3 Nm trong thời gian 1 tuần ở nhiệt độ trong phòng. Sau đó, sự tạo râu được xác định như được mô tả trong các ví dụ so sánh 1 và 2. Các kết quả của đánh giá này được thể hiện trên Fig. 4, chỉ ra các kết quả là '7A, 7B'. Kết quả này cũng được thể hiện trong Bảng 3.

Ví dụ theo sáng chế 8, 9:

Hai mẫu đồng, mỗi mẫu được xử lý sơ bộ theo cách giống như mẫu được sử dụng trong Ví dụ so sánh 7A, 7B.

Sau đó, các tấm sau khi làm sạch này được bố trí các lớp lắng phủ kim loại khác nhau như được thể hiện trong Bảng 3. Nhằm mục đích này, các tấm đồng lại được mạ trong các điều kiện như được thể hiện trong Bảng 4. Độ dày của lớp lắng phủ niken, hợp kim niken/phospho, và bạc thu được là như được thể hiện trong bảng 4. Khoảng thời gian xung và mật độ dòng điện đỉnh catot của phần dòng điện xung catot cũng như được thể hiện trong bảng 4. Các dung dịch mạ được sử dụng để tạo ra lớp lắng phủ niken, hợp kim niken/phospho, thiếc, và bạc cũng như các điều kiện được sử dụng để tạo ra các lớp lắng phủ này là như được mô tả trong các ví dụ 1, 2, 3, 4 nêu trên.

Sau khi lớp lắng phủ được tạo ra, các tấm đã được phủ được xử lý nhiệt trong thời gian 1 giờ ở nhiệt độ 150 °C. Sau đó, các tấm này được kẹp vào dụng cụ kẹp râu loại trục vít và được cho chịu tải trọng 0,3 Nm trong thời gian 1 tuần ở nhiệt độ trong phòng. Sau đó, sự tạo râu được xác định như được mô tả trong các ví dụ so sánh 1 và 2. Các kết quả của đánh giá này được thể hiện trên Fig. 4, chỉ ra các kết quả là '8, 9'. Kết quả này cũng được thể hiện trong Bảng 3.

Đã thấy rằng khi so sánh  $S_{\text{trung bình}}$  của các ví dụ so sánh 7A, 7B với  $S_{\text{trung bình}}$  của các ví dụ theo sáng chế 8 và 9 (với việc xử lý nhiệt:  $S_{\text{trung bình}}$  trên 30  $\mu\text{m}$  khi so với khoảng 20  $\mu\text{m}$  và nhỏ hơn), việc cải thiện đáng kể trong việc tránh tạo râu do áp lực gây ra có thể đạt được bằng cách bao gồm lớp lót hợp kim niken/phospho và cũng bằng cách có thêm bước mạ điện lớp thiếc bằng lớp bạc trên cùng.

Ví dụ so sánh 10:

Một số mẫu đồng được xử lý sơ bộ như được mô tả trên đây và được mạ các lớp lắng phủ kim loại tương ứng theo cách giống như các mẫu trong Ví dụ 7A, 7B (Ví dụ so sánh: lớp lắng phủ niken, lớp lắng phủ thiếc). Các tấm đồng được mạ trong các điều kiện như được thể hiện trong Bảng 4 đối với các ví dụ 7A, 7B. Độ dày của lớp lắng phủ niken này thu được là như được thể hiện trong bảng 4. Khoảng thời gian xung và mật độ dòng điện đỉnh catot của phần dòng điện xung catot để mạ thiếc là cũng như được thể hiện trong bảng 4. Thành phần của dung dịch mạ và các điều kiện mạ là như được mô tả trong các ví dụ 1, 2, 3, 4 nêu trên.

Sau đó, phần thứ nhất của mẫu được xử lý nhiệt trong thời gian 1 giờ ở nhiệt độ 150°C và sau đó được lưu giữ trong môi trường có độ ẩm tương đối 87% ở nhiệt độ 55°C ở chế độ đẳng nhiệt trong thời gian 4000 giờ. Do việc lưu giữ này, các râu do ăn mòn gây ra được tạo ra. Các râu này được đánh giá theo cách tương tự như cách đã được mô tả trong các ví dụ 1 và 2.

Phần thứ hai của các mẫu này bao gồm các lớp lắng phủ kim loại còn được xử lý trong dung dịch nước chứa axit alkyl phosphonic và chất hoạt động bề mặt không ion (xử lý thêm). Sau xử lý này, các mẫu này cũng được xử lý nhiệt trong thời gian 1 giờ ở nhiệt độ 150°C và sau đó được lưu giữ trong các điều kiện độ ẩm tương đối 87 % ở nhiệt độ 55 °C ở chế độ đẳng nhiệt trong thời gian 4000 giờ. Có thể tahays rằng các mẫu được xử lý thêm này có các râu do ăn mòn gây ra ở mức độ nhỏ hơn nhiều và với chiều dài ngắn mạch nhỏ hơn S so với chiều dài ngắn mạch của phần thứ nhất của mẫu.

Do đó, đã thấy rằng việc xử lý lớp thiếc bằng dung dịch nước chứa axit alkyl phosphonic và chất hoạt động bề mặt không ion có tác dụng ngăn ngừa các râu do ăn

mòn gây ra.

Tương tự, phần thứ ba của các mẫu này bao gồm các lớp lắng phủ kim loại còn được xử lý bằng dung dịch nước chứa axit alkyl phosphonic và chất hoạt động bề mặt không ion và, sau khi xử lý nhiệt chúng trong thời gian 1 giờ ở nhiệt độ 150 °C, được kẹp vào dụng cụ kẹp râu loại trục vít và được cho chịu tải trọng 0,3 Nm trong thời gian 1 tuần ở nhiệt độ trong phòng.

Trong trường hợp này số lượng lớn các râu do áp lực gây ra được tạo ra. Lượng và kích thước của các râu do áp lực gây ra được tạo ra là như được thể hiện trên Fig.4 đối với các ví dụ so sánh 7A, 7B. Thực tế, lượng và kích thước của các râu do áp lực gây ra là lớn hơn nhiều so với lượng và kích thước của các râu do ăn mòn gây ra được tạo ra trong trường hợp phần thứ hai của mẫu.

Do đó, đã thấy rằng sự tạo râu do áp lực gây ra không thể ngăn ngừa được bằng cách xử lý thêm các mẫu bằng dung dịch nước chứa axit phosphonic và chất hoạt động bề mặt, mặc dù dung dịch này là thích hợp để ngăn ngừa sự tạo râu do ăn mòn gây ra.

Ví dụ so sánh 11:

Một số mẫu đồng được xử lý sơ bộ như được mô tả trên đây và chỉ được mạ lớp lắng phủ thiếc trong các điều kiện như đã được mô tả trong Ví dụ so sánh 1. Khoảng thời gian xung và mật độ dòng điện đỉnh catot của phần dòng điện xung catot để mạ thiếc là cũng như được thể hiện trong bảng 2 đối với ví dụ 1. Thành phần của dung dịch mạ thiếc là như được mô tả trong ví dụ 1 nêu trên.

Sau đó, phần thứ nhất của mẫu được lưu giữ trong môi trường có độ ẩm tương đối 60% ở nhiệt độ 30°C ở chế độ đẳng nhiệt trong thời gian 4000 giờ. Do việc lưu giữ này, các râu xuất hiện bởi sự tạo ra hợp chất liên kim loại giữa nền đồng và lớp thiếc được tạo ra. Các râu này được đánh giá tương tự như được mô tả trong bản mô tả này đối với các ví dụ 1 và 2.

Phần thứ hai của các mẫu này bao gồm lớp lắng phủ thiếc trước hết được xử lý nhiệt trong thời gian 1 giờ ở nhiệt độ 150 °C và sau đó được lưu giữ trong môi trường có độ ẩm tương đối 60% ở nhiệt độ 30°C ở chế độ đẳng nhiệt trong thời gian 4000 giờ.

Có thể thấy rằng mẫu đã được xử lý nhiệt này có các râu xuất hiện bởi sự tạo ra hợp chất liên kim loại ở mức độ nhỏ hơn nhiều và với chiều dài ngắn mạch S nhỏ hơn so với chiều dài ngắn mạch S của phần thứ nhất của mẫu.

Do đó, đã thấy rằng việc xử lý lớp thiếc bằng nhiệt có tác dụng ngăn ngừa các râu xuất hiện bởi sự tạo ra hợp chất liên kim loại.

Tương tự, phần thứ ba của các mẫu này bao gồm lớp lắng phủ thiếc còn được xử lý nhiệt trong thời gian 1 giờ ở nhiệt độ 150°C, và sau đó được kẹp vào dụng cụ kẹp râu loại trục vít và được cho chịu tải trọng 0,3 Nm trong thời gian 1 tuần ở nhiệt độ trong phòng.

Trong trường hợp này, lượng lớn các râu do áp lực gây ra được tạo ra. Lượng và kích thước của các râu do áp lực gây ra được tạo ra là lớn hơn nhiều so với lượng và kích thước của các râu xuất hiện bởi sự tạo ra hợp chất liên kim loại được tạo ra trong trường hợp phần đã được xử lý sơ bộ thứ hai của mẫu.

Do đó, đã thấy rằng sự tạo râu do áp lực gây ra không thể được ngăn ngừa bằng cách xử lý nhiệt các mẫu, mặc dù việc xử lý nhiệt là thích hợp để ngăn ngừa các râu xuất hiện bởi sự tạo ra hợp chất liên kim loại.

Bảng 1

| Ví dụ | Lớp lót 1 | Lớp lót 2                 | Lớp thiếc | Lớp trên cùng | S <sub>trung bình</sub> / [μm] |
|-------|-----------|---------------------------|-----------|---------------|--------------------------------|
| 1     | Ni        | ./.                       | Sn        | ./.           | 23,9                           |
| 2     | Ni        | ./.                       | Sn        | ./.           | 26,2                           |
| 3     | Ni        | NiP (≈ 12 % khối lượng P) | Sn        | ./.           | 21,2                           |
| 4     | Ni        | NiP (≈ 12 % khối lượng P) | Sn        | Ag            | 15,0                           |

Bảng 2

|     | Lớp lót 1      | Lớp lót 2       | Lớp thiếc                               |                             |                | Lớp trên cùng  |
|-----|----------------|-----------------|-----------------------------------------|-----------------------------|----------------|----------------|
| Ex. | Độ dày Ni [μm] | Độ dày NiP [μm] | Khoảng thời gian xung (dòng catot/zero) | Mật độ dòng điện đỉnh catot | Độ dày Sn [μm] | Độ dày Ag [μm] |
| 1   | 1,5 μm         | ./.             | 1 giây/1 giây                           | 30 A/dm <sup>2</sup>        | 3 μm           | ./.            |
| 2   | 1,5 μm         | ./.             | 0,5 giây / 0,5 giây                     | 30 A/dm <sup>2</sup>        | 3 μm           | ./.            |
| 3   | 1,4 μm         | 0,1 μm          | 1 giây/1 giây                           | 30 A/dm <sup>2</sup>        | 3 μm           | ./.            |
| 4   | 1,4 μm         | 0,1 μm          | 1 giây/1 giây                           | 30 A/dm <sup>2</sup>        | 3 μm           | ≈ 0,1 μm       |

Bảng 3

| Ví dụ | Lớp lót 1 | Lớp lót 2                 | Lớp thiếc | Lớp trên cùng | S <sub>trung bình</sub> / [μm] |
|-------|-----------|---------------------------|-----------|---------------|--------------------------------|
| 5     | Ni        | ./.                       | Sn        | ./.           | 20,6                           |
| 6     | Ni        | NiP (≈ 12 % khối lượng P) | Sn        | Ag            | 0                              |
| 7A    | Ni        | ./.                       | Sn        | ./.           | 31,2                           |
| 7B    | Ni        | ./.                       | Sn        | ./.           | 32,3                           |
| 8     | Ni        | NiP (≈ 12 % khối lượng P) | Sn        | ./.           | 21,1                           |
| 9     | Ni        | NiP (≈ 12 % khối lượng P) | Sn        | Ag            | 13,4                           |

Bảng 4

|     | Lớp lót 1         | Lớp lót 2         | Lớp thiếc                               |                             |                 | Lớp trên cùng               |
|-----|-------------------|-------------------|-----------------------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------------|
| Ex. | Độ dày Ni         | Độ dày NiP        | Khoảng thời gian xung (dòng catot/zero) | Mật độ dòng điện đỉnh catot | Độ dày Sn       | Độ dày Ag [ $\mu\text{m}$ ] |
| 5   | 1,5 $\mu\text{m}$ | ./.               | 1 giây/1 giây                           | 30 A/dm <sup>2</sup>        | 3 $\mu\text{m}$ | ./.                         |
| 6   | 1,5 $\mu\text{m}$ | 0,1 $\mu\text{m}$ | 1 giây/1 giây                           | 30 A/dm <sup>2</sup>        | 3 $\mu\text{m}$ | 0,1 $\mu\text{m}$           |
| 7A  | 1,5 $\mu\text{m}$ | ./.               | 1 giây/1 giây                           | 30 A/dm <sup>2</sup>        | 3 $\mu\text{m}$ | ./.                         |
| 7B  | 1,5 $\mu\text{m}$ | ./.               | 1 giây/1 giây                           | 30 A/dm <sup>2</sup>        | 3 $\mu\text{m}$ | ./.                         |
| 8   | 1,5 $\mu\text{m}$ | 0,1 $\mu\text{m}$ | 1 giây/1 giây                           | 30 A/dm <sup>2</sup>        | 3 $\mu\text{m}$ | ./.                         |
| 9   | 1,5 $\mu\text{m}$ | 0,1 $\mu\text{m}$ | 1 giây/1 giây                           | 30 A/dm <sup>2</sup>        | 3 $\mu\text{m}$ | 0,1 $\mu\text{m}$           |

“Ex.” được dùng để chỉ Ví dụ, “./.” được dùng để chỉ không được lắng phủ.

Ví dụ theo sáng chế 12 so với Ví dụ so sánh 13:

Hai mẫu đồng, mỗi mẫu được xử lý sơ bộ theo cách giống như mẫu được sử dụng trong Ví dụ so sánh 7A, 7B.

Sau đó, các tấm đã được xử lý sơ bộ được bố trí các lớp lắng phủ kim loại khác nhau như được thể hiện trong Bảng 5. Nhằm mục đích này, các tấm đồng lại được mạ trong các điều kiện như được thể hiện trong Bảng 6. Trong Ví dụ 12 theo sáng chế, lớp thiếc được lắng phủ bằng cách mạ xung đơn cực. Trong ví dụ so sánh 13, lớp thiếc được lắng phủ bằng cách sử dụng dòng điện một chiều. Độ dày của lớp lắng phủ niken, hợp kim niken/phospho và thiếc thu được là như được thể hiện trong bảng 6. Khoảng thời gian xung, mật độ dòng điện đỉnh catot của phần dòng điện xung catot và mật độ dòng điện của dòng điện một chiều là cũng như được thể hiện trong bảng 6. Mật độ

dòng điện trung bình của Ví dụ 12 là  $15 \text{ A/dm}^2$  và do vậy tương ứng với mật độ dòng điện một chiều của Ví dụ 13. Các dung dịch mạ được sử dụng để tạo ra lớp lắng phủ niken, hợp kim niken/phospho, và thiếc cũng như các điều kiện được sử dụng để tạo ra các lớp lắng phủ này là như được mô tả trong các ví dụ 1, 2, 3, 4 nêu trên.

Sau khi mạ các lớp thiếc, các tấm đã được phủ được xử lý nhiệt trong thời gian 1 giờ ở nhiệt độ  $150^\circ\text{C}$ . Sau đó, các tấm này được kẹp vào dụng cụ kẹp râu loại trục vít và được cho chịu tải trọng 0,3 Nm trong thời gian 1 tuần ở nhiệt độ trong phòng. Sau đó, sự tạo râu được đánh giá như được mô tả trong các ví dụ so sánh 1 và 2. Các kết quả được thể hiện trong Bảng 5.

Đã thấy rằng khi so sánh  $S_{\text{trung bình}}$  của ví dụ so sánh 13 với  $S_{\text{trung bình}}$  của Ví dụ 12 theo sáng chế, việc cải thiện đáng kể trong việc tránh tạo râu do áp lực gây ra có thể đạt được bằng cách thực hiện việc lắng phủ thiếc bằng cách mạ xung thay vì sử dụng dòng điện một chiều.

Ví dụ theo sáng chế 14 so với Ví dụ so sánh 15:

Hai mẫu đồng, mỗi mẫu được xử lý sơ bộ theo cách giống như mẫu được sử dụng trong Ví dụ so sánh 7A, 7B.

Sau đó, các tấm đã được xử lý sơ bộ được bố trí các lớp lắng phủ kim loại khác nhau như được thể hiện trong Bảng 5. Nhằm mục đích này, các tấm đồng lại được mạ trong các điều kiện như được thể hiện trong Bảng 6. Trong Ví dụ 14 theo sáng chế, lớp thiếc được lắng phủ bằng cách mạ xung đơn cực. Trong ví dụ so sánh 15, lớp thiếc được lắng phủ bằng cách sử dụng dòng điện một chiều. Độ dày của lớp lắng phủ niken, hợp kim niken/phospho, thiếc và bạc thu được là như được thể hiện trong bảng 6. Khoảng thời gian xung, mật độ dòng điện đỉnh catot của phần dòng điện xung catot và mật độ dòng điện của dòng điện một chiều là cũng như được thể hiện trong bảng 6. Mật độ dòng điện trung bình của Ví dụ 14 là  $15 \text{ A/dm}^2$  và do vậy tương ứng với mật độ dòng điện một chiều của Ví dụ 15. Các dung dịch mạ được sử dụng để tạo ra lớp lắng phủ niken, hợp kim niken/phospho, thiếc, và bạc cũng như các điều kiện được sử dụng để tạo ra các lớp lắng phủ này là như được mô tả trong các ví dụ 1, 2, 3, 4 nêu trên.

Sau khi lớp lắng phủ được tạo ra, các tấm đã được phủ được xử lý nhiệt trong thời gian 1 giờ ở nhiệt độ 150 °C. Sau đó, các tấm này được kẹp vào dụng cụ kẹp râu loại trục vít và được cho chịu tải trọng 0,3 Nm trong thời gian 1 tuần ở nhiệt độ trong phòng. Sau đó, sự tạo râu được đánh giá như được mô tả trong các ví dụ so sánh 1 và 2. Các kết quả được thể hiện trong Bảng 5.

Đã thấy rằng khi so sánh  $S_{\text{trung bình}}$  của ví dụ so sánh 15 với  $S_{\text{trung bình}}$  của Ví dụ 14 theo sáng chế, việc cải thiện đáng kể về việc tránh tạo râu do áp lực gây ra có thể đạt được bằng cách thực hiện việc lắng phủ thiếc bằng cách mạ xung thay vì sử dụng dòng điện một chiều. Khi so sánh  $S_{\text{trung bình}}$  của Ví dụ 12 với  $S_{\text{trung bình}}$  của Ví dụ 14 theo sáng chế, sự cải thiện hơn nữa về việc tránh râu do áp lực gây ra có thể thu được còn bằng bước mạ điện bổ sung cho lớp thiếc bằng lớp bạc trên cùng.

Bảng 5

| Ex. |          | Lớp lót 1 | Lớp lót 2                 | Lớp thiếc | Lớp trên cùng | $S_{\text{trung bình}}$ / [μm] |
|-----|----------|-----------|---------------------------|-----------|---------------|--------------------------------|
| 12  | sáng chế | Ni        | NiP (≈ 12 % khối lượng P) | Sn        | ./.           | 21,2                           |
| 13  | so sánh  | Ni        | NiP (≈ 12 % khối lượng P) | Sn        | ./.           | 24,9                           |
| 14  | sáng chế | Ni        | NiP (≈ 12 % khối lượng P) | Sn        | Ag            | 13,4                           |
| 15  | so sánh  | Ni        | NiP (≈ 12 % khối lượng P) | Sn        | Ag            | 27,2                           |

Bảng 6

|    | Lớp lót 1    | Lớp lót 2     | Lớp thiếc                        | Lớp thiếc<br>Mạ xung                                    |                                   | Lớp thiếc    | Lớp trên cùng        |
|----|--------------|---------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------|----------------------|
| Ex | Độ dày<br>Ni | Độ dày<br>NiP | Mật độ<br>dòng điện một<br>chiều | Khoảng<br>thời gian<br>xung<br>(dòng<br>catot/zero<br>) | Mật độ<br>dòng điện<br>đỉnh catot | Độ dày<br>Sn | Độ dày<br>Ag<br>[μm] |
| 12 | 1,5 μm       | 0,1 μm        | ---                              | 1 giây/1<br>giây                                        | 30 A/dm <sup>2</sup>              | 3 μm         | ./.                  |
| 13 | 1,5 μm       | 0,1 μm        | 15 A/dm <sup>2</sup>             | ---                                                     | ---                               | 3 μm         | ./.                  |
| 14 | 1,5 μm       | 0,1 μm        | ---                              | 1 giây/1<br>giây                                        | 30 A/dm <sup>2</sup>              | 3 μm         | 0,1 μm               |
| 15 | 1,5 μm       | 0,1 μm        | 15 A/dm <sup>2</sup>             | ---                                                     | ---                               | 3 μm         | 0,1 μm               |

“Ex.” được dùng để chỉ Ví dụ, “./.” được dùng để chỉ không được lắng phủ.

Ví dụ 16A, 16B, 17A, 17B:

Một số mẫu đồng được xử lý sơ bộ như được mô tả trên đây và được mạ các lớp lắng phủ kim loại tương ứng theo cách giống như các mẫu của Ví dụ 8 (lớp lắng phủ niken, lớp lắng phủ hợp kim niken/phospho, lớp lắng phủ thiếc). Các tấm đồng được mạ trong các điều kiện như được thể hiện trong Bảng 7. Khoảng thời gian xung được thay đổi; mật độ dòng điện trung bình là 15 A/dm<sup>2</sup> đối với tất cả các ví dụ. Độ dày của niken, niken/phospho, và lớp lắng phủ thiếc thu được là như được thể hiện trong bảng 7. Khoảng thời gian xung và mật độ dòng điện đỉnh catot của phần dòng điện xung catot để mạ thiếc là cũng như được thể hiện trong bảng 7. Thành phần của dung dịch mạ và các điều kiện mạ là như được mô tả trong các ví dụ 1, 2, 3, 4 nêu trên.

Sau khi mạ lớp thiếc, các tấm đã được phủ được xử lý nhiệt trong thời gian 1

giờ ở nhiệt độ 150 °C. Sau đó, các tấm này được kẹp vào dụng cụ kẹp râu loại trục vít và được cho chịu tải trọng 0,3 Nm trong thời gian 1 tuần ở nhiệt độ trong phòng. Do việc xử lý này, các râu do áp lực gây ra được tạo ra. Các râu này được đánh giá tương tự như đã được mô tả trong các ví dụ 1 và 2.

Đã thấy rằng chiều dài ngắn mạch trung bình  $S_{\text{trung bình}}$  của các ví dụ theo sáng chế 16A và 16B là nằm trong cùng một khoảng như trong Ví dụ 3 và Ví dụ 8. Trái lại, chiều dài ngắn mạch trung bình  $S_{\text{trung bình}}$  của các ví dụ so sánh 17A và 17B là lớn hơn đáng kể;  $S_{\text{trung bình}}$  của Ví dụ 17A là khoảng 65% lớn hơn và  $S_{\text{trung bình}}$  của Ví dụ 17B khoảng 85% lớn hơn.

Bảng 7

|     |          | Lớp lót 1         | Lớp lót 2                                    | Lớp thiếc                               |                             |                 |
|-----|----------|-------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| Ex. |          | Độ dày Ni         | Độ dày NiP<br>( $\approx 12\%$ khối lượng P) | Khoảng thời gian xung (đòng catot/zero) | Mật độ dòng điện đỉnh catot | Độ dày Sn       |
| 16A | sáng chế | 1,5 $\mu\text{m}$ | 0,1 $\mu\text{m}$                            | 1 giây/1 giây                           | 30 A/dm <sup>2</sup>        | 3 $\mu\text{m}$ |
| 16B | sáng chế | 1,5 $\mu\text{m}$ | 0,1 $\mu\text{m}$                            | 0,5 giây/0,5 giây                       | 30 A/dm <sup>2</sup>        | 3 $\mu\text{m}$ |
| 17A | so sánh  | 1,5 $\mu\text{m}$ | 0,1 $\mu\text{m}$                            | 60mgây/40 mgây                          | 16,7 A/dm <sup>2</sup>      | 3 $\mu\text{m}$ |
| 17B | so sánh  | 1,5 $\mu\text{m}$ | 0,1 $\mu\text{m}$                            | 90mgây/10 mgây                          | 25 A/dm <sup>2</sup>        | 3 $\mu\text{m}$ |

“Ex.” được dùng để chỉ Ví dụ.

**Số chỉ dẫn**

- 10 dụng cụ kẹp râu loại trục vít
- 11 tấm nền
- 12 kết cấu giữ
- 13 bộ phận dẫn hướng
- 14 lỗ hở thông
- 15 khung giữ
- 16 lỗ ren
- 17 bulông ren
- 18 mặt trước của bộ phận tạo lõm
- 20 bộ phận tạo lõm
- 21 đỉnh bộ phận tạo lõm
- A vùng nhẵn, lõm
- C hình bán nguyệt
- P mẫu dạng tấm
- R khía
- S chiều dài ngắn mạch
- $S_{\text{trung bình}}$  chiều dài ngắn mạch trung bình
- $S_n$  lớp thiếc

## YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp lắng phủ lớp thiếc trên nền kim loại bao gồm các bước:

- (a) chuẩn bị nền kim loại nêu trên;
- (b) lắng phủ lớp lót hợp kim niken/phospho trên ít nhất một bề mặt của nền kim loại nêu trên;
- (c) lắng phủ lớp thiếc nêu trên trên lớp lót hợp kim niken/phospho nêu trên, trong đó lớp thiếc này được lắng phủ bằng phương pháp mạ xung,

trong đó phương pháp mạ xung này là phương pháp mạ xung đơn cực, phương pháp mạ xung đơn cực này bao gồm các chu kỳ xung liên tiếp mà mỗi chu kỳ bao gồm phần xung catot và phần xung bằng không của dòng điện, và trong đó phần xung catot có khoảng thời gian xung catot ít nhất là 0,1 giây, và trong đó phần xung bằng không của dòng điện nêu trên có khoảng thời gian xung bằng không của dòng điện ít nhất là 0,1 giây; trong đó

phương pháp này còn bao gồm bước (b1) lắng phủ lớp lót niken trên ít nhất một bề mặt nêu trên của nền nêu trên trước khi lắng phủ lớp thiếc nêu trên ở bước (c) của phương pháp này; và lớp lót niken nêu trên được lắng phủ trước khi lắng phủ lớp lót hợp kim niken/phospho nêu trên ở bước (b) của phương pháp này; và

- (d) lắng phủ lớp trên cùng bằng bạc hoặc hợp kim bạc trên lớp thiếc nêu trên.

2. Phương pháp theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, lớp lót hợp kim niken/phospho nêu trên chứa phospho với hàm lượng nằm trong khoảng từ 5% trọng lượng đến 15% trọng lượng.

3. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, khác biệt ở chỗ, ở bước (b1), (b) của phương pháp này bao gồm việc lắng phủ lớp kép gồm lớp lót niken và lớp lót hợp kim niken/phospho, với lớp kép này có độ dày nằm trong khoảng từ 0,01 $\mu$ m đến 10 $\mu$ m.

4. Phương pháp theo điểm 3, khác biệt ở chỗ, ở bước (b), (b1) của phương pháp này bao gồm việc lắng phủ lớp kép này để có độ dày nằm trong khoảng từ 0,05 $\mu$ m đến 5 $\mu$ m.

5. Phương pháp theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, bước (d) của phương pháp này bao gồm việc lắng phủ lớp trên cùng bằng bạc hoặc hợp kim bạc nêu trên với độ dày nằm trong khoảng từ  $0,01\mu\text{m}$  đến  $0,5\mu\text{m}$ .
6. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, khác biệt ở chỗ, bước (c) của phương pháp này bao gồm việc lắng phủ lớp thiếc nêu trên để có độ dày lớp nằm trong khoảng từ  $0,1\mu\text{m}$  đến  $10\mu\text{m}$ .
7. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, khác biệt ở chỗ, phần xung catot nêu trên có khoảng thời gian dòng điện xung catot nằm trong khoảng từ 0,1 giây đến 10 giây và phần xung bằng không của dòng điện nêu trên có khoảng thời gian xung bằng không của dòng điện nằm trong khoảng từ 0,1 giây đến 10 giây.
8. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, khác biệt ở chỗ, tần số của phương pháp mạ xung đơn cực này nằm trong khoảng từ  $0,05\text{ giây}^{-1}$  đến  $5\text{ giây}^{-1}$ .
9. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, khác biệt ở chỗ, phần xung catot nêu trên có mật độ dòng điện đỉnh xung catot nằm trong khoảng từ  $1\text{ A/dm}^2$  đến  $60\text{ A/dm}^2$ .
10. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, khác biệt ở chỗ, lớp thiếc không có rêu do áp lực gây ra, và việc lớp thiếc không có rêu do áp lực gây ra được xác định bằng cách cho lớp thiếc nêu trên chịu lực một lực cơ học ở áp lực định trước trong khoảng thời gian định trước.
11. Phương pháp theo điểm 10, khác biệt ở chỗ, áp lực định trước nằm trong khoảng từ  $0,001\text{ Nm}$  đến  $100\text{ Nm}$  và khoảng thời gian định trước nằm trong khoảng từ 1 phút đến cuối thời hạn sử dụng của nền đã được mạ.

1/3

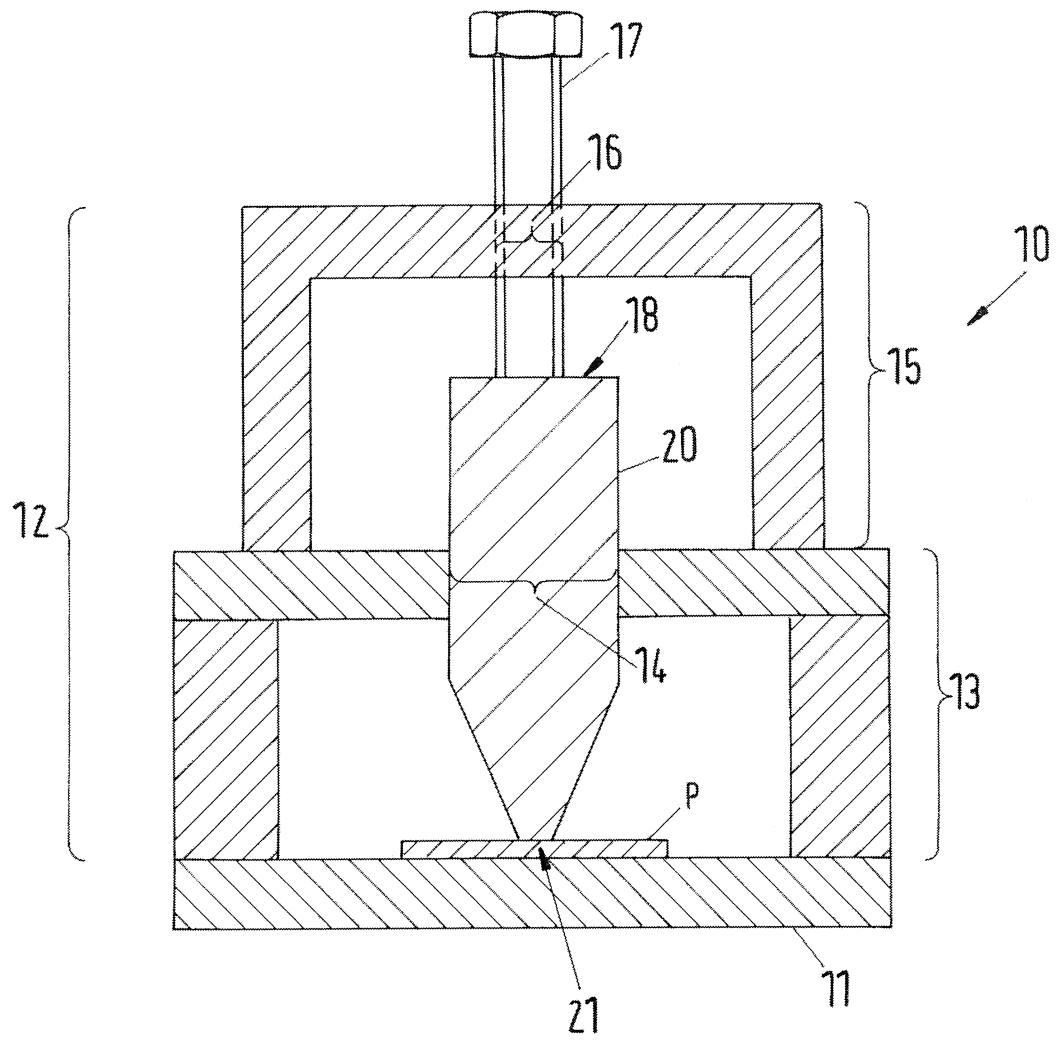


Fig.1

2/3

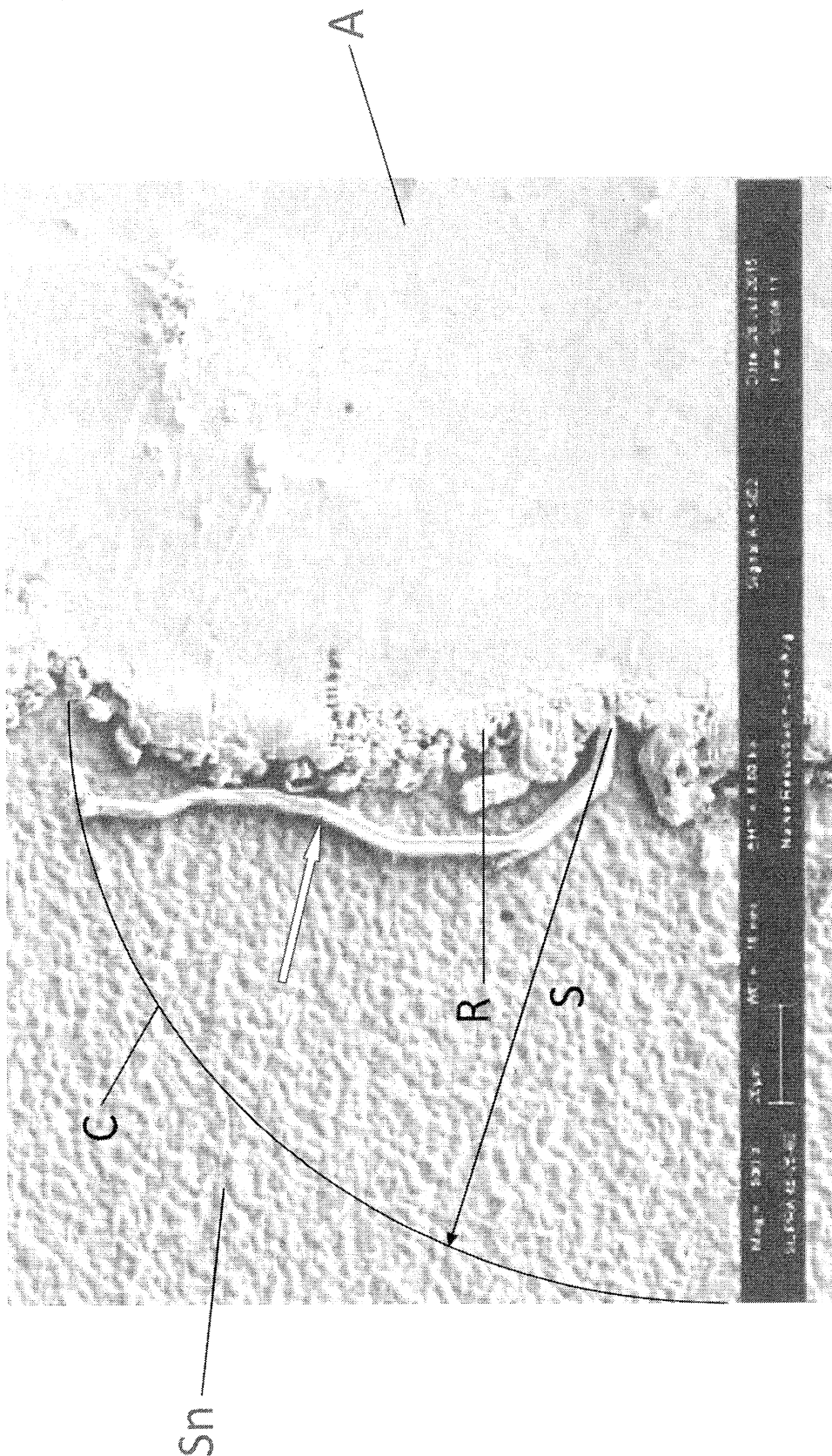


Fig.2

FIG. 3

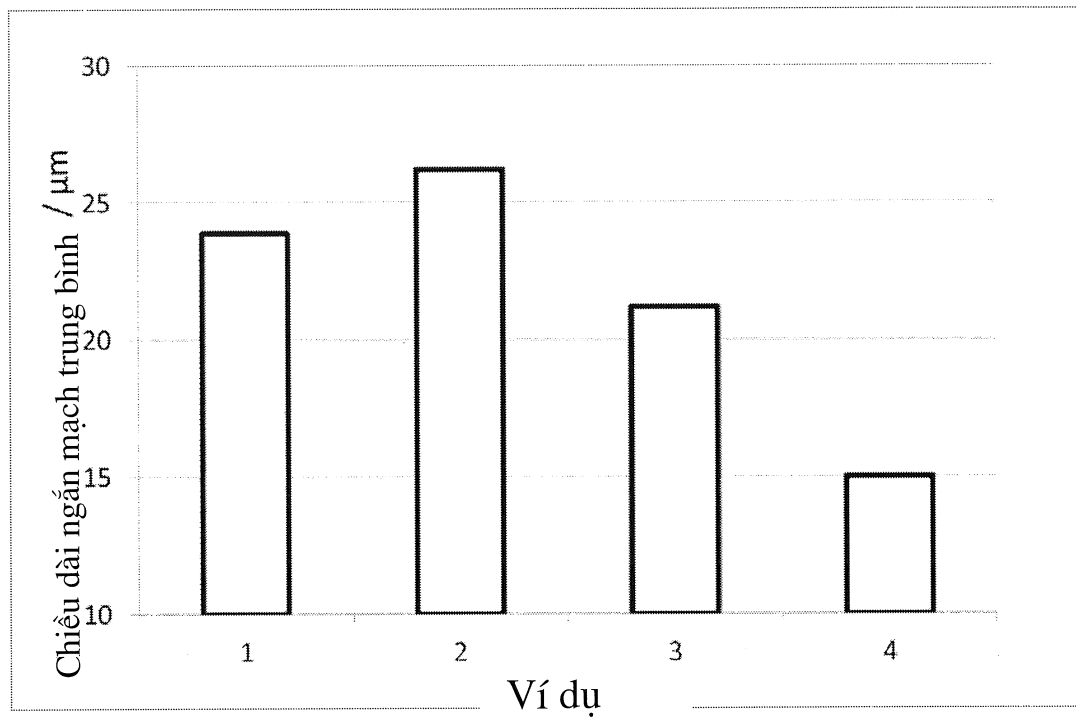


FIG. 4

