



(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)



1-0030707

(51)⁷ C09D 11/52; H05K 1/09; H05K 3/12;
H01Q 9/04

(13) B

(21) 1-2016-05203

(22) 19/06/2015

(86) PCT/CA2015/050568 19/06/2015

(87) WO 2015/192248 23/12/2015

(30) 62/014,360 19/06/2014 US

(45) 25/01/2022 406

(43) 25/09/2017 354A

(73) 1. NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF CANADA (CA)

1200 Montreal Road Ottawa, Ontario K1A 0R6 (CA)

2. GROUPE GRAHAM INTERNATIONAL INC. (CA)

1455, 32nd Avenue Lachine, Québec H8T 3J1 (CA)

(72) KELL, Arnold (CA); LAFRENIERE, Sylvie (CA); PAQUET, Chantal (CA);

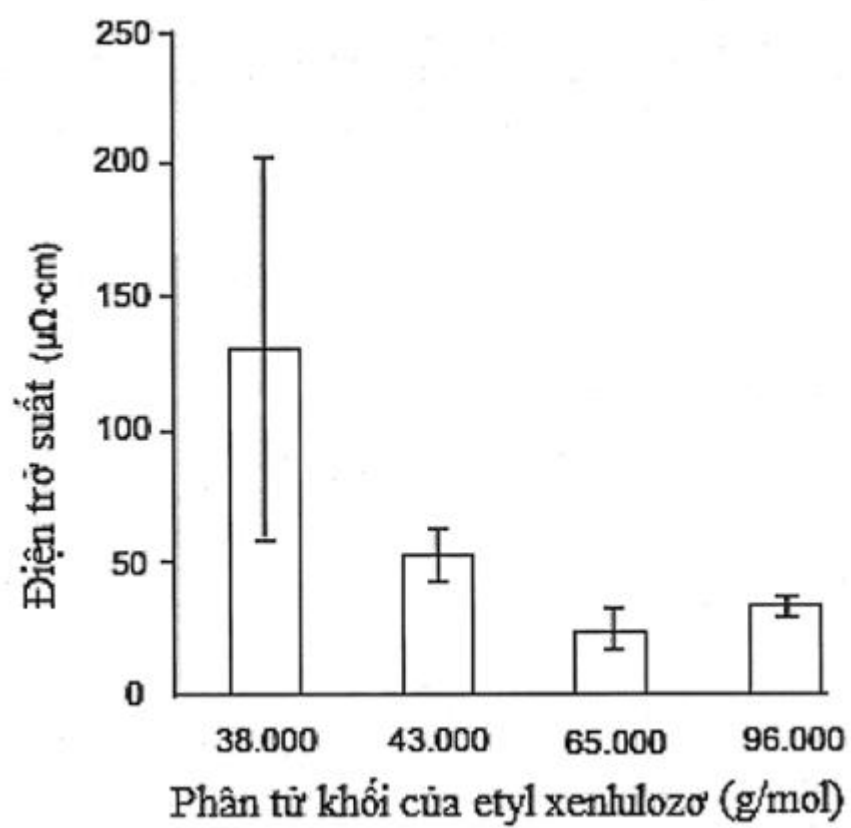
MALENFANT, Patrick (CA); MOZENSON, Olga (CA).

(74) Công ty cổ phần Tư vấn S&B (S&B CONSULTANT., CORP.)

(54) MẠCH PHÂN TỬ, NỀN IN, LINH KIỆN ĐIỆN TỬ VÀ QUY TRÌNH SẢN XUẤT
MẠCH IN DẪN ĐIỆN KIM LOẠI TRÊN NỀN

(57) Sáng chế đề cập tới mạch phân tử chứa thành phần không vảy thích hợp cho in ấn mạch in dẫn điện (ví dụ như in lưới) trên nền có từ 30% đến 60% theo trọng lượng của bạc cacboxylat C₈-C₁₂ hoặc từ 5% đến 75% theo trọng lượng của bis(2-etyl-1-hexylamin) đồng (II) format, bis(octylamin) đồng (II) format hoặc tris(octylamin) đồng (II) format, từ 0,1% đến 10% theo trọng lượng của chất kết dính polyme (ví dụ như etyl xenluloza) và phần còn lại là ít nhất một dung môi hữu cơ. Các mạch in dẫn điện được tạo ra từ mạch phân tử mỏng hơn, có điện trở suất thấp hơn, có độ bám dính tốt hơn với nền, có độ phân giải in tốt hơn và ít nhám hơn lên đến 8 lần so với loại mực vảy kim loại. Ngoài ra, các lực cắt cần thiết để loại bỏ các điôt phát sáng liên kết với các mạch in sử dụng Loctite 3880 mạnh hơn ít nhất là 1,3 lần so với loại mực vảy có trên thị trường.

Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến nền in, linh kiện điện tử và quy trình sản xuất mạch in dẫn điện kim loại trên nền.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập tới các loại mực phân tử, nền in, linh kiện điện tử và quy trình sản xuất mạch in dẫn điện kim loại trên nền và các thiết bị, đặc biệt là mạch điện tử dẻo được tạo nên từ đó.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

In lưới là một kỹ thuật thường được sử dụng để sản xuất các thiết bị dẫn điện trên nền dẻo và mực in cụ thể nhất được sử dụng trong ngành công nghiệp in điện tử là các loại mực vảy kim loại. Các cơ sở sản xuất công nghiệp đặc biệt thường gặp vấn đề khi tạo ra mạch in có độ rộng dưới 100 μm và độ dày nhỏ hơn 5 μm . Mực vảy bạc không tạo được mạch in đủ để dẫn điện khi độ dày màng mực nhỏ hơn 4 μm . Hơn nữa, mực vảy bạc không tạo ra các mạch in dẫn điện dẻo hay có thể uốn gấp khi độ dày mạch in nhỏ hơn 4 μm . Mực vảy bạc cũng tạo ra các mạch in bị hạn chế bám dính - một yêu cầu thiết yếu cho việc gia bền mẫu nối bằng chất kết dính dẫn điện. Do kích thước của các vảy bạc (vài μm), không thể in các mạch in dẫn điện có độ dày siêu hiển vi - kích thước đáng mong ước để giảm thiểu tỷ lệ của các mạch in hẹp. Hơn nữa, các loại mực in lưới hiện tại không thể tạo ra bề mặt phẳng.

Như đã nhấn mạnh trên đây, phần lớn những loại mực có thể in lưới trên thị trường dùng dưới dạng vảy bạc. Các vấn đề gặp phải với các loại mực vảy nói trên bắt nguồn từ kích thước lớn của vảy kim loại (kích thước vài μm của vảy bạc). Vì vảy có kích thước lớn, nên có thể khó in vật lý qua lưới có kích thước nhỏ và tạo ra các mạch in giống nhau khi mà tất cả các vảy có thể chồng khít lên nhau để tạo ra mạch in dẫn điện. Trong trường hợp các loại mực in lưới được in trên nền polyme, các loại mực phải được thiêu kết ở nhiệt độ thấp hơn và kết quả là, các vảy chỉ được thiêu kết nhẹ, tạo ra các mạch in với các giá trị điện trở tấm thường từ 394 MOhm/sq/mm đến 1969 MOhm/sq/mm. Ngoài ra, bởi mạch được in ra gồm các vảy bạc lớp xếp chồng lên nhau nên bề mặt in thường bị nhám. Bề mặt nhám đặc biệt gây ra vấn đề trong các ứng dụng nhận dạng tần số sóng vô tuyến RFID, nơi hiệu suất của ăng ten được quyết định một phần bởi độ nhám của bề mặt. Để khắc phục vấn đề này, có thể sử dụng các hạt nano (đường kính nhỏ hơn 100 nm), nhưng phí sản xuất hạt nano tương đối đắt, và hiệu suất đạt được không đủ hiệu quả để bù vào chi phí phát sinh.

Vậy cần thiết phải có những loại mực phân tử có thể tạo ra mạch in dẫn điện linh hoạt, đặc biệt là loại mực phân tử dùng trong kỹ thuật in lưới.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các loại mực phân tử theo sáng chế bao gồm ba thành phần chính: một phân tử kim loại tiền chất, một chất kết dính và ít nhất một dung môi hữu cơ. Các phân tử kim loại tiền chất phân ly trong quá trình sản xuất mực tạo ra các hạt kim loại dẫn điện, các chất kết dính

cùng liên kết với các hạt kim loại dẫn điện và cung cấp các mạch in có đầy đủ tính chất cơ học và bám dính với nền, và các dung môi được sử dụng chủ yếu để giúp mực in ra được, mặc dù dung môi cũng có thể hòa tan các phân tử mực để cung cấp một loại mực đồng nhất hơn và các mạch in được tạo ra từ đó. Khi cô lại trên một nền để tạo thành mạch in và đã qua gia công thích hợp (ví dụ bằng nhiệt hoặc ánh sáng), các phân tử kim loại tiền chất trở thành các hạt nano dẫn điện được bao quanh bởi các chất kết dính. Các mạch in được tạo ra bao gồm các hạt nano kim loại liên kết với nhau, nhưng các hạt nano được tạo ra tại chỗ, vì vậy chi phí của loại mực in này có thể cạnh tranh với các loại mực vẩy trên thị trường. Ngoài ra, do cấu trúc liên kết của các hạt nano nên có các giá trị điện trở suất thấp hơn so với mực vẩy kim loại. Hơn nữa, cách mạch in tạo ra từ các loại mực phân tử cho thấy có cải thiện khả năng hình thành liên kết để kết dính hơn, có độ phân giải in tốt hơn và ít nhám hơn tới 8 lần so với mực vẩy kim loại.

Theo một phương án, sáng chế đề cập đến mực phân tử chứa hỗn hợp không vẩy có thể in được từ 30% đến 60% theo khối lượng của bạc cacboxylat C_8-C_{12} , từ 0,1% đến 10% theo khối lượng chất kết dính polyme và lượng còn lại gồm ít nhất một dung môi hữu cơ, tất cả khối lượng dựa trên tổng khối lượng của hỗn hợp.

Theo một phương án khác, sáng chế đề cập đến mực phân tử chứa hỗn hợp không vẩy có thể in được từ 30% đến 60% theo khối lượng của bạc cacboxylat C_8-C_{12} , từ 0,25% đến 10% theo khối lượng chất kết dính polyme và lượng còn lại gồm ít nhất một dung môi hữu cơ, tất cả khối lượng dựa trên tổng khối lượng của hỗn hợp.

Theo một phương án khác, sáng chế đề cập đến hỗn hợp không vẩy có thể in được có từ 5% đến 75% theo khối lượng bis(2-etyl-1-hexylamin) đồng (II) format, bis(octylamin) đồng (II) format hoặc tris(octylamin) đồng (II) format, từ 0,1% đến 10% chất kết dính polyme và lượng còn lại gồm ít nhất một dung môi hữu cơ, tất cả khối lượng dựa trên tổng khối lượng của hỗn hợp.

Theo một phương án khác, sáng chế đề cập đến một chế phẩm không vẩy có thể in được có từ 5% đến 75% theo khối lượng bis(2-etyl-1-hexylamin) đồng (II) format, bis(octylamin) đồng (II) format hoặc tris(octylamin) đồng (II) format, từ 0,25% đến 10% chất kết dính polyme và lượng còn lại gồm ít nhất một dung môi hữu cơ, tất cả khối lượng dựa trên tổng khối lượng của chế phẩm.

Theo một phương án khác, sáng chế đề cập đến quy trình sản xuất mạch in dẫn điện kim loại trên nền, bao gồm bước in mực phân tử lên trên nền để tạo thành các mạch in mực trên nền và thiêu kết các mạch in mực trên nền đã in để định hình các mạch in kim loại dẫn điện.

Theo một phương án khác, sáng chế đề cập đến nền in bao gồm một mạch in dẫn điện được sản xuất bằng quá trình này.

Theo một phương án khác, sáng chế đề cập đến một linh kiện điện tử bao gồm mạch in dẫn điện được sản xuất bằng quá trình này trên nền.

Mực phân tử theo sáng chế cho thấy một sự kết hợp bất ngờ các thuộc tính của mạch in dẫn điện có thể được sản xuất bằng cách sử dụng mực in, và của các thiết bị chế tạo từ các mạch in dẫn điện này. Ví dụ, các mạch in dẫn điện này có thể kết hợp để trở nên mịn, mỏng, hẹp, linh hoạt và có tính dẫn điện cao. Các mạch in dẫn điện có thể tăng cường bám dính vào các nền, đặc biệt là các nền dẻo. Sự tăng cường bám dính cho phép sử dụng các chất epoxy tổng hợp dẫn điện mà không cần phải bọc kín để đáp ứng các số liệu hiệu suất tiêu chuẩn của ngành công nghiệp là lớn hơn 1,81 kg của lực cắt (không có giá trị tối thiểu là dưới 1,81 kg). Ngoài ra, các mạch in dẫn điện được làm từ các mực phân tử theo sáng chế này có thể được sản xuất hiệu quả hơn với ít bước hơn và do đó, chi phí sản xuất thấp hơn đáng kể so với mạch in dẫn điện tương ứng được làm từ các hạt nano trước đó. Các ion kim loại được chuyển trực tiếp ngay lập tức vào mạch in kim loại có thể sử dụng trong mạch điện tử, tránh bước tạo nên các hạt kim loại kiểm soát được kích thước.

Cụ thể là, thật bất ngờ khi kỹ thuật in lưới bằng mực theo sáng chế có thể tạo thành mạch in dẫn điện có độ dày nhỏ hơn 1 μm , có thể vượt qua tiêu chuẩn uốn cong và gấp nếp về độ dẻo trong khi vẫn duy trì được độ bám dính với một nền và có điện trở thấp (khả năng dẫn điện cao).

Các đặc điểm khác sẽ được mô tả hoặc làm rõ trong quá trình mô tả chi tiết sau đây. Nên hiểu rằng mỗi tính năng được mô tả trong sáng chế này có thể được sử dụng trong bất kỳ sự kết hợp nào với một hay nhiều những tính năng được mô tả khác, và mỗi tính năng không nhất thiết phải dựa vào sự hiện diện của tính năng khác, trừ trường hợp hiển nhiên đối với một trong những hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Để hiểu rõ hơn, các phương án được đề cập ở đây sẽ được mô tả chi tiết bằng cách ví dụ, với các hình vẽ tham khảo kèm theo, trong đó:

Hình 1A cho thấy dữ liệu về tính chất điện của các mạch in dẫn điện được làm từ nhiều loại mực phân tử gốc bạc khác nhau.

Hình 1B cho thấy dữ liệu về tính chất cơ học (ASTM F1683-02) của các mạch in dẫn điện được làm từ nhiều loại mực phân tử gốc bạc khác nhau. Các kết quả trong bảng có sự thay đổi về điện trở có thể quan sát được sau khi thực hiện thử nghiệm. Trong điều kiện lý tưởng, điện trở sẽ tăng không quá 10% sau khi thử nghiệm. Trường hợp "THẤT BẠI" được nhập trong bảng là khi các mạch in bị phá vỡ trong thời gian thử nghiệm và không thể đo được điện trở.

Hình 1C là một đồ thị cho thấy khả năng tải điện của các mạch in có độ rộng từ 0,127mm đến 0,508mm làm từ mực gốc bạc theo sáng chế, được đo bằng ASTM F1681-07a.

Hình 1D là một biểu đồ so sánh lực cắt (lbs) cần thiết để loại bỏ vỏ ngoài các LED bao quanh các mạch in khác nhau có nguồn gốc từ các loại mực gốc bạc sử dụng một chất kết dính mà không cần vật liệu bao bọc sử dụng Thử nghiệm lực cắt IPC.

Hình 2A là một đồ thị điện trở suất ($\mu\Omega\cdot\text{cm}$) và khối lượng phân tử (g/mol) của etyl xenluloza trong các lớp đồng làm từ loại mực gốc đồng được hình thành từ các phân tử etyl xenluloza có khối lượng phân tử khác nhau.

Hình 2B là một đồ thị cho thấy sự thay đổi dòng điện trở (%) và khối lượng phân tử (g/mol) của etyl xenluloza trong các mạch in đồng trước và sau khi thử nghiệm về độ dẻo (ASTM F1683-02) làm từ loại mực gốc đồng được hình thành từ các phân tử etyl xenluloza có khối lượng phân tử khác nhau.

Hình 3 là một biểu đồ biểu thị điện trở suất ($\mu\Omega\cdot\text{cm}$) của các mạch in làm từ mực gốc amin đồng (II) format không chứa chất kết dính với amylamin là bis (amylamin) đồng (II) format, hexylamin là bis (hexylamin) đồng (II) format, 6-metyl-2-heptylamin là bis (6-metyl-2-heptylamin) đồng (II) format, EtHex2 là bis(2-etyl-1-hexylamin), Octyl2 là bis(octylamin) đồng (II) format và Octyl3a là tris(octylamin) đồng (II) format.

Hình 4 cho thấy dữ liệu về tính chất điện và cơ học của các mạch in dẫn điện được làm từ nhiều loại mực phân tử gốc bạc khác nhau. Độ rộng danh định của dòng là độ rộng thực của mắt lưới trên lưới in sử dụng để in các mạch in. Δ được định nghĩa là sự chênh lệch giữa độ rộng dòng danh định và độ rộng dòng đo được.

Hình 5 minh họa độ phân giải dòng của mực phân tử (NRC-7) được in khi một mắt lưới xen kẽ với độ rộng dòng mạch in 0,06096 mm tách ra từ các mắt lưới tiếp theo 0,06096 mm trên Kapton™ (A), hình ảnh đo biên dạng quang học của mắt lưới (B) và phân tích mắt lưới trên máy đo biên dạng cho thấy độ rộng dòng mạch in (đỉnh) và độ rộng giữa các mắt lưới (rãnh) (C). Các đồ thị thanh màu xám trong nền của (C) là dữ liệu về độ phản xạ. Các dữ liệu về phản xạ ít tập trung là khi thiết bị đang phân tích nền Kapton™, cường độ phản xạ cao là khi máy đo biên dạng đang đo các mạch in bạc.

Hình 6 mô tả một hình ảnh kỹ thuật số của mạch in dẫn điện được phân tích với máy đo biên dạng (A), các dữ liệu tương ứng có được từ hình ảnh (B), và kết quả phân tích bề mặt nhám (C) của các mạch in cho hai phần nổi bật (P1 và P2) từ (B). Các mạch in dẫn điện được in bằng mực phân tử NRC-7 (E14).

Hình 7 cho thấy dữ liệu so sánh các tính chất của mực phân tử bạc (NRC-2, E11) với một loại mực có sẵn trên thị trường (Henkel 725A). Lưu ý rằng các tính chất nổi bật trong khu vực màu xám không tương thích với hiệu suất của NRC-2.

Hình 8 cho thấy dữ liệu quang tử thiêu kết NRC-7 trên Kapton™ ở mức 2,4K V và độ rộng xung là 1500 ms. Các bản in không được sấy khô trước khi thiêu kết quang tử.

Hình 9 cho thấy dữ liệu quang tử thiêu kết NRC-16 trên Melinex™ ở mức 2,4K V và độ rộng xung là 1000 ms. Các bản in đã được sấy khô 15 phút trước khi thiêu kết quang tử.

Hình 10 minh họa độ phân giải dòng của các mạch in dẫn điện được làm từ loại mực phân tử gốc bạc dựa trên NRC-15 (E17).

Mô tả chi tiết sáng chế

Các mực phân tử là không vảy, không sử dụng vảy kim loại để cung cấp tính năng dẫn điện. Thay vào đó, mực phân tử gồm một phân tử kim loại tiền chất, cụ thể là một cacboxylat kim loại, cụ thể hơn là một bạc cacboxylat C₈-C₁₂ hoặc bis(2-etyl-1-hexylamin) đồng (II) format, bis(octylamin) đồng (II) format hoặc tris(octylamin) đồng (II) format. Bởi vì mực không chứa vảy, mạch in dẫn điện được hình thành từ mực bao gồm các hạt nano kim loại liên kết với nhau, cho phép hình thành các mạch in dẫn điện rất mỏng và hẹp.

Mực phân tử bao gồm một chế phẩm chiếm khoảng 30% đến 60% theo khối lượng một bạc cacboxylat C₈-C₁₂ hay khoảng 5% đến 75% theo khối lượng bis (2-etyl-1-hexylamin) đồng (II) format, bis(octylamin) đồng (II) format hoặc tris(octylamin) đồng (II) format, khối lượng dựa trên tổng khối lượng của chế phẩm. Chế phẩm này thường chiếm khoảng 45% đến 55% theo khối lượng, ví dụ khoảng 50% theo khối lượng, các cacboxylat bạc, hay khoảng 65% đến 75% theo khối lượng, ví dụ khoảng 72% theo khối lượng, của bis(2-etyl-1-hexylamin) đồng (II) format, bis(octylamin) đồng (II) format hoặc tris(octylamin) đồng (II) format.

Trong một phương án, bạc cacboxylat là một muối bạc của một axit ankanoic C₈-C₁₂. Axit ankanoic thường là một axit decanoic, cụ thể hơn là axit neodecanoic. Các cacboxylat bạc cụ thể nhất là bạc neodecanoat. Trong phương án khác, cacboxylat kim loại là một phức chất của đồng với axit focmic và 2-etyl-1-hexylamin hoặc octylamin. Đồng cacboxylat cụ thể nhất là bis(2-etyl-1-hexylamin) đồng (II) format.

Chế phẩm này cũng chiếm khoảng 0,1% đến 10% theo khối lượng trong mực phân tử, thường là khoảng 0,25% đến 10% theo khối lượng một chất kết dính polyme, dựa trên tổng khối lượng của chế phẩm. Đối với các loại mực gốc bạc có thể in lưới được, chế phẩm này thường chiếm khoảng 2,5% đến 5% theo khối lượng của các chất kết dính, ví dụ khoảng 5% theo khối lượng. Đối với các loại mực in đồng, chế phẩm này thường chiếm khoảng 0,5% đến 2% theo khối lượng, cụ thể hơn là 0,5% đến 1,5% theo khối lượng, ví dụ khoảng 1% theo khối lượng.

Lượng chất kết dính polyme cũng có thể được cho thấy bằng khối lượng của kim loại trong phân tử kim loại tiền chất. Chất kết dính polyme thường có thể có trong chế phẩm này là khoảng từ 2,5% đến 52% theo khối lượng dựa trên khối lượng của các kim loại trong tiền chất kim loại. Khối lượng của kim loại trong tiền chất kim loại là tổng khối lượng kim loại không bao gồm các thành phần khác có trong tiền chất. Phổ biến hơn, chất kết dính polyme chiếm khoảng từ 6,5% đến 36% theo khối lượng dựa trên khối lượng của các kim loại trong tiền chất kim loại.

Các chất kết dính polyme thường bao gồm etyl xenluloza, polypyrolidon, epoxy, nhựa phenolic, các acrylic, uretan, silicon, rượu styren alyl, polyankylen cacbonat, axetal

polyvinyl, polyeste, polyuretan, polyolefin, nhựa flo, chất đàn hồi flo, chất đàn hồi nhiệt dẻo hoặc bất kỳ hỗn hợp nào của chúng. Các chất kết dính polyme thường gồm etyl xenluloza hoặc polyuretan, đặc biệt là etyl xenluloza.

Khối lượng phân tử chất kết dính, đặc biệt là etyl xenluloza, có thể đóng một vai trò tối ưu hóa các tính chất của mạch in dẫn điện tạo thành từ mực phân tử. Chất kết dính có khối lượng phân tử trung bình khối trung bình (M_w) trong khoảng từ 35.000g/mol đến 100.000 g/mol, cụ thể hơn là 60.000g/mol đến 95.000 g/mol. Khối lượng phân tử trung bình khối trung bình của các chất kết dính có thể được điều chỉnh đến một giá trị mong muốn bằng cách sử dụng hỗn hợp các chất kết dính có khối lượng phân tử khác nhau. Hỗn hợp kết dính thường chứa một chất kết dính thứ nhất có khối lượng phân tử trung bình nằm trong khoảng từ 60.000g/mol đến 70.000 g/mol, ví dụ khoảng 65.000 g/mol, và một chất kết dính thứ hai có khối lượng phân tử trung bình trong khoảng từ 90.000g/mol đến 100.000 g/mol, ví dụ khoảng 96.000 g/mol. Tỷ lệ giữa chất kết dính thứ nhất và thứ hai trong hỗn hợp thường là khoảng 10:1 đến 1:10, hoặc 10:1 đến 1:1, tương đương khoảng 7:1 đến 5:3. Sự phân bố khối lượng phân tử của chất kết dính có thể là đơn thức hoặc đa thức, ví dụ hai phương thức. Trong một số phương án, chất kết dính có thể bao gồm hỗn hợp của các loại polyme khác nhau.

Chế phẩm trong mực phân tử cũng bao gồm một dung môi. Dung môi thường tạo nên phần còn lại của các chế phẩm. Phần còn lại có được, trong một số trường hợp, là khoảng từ 1% đến 94,75% theo khối lượng. Đối với các loại mực bạc, phần còn lại thường là từ 40% đến 52,5% theo khối lượng dung môi, ví dụ khoảng 45% theo khối lượng. Đối với loại mực đồng, phần còn lại thường là từ 25% đến 30% dung môi, ví dụ khoảng 27% theo khối lượng.

Các dung môi có thể bao gồm ít nhất một dung môi hữu cơ thơm, ít nhất một dung môi hữu cơ không thơm hoặc bất kỳ hỗn hợp của chúng.

Trong một số phương án, dung môi thường gồm ít nhất một dung môi hữu cơ thơm. Dung môi hữu cơ thơm đó thường bao gồm benzen, toluen, etylbenzen, xylen, clobenzen, benzyl ete, anisol, benzonitril, pyridin, dietylbenzen, propylbenzen, cumen, isobutylbenzen, *p*-xymen, tetralin, các trimetylbenzen (ví dụ như mesitylen), đuren, *p*-cumen hoặc bất kỳ hỗn hợp nào của chúng. Dung môi hữu cơ thơm đó hơn nữa thường bao gồm toluen, xylen, anisol, dietylbenzen hoặc bất kỳ hỗn hợp nào của chúng. Đối với các loại mực gốc bạc, các dung môi thường bao gồm xylen, dietylbenzen, toluen hoặc bất kỳ hỗn hợp nào của chúng. Đối với các loại mực đồng, các dung môi thường gồm anisol.

Trong một số phương án, dung môi thường gồm ít nhất một dung môi hữu cơ không thơm. Dung môi hữu cơ không thơm đó thường bao gồm một dung môi gốc terpen, rượu hoặc bất kỳ hỗn hợp nào của chúng. Một số ví dụ về các dung môi hữu cơ không thơm bao gồm terpineol, alpha-terpinen, gamma terpinen-terpinolen, limonen, pinen, caren, methylcyclohexanol, octanol, heptanol hoặc bất kỳ hỗn hợp nào của chúng. Đặc biệt đáng

chú ý là terpineol, α -terpinen, 2-metylcyclohexanol, 1-octanol và hỗn hợp của chúng, đặc biệt là 2-metylcyclohexanol. Trong một số phương án, dung môi thường bao gồm một hỗn hợp có ít nhất một dung môi hữu cơ thơm và ít nhất một dung môi hữu cơ không thơm. Các dung môi hữu cơ không thơm thường chiếm khoảng 75% theo khối lượng trong hỗn hợp dung môi hoặc ít hơn tùy theo khối lượng của dung môi, ví dụ khoảng 50% theo khối lượng hoặc ít hơn. Trong một phương án cho mực gốc bạc, dung môi này có thể bao gồm hỗn hợp của xylen và terpineol hoặc diethylbenzen và 1-octanol.

Trong khi có thể được tạo nên cho bất kỳ loại kỹ thuật in nào, loại mực in này đặc biệt phù hợp cho kỹ thuật in lưới. Về vấn đề này, mực in thường có độ nhớt khoảng 1500 cP hoặc lớn hơn. Hơn nữa, các dung môi thường có nhiệt độ sôi đủ cao vì thế mực bay hơi chậm đi trong quá trình in. Điều này được biết đến để tăng số lượng các chu kỳ in ấn có thể được thực hiện trước khi mực phải được pha loãng để cải thiện hiệu suất.

Mực phân tử có thể được cô lại, ví dụ khi được in lên trên nền để tạo thành một mạch in mực trên bề mặt nền. Các bước sấy khô và phân hủy các muối bạc trong các mạch in để hình thành mạch in dẫn điện có thể được thực hiện bằng bất kỳ kỹ thuật phù hợp nào, trong đó các kỹ thuật và điều kiện phụ thuộc vào loại nền mà mạch in được cô lại trên đó. Ví dụ, có thể thực hiện các bước làm khô và phân hủy muối bạc bằng nhiệt và/hoặc thiêu kết quang tử.

Trong một kỹ thuật, nung nóng làm khô nền và thiêu kết mạch in để tạo thành một mạch in dẫn điện. Quá trình thiêu kết phân ly các phân tử kim loại tiền chất để tạo thành các hạt nano dẫn điện của kim loại. Việc nung nóng thường được thực hiện ở nhiệt độ khoảng từ 125°C đến 250°C, ví dụ khoảng từ 150°C đến 230°C. Đối với các loại mực bạc, nhiệt độ vào khoảng từ 200°C đến 230°C là đặc biệt tốt hơn. Đối với loại mực đồng, nhiệt độ vào khoảng từ 125 °C đến 175°C là đặc biệt tốt. Việc nung nóng thường được thực hiện trong khoảng 1 giờ hoặc nhanh hơn, cụ thể hơn nữa là khoảng 15 phút hoặc nhanh hơn, ví dụ, khoảng từ 1 phút đến 15 phút, hoặc khoảng từ 2 phút đến 15 phút, đặc biệt là khoảng từ 3 phút đến 10 phút. Việc nung nóng được thực hiện tại thời điểm cân bằng ổn định giữa nhiệt độ và thời gian để thiêu kết mạch in trên nền tạo thành một mạch in dẫn điện. Các loại thiết bị nhiệt cũng là được xem như yếu tố về nhiệt độ và thời gian cần thiết để thiêu kết. Quá trình thiêu kết có thể được thực hiện với các nền trong điều kiện oxy hóa (ví dụ như không khí) hoặc khí trơ (ví dụ nitơ và/hoặc khí argon). Đối với loại mực bạc, việc có oxy trong quá trình thiêu kết là điều kiện lý tưởng. Đối với loại mực đồng, một khí trơ hoặc một môi trường khử có thể là lý tưởng, hoặc không khí cạn kiệt oxy có hàm lượng oxy thường là khoảng 0,1% hoặc ít hơn, tốt hơn nữa là khoảng 0,05% hoặc ít hơn.

Trong kỹ thuật khác, một hệ thống thiêu kết quang tử có thể là đèn cường độ cao (ví dụ như một đèn xenon nháy) cung cấp ánh sáng quang phổ rộng. Đèn có thể cung cấp khoảng từ 5 J/cm² đến 20 J/cm² năng lượng đến các mạch in. Độ rộng xung thường là khoảng từ 0,58 ms đến 1,5 ms. Điện áp phụ thêm thường là khoảng từ 2,0 kV đến 2,8 kV. Thiêu kết quang tử có thể được thực hiện trong điều kiện môi trường xung quanh (ví dụ

trong không khí). Thiêu kết quang tử đặc biệt phù hợp cho nền polyetylen terephthalat và polyimide.

Một nền dùng để in được sản xuất bởi quá trình này có thể bao gồm một mạch in dẫn điện có độ dày khoảng 4 μm hoặc mỏng hơn. Đặc biệt có lợi khi các mạch in dày khoảng 1 μm hoặc mỏng hơn, ví dụ khoảng từ 0,3 μm đến 1 μm hoặc khoảng từ 0,4 μm đến 1 μm . Các đầu mạch in dẫn điện trên nền có thể có độ rộng khoảng 127 μm hoặc hẹp hơn, và có thể hẹp hơn khoảng 76 μm , hoặc thậm chí tới 51 μm . Các mạch in rộng hơn 127 μm có thể được hình thành bằng cách điều chỉnh các thông số in ấn. Ngoài ra, các mạch in dẫn điện rất phẳng so với mực vảy. Độ nhám bề mặt của các mạch in dẫn điện, được theo quy định của sai số quân phương (R_{RMS}) của chiều cao bề mặt, làm từ loại mực trong sáng chế này ít hơn so với độ nhám bề mặt của mạch in dẫn điện được làm từ loại mực vảy. Ví dụ, độ nhám bề mặt của mạch in dày khoảng 0,540 μm được làm từ loại mực trong sáng chế này thường là 0,14 μm , trong khi so với mạch in 5 μm được làm từ mực vảy độ nhám bề mặt thường là 0,8 μm .

Mạch in dẫn điện có thể có điện trở tấm khoảng 236 MOhm/sq/mm, thường là khoảng 197 MOhm/sq/mm hoặc ít hơn, ví dụ như khoảng từ 118 MOhm/sq/mm đến 157 MOhm/sq/mm, thấp hơn mực vảy có trên thị trường. Vì độ dày của các mạch in dẫn điện hiện nay có thể vào khoảng 1 μm hoặc thấp hơn, việc cải thiện khả năng dẫn điện và năng suất cường độ dòng điện mang theo được kết hợp với việc giảm 10 chu kỳ độ dày mạch in. Điều này rất quan trọng vì các mạch in của mực vảy thậm chí không thể dẫn điện ở độ dày siêu hiển vi.

Những mạch in có độ dày nhỏ hơn 4 μm được sản xuất từ các loại mực vảy hiện nay thường có kết quả kém trong kiểm tra tiêu chuẩn uốn cong và gấp nếp (ASTM F1683-02) cho tính dẻo. Ngược lại, những mạch in dẫn điện của các sáng chế có kết quả tốt trong các thử nghiệm tiêu chuẩn về tính dẻo ASTM trong khi vẫn duy trì tính dẫn điện cao. Trong một phương án tối ưu, các mạch in dẫn điện có thể duy trì điện trở suất (khả năng dẫn điện) với thay đổi khoảng 15% hoặc ít hơn, thường là khoảng 10% hoặc ít hơn, tốt hơn là khoảng 5% hoặc ít hơn, thậm chí là khoảng 3% hoặc ít hơn, sau 10 chu kỳ nén cong hoặc 10 chu kỳ uốn căng theo tiêu chuẩn kiểm tra ASTM F1683-02. Trong một phương án tối ưu khác, các mạch in dẫn điện có thể duy trì điện trở suất (khả năng dẫn điện) với thay đổi khoảng 15% hoặc ít hơn, thường là khoảng 10% hoặc ít hơn, tốt hơn là khoảng 5% hoặc ít hơn, thậm chí là khoảng 1% hoặc ít hơn, sau 1 lần nén hoặc 1 lần gấp theo tiêu chuẩn kiểm tra ASTM F1683-02.

Các mạch in dẫn điện được sản xuất bằng các Mực phân tử theo sáng chế có thể tăng cường bám dính vào các nền (đặc biệt là các nền dẻo) và chất kết dính. Một chất kết dính có thể độ bền liên kết khoảng 1,81kg hoặc lớn hơn cho các mạch in dẫn điện mà cần bao bọc theo thử nghiệm lực cắt IPC, tốt hơn đáng kể so với mực vảy có trên thị trường.

Các mực phân tử theo sáng chế có thể được cô lại trên một nền với bất kỳ phương pháp nào phù hợp, ví dụ như kỹ thuật in lưới, in phun kỹ thuật số, in nổi (ví dụ như in dấu), in ống đồng, in opset, in phun sơn, in sol khí, in sắp chữ, hoặc bất kỳ phương pháp nào khác. Sau khi cô lại, mực có thể được để khô hoặc sấy, ví dụ bằng cách cho phép ráo mực trong điều kiện môi trường xung quanh hoặc làm nóng mực trong một thời gian dài thích hợp để làm bay hơi dung môi. Loại mực in trong sáng chế có điểm đặc biệt là phù hợp cho kỹ thuật in lưới.

Mực phân tử trước đó thường không được tạo ra để in lưới và kết quả là mạch in dẫn điện bằng kỹ thuật in lưới có độ bám dính để hạn chế trên các nền. Việc hạn chế bám dính dẫn đến các vết mạch hở và hoàn toàn mất tính dẫn điện (nghĩa là điện trở vô hạn) khi mạch in tách ra bề mặt nền hoặc các mạch in hình thành các vết nứt vi mô và vĩ mô. Ngược lại, những mạch in dẫn điện trong sáng chế có độ bám dính tốt với các nền như đã nói trên, và không phát triển các vết mạch mở trong khoảng thời gian ít nhất là 1 ngày, có thể ít nhất là 1 tháng, hoặc tốt hơn nữa là ít nhất 1 năm. Các mạch in theo sáng chế được có một lớp 5B (không xảy ra bong tróc) sau kiểm tra độ Bám dính gạch chéo (ASTM F1842-09).

Các mạch in dẫn điện được hình thành với các phân tử mực mỏng hơn, có điện trở suất thấp hơn, có độ phân giải in tốt hơn và ít nhám hơn lên đến 8 lần so với loại mực vảy kim loại. Ngoài ra, lực cắt cần thiết để loại bỏ các điôt phát sáng (LED) liên kết với các mạch in sử dụng một chất kết dính epoxy mạnh hơn ít nhất là 1,2 lần so với loại mực vảy có trên thị trường (Hình 1D).

Nền có thể là bất kỳ bề mặt nào có thể in được. Bề mặt in có thể bao gồm, ví dụ polyetylen terephtalat (PET) (ví dụ như Melinex™), polyolefin (ví dụ như polyolefin bổ sung silica (Teslin™)), polydimethylsiloxan (PDMS), polystyren, polycacbonat, polyimide (ví dụ như Kapton™), màng silicon, dệt (ví dụ như dệt xenluloza), giấy, thủy tinh, kim loại, chất phủ điện môi, và nhiều loại khác. Các nền dẻo thường được ưa chuộng hơn.

Các mạch in dẫn điện trên nền có thể được kết hợp vào trong một thiết bị điện tử, ví dụ như mạch điện, lõi dẫn điện (ví dụ đối với các tế bào quang điện), cảm biến, ăng ten (ví dụ như ăng ten RFID), cảm biến tiếp xúc, bóng bán dẫn màng mỏng, điôt, và bao gói thông minh (ví dụ như bao gói thuốc thông minh). Mực phân tử trong sáng chế cho phép thu nhỏ kích thước của các thiết bị điện tử đó.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1: Mực gốc bạc

Một loạt các loại mực bạc gốc neodecanoat (AGND) (150 g) đã tạo lên như mô tả dưới đây và các mạch in từ loại mực này đã được cô lại trên tấm Kapton™ HPP-ST có kích thước 21,59x27,94cm trong nhiều mẫu khác nhau. Các mẫu bao gồm các mạch in chấm, vòng tròn, thẳng và cong với độ rộng từ 51 µm đến 508 µm. Các mẫu được sản xuất thông qua kỹ thuật in lưới (Phương pháp 1) hoặc bằng cách sử dụng một phương pháp tương tự, trong đó băng dính được sử dụng để xác định hình vuông (để đo tính chất điện) hoặc các

mạch in hẹp hơn và dài hơn (để đo tính chất cơ học) và mực được trải ra nhờ sử dụng cán gạt tương tự như kỹ thuật in lưới (Phương pháp 2). Các chế phẩm mực in, tính chất điện và tính cơ học của mạch in được sản xuất từ các thành phần mực in có trong Hình 1A, Hình 1B và Hình 4.

Các tính chất điện của các mạch in đã được mô tả bằng cách đo điện trở trên 10 cm mạch in thẳng với một ôhm (ohm) mét. Chiều rộng thực tế của các mạch in thiêu kết được đo bằng SEM, kính hiển vi quang học, một máy đo biên dạng Dektak hoặc một máy đo mặt cắt kỹ thuật điện tử 3D. Chiều rộng mạch in có thể được sử dụng để xác định số lượng ô vuông ở mỗi 10 cm mạch in, và sau đó sử dụng để tính toán điện trở tấm. Đây là dữ liệu tóm tắt của Bảng 1.

Bảng 1

Điện trở suất - NRC-2 (E11)	
mΩ/sq/mm	mΩ•cm
197 ± 28	12,7 ± 1,8

Bảng 1 cho thấy các dữ liệu điện cho NRC-2 (E11) được in trên Kapton™ và thiêu kết ở 230°C trong 12 phút. Đó là dữ liệu trung bình cho một bộ gồm các dải mạch in dài 10 cm với độ rộng từ 51 μm đến 508 μm và độ dày trong khoảng từ 0,6 μm đến 0,9 μm.

Độ dày của các mạch in được đo một máy đo biên dạng Dektak hoặc một máy đo biên dạng mặt cắt kỹ thuật điện tử 3D. Nói chung, các mạch in từ 51 μm đến 127 μm mỏng hơn so với các mạch in từ 254 μm đến 508 μm và độ dày trong khoảng từ 0,3 μm đến 0,9 μm. Các mạch in có nguồn gốc từ mực phân tử mỏng hơn nhiều so với những mạch in thu được từ mực vẩy bạc thông thường. Sử dụng các phép đo độ dày mạch in, cả điện trở suất khối và giá trị điện trở tấm cho các mạch in đã được tính toán. Giá trị điện trở tấm tiêu biểu từ 91 mΩ/sq/mm đến 236 mΩ/sq/mm, tùy thuộc vào độ rộng mạch in.

Mặc dù các giá trị điện trở tấm thấp do độ mỏng vốn có của các mạch in, độ mỏng này vẫn không ảnh hưởng đến công suất cường độ dòng điện mang theo, khi cường độ dòng điện mang theo được xác định là cường độ dòng điện một dây dẫn hoặc các nền có thể mang theo trước khi bị nung chảy/nứt. Các mạch in đã được kiểm tra với một phương pháp kiểm tra tiêu chuẩn để xác định công suất cường độ dòng điện mang theo của một dây dẫn như là một phần của một mạch chuyển màng (ASTM F1681-07a). Như đã nhấn mạnh trong hình 1C, công suất cường độ dòng điện cho mạch in rộng từ 127 μm đến 508 μm là trong khoảng từ 186 mA đến 350 mA. Đây là so sánh với mạch in nguồn gốc từ các loại mực vẩy bạc có giá trị công suất cường độ dòng điện điển hình khác nhau, từ 150 mA đến 350 mA cho mạch in rộng từ 0,127mm đến 0,508mm, mặc dù độ dày 4 μm đến 5 μm.

Tính chất cơ học của các mạch in thu được cũng rất quan trọng nếu mực in được hướng tới lợi ích thương mại. Kiểm tra cơ học bao gồm việc dùng một mạch in để thực hành gấp nếp hoặc uốn cong một mạch chuyển màng, màng chuyển đổi lắp ráp đuôi hoặc thành phần mạch chuyển đổi màng (ASTM F1683-02) theo tiêu chuẩn. Thử nghiệm uốn cong gồm việc di chuyển mười lần một mạch in xung quanh một cây gậy có đường kính 1 cm. Thử nghiệm gấp nếp gồm việc gấp một mạch in và lăn một vật có khối lượng 1 kg qua mạch in để tạo ra một nếp gấp.

Hình 4 cho thấy dữ liệu về tính chất điện và cơ học của các mạch in dẫn điện được làm từ nhiều loại mực phân tử bạc khác nhau. Hình 4 gồm % khối lượng của bạc neodecanoat (muối bạc), % khối lượng của chất kết dính etyl xenluloza được sử dụng trong công thức và chế phẩm dung môi. Mặc dù có sự đa dạng của các công thức, các điện trở suất mặt, độ phân giải mạch in, độ dày mạch in, độ nhám bề mặt và tính chất cơ học của các mạch in đã qua xử lý đều được thống nhất. Việc thay đổi công thức mực trong cách trình bày như trong Hình 4 là để tăng số lượng các chu kỳ in có thể thực hiện được với mực in trước khi được pha loãng hoặc trước khi màng lưới đã được làm sạch bởi chất lượng in đã giảm. Như tham chiếu đến Hình 4, mặc dù thay đổi công thức, các mạch in vẫn có thể vượt qua các tiêu chuẩn uốn cong ASTM và thử nghiệm gấp nếp trong đó vượt qua có nghĩa là thay đổi điện trở ít hơn 10% sau khi thực hiện thử nghiệm uốn cong hoặc gấp nếp.

Ngoài ra, các mạch in thu được có thể được in với độ phân giải vượt trội. Đối với các mạch in được in với NRC-7, các nét in 61 μm cách nhau 61 μm (với độ rộng nét in đo được là 86 μm cách nhau 36 μm) có thể giải quyết được như được chứng minh trong Hình 5. Ngoài ra, các mạch in rất mịn có thể được in từ NRC-7 với độ nhám bề mặt trung bình (R_a), căn quân phương độ nhám bề mặt (R_q), chiều cao từ đỉnh xuống rãnh (R_t) và bình quân độ sâu nhám (R_z) nhỏ hơn 8 lần so với các loại mực vẩy trên thị trường (Hình 6).

So sánh mực (C1)

Để so sánh, một công thức mực đơn giản bao gồm bạc neodecanoat và xylen được điều chế phù hợp với kỹ thuật trong lĩnh vực có trước đó (Dearden 2005). Khi công thức mực này được in lên Kapton™ HPP-ST (từ DuPont) thành các hình vuông và thiêu kết ở 230°C trong 10 phút để tạo ra các mạch in dẫn điện, các điện trở tấm của các mạch in bạc là 52,4 m Ω /sq/mm, độ dày là 0,7 μm và điện trở suất được tính là khoảng 3,3 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$. Điện trở suất là khoảng 2 lần so với bạc nguyên chất.

Các mạch in ban đầu bị mất ít hơn 10% tính dẫn điện sau khi thử nghiệm uốn cong theo quy định của ASTM F1683-02, mất hơn 10% độ dẫn điện sau khi thử nghiệm gấp nếp. Tuy nhiên, khoảng 1 ngày sau khi các mạch in dẫn điện được tạo ra, các mạch in tách lớp từ nền tạo nên một vết vỡ mạch mở, cho thấy độ bám dính kém của loại mực này trên nền. Ngoài ra, độ nhớt của mực là quá thấp để in lưới và kỹ thuật đã có trước đó không cho phép làm thế nào để tạo nên một loại mực in lưới với độ bám dính tốt và điện trở suất thấp.

Các loại mực với chất kết dính etyl xenluloza (MW = 65.000 g/mol) và dung môi xylen (E1-E4)

Những nỗ lực để điều chế công thức mực in lưới bạc neodecanoat (AGND) đã được thực hiện bằng cách gia tăng tỷ lệ % khối lượng của polymeetyl xenluloza (EC) với các hỗn hợp AGND/xylen. Cụ thể, 0,25%, 1,25%, 2,5% và 5% khối lượng dung dịch EC (MW = 65.000 g/mol) với 49,75%, 48,75%, 47,5% và 45% xylen và 50% AGND (theo khối lượng). Khi tỷ lệ % khối lượng của EC tăng, điện trở suất của màng thiêu kết tăng từ 3,31 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ đến 4,42 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ đến 5,86 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ và cuối cùng tương ứng là 7,42 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ (Phương pháp 2 - hình vuông mẫu). Độ nhớt của mực được mong đợi là hơn 1.500 cP để in lưới được hiệu quả. Điều này xảy ra khi tỷ lệ % khối lượng EC vượt quá 2,5%.

Đối với tính chất cơ học, các mạch in thiêu kết được tạo ra từ Phương pháp 2 mất ít hơn 10% tính dẫn điện sau khi thử nghiệm uốn cong quy định bởi ASTM F1683-02 không phụ thuộc vào hàm lượng của EC. Ở mức 5% hàm lượng EC các mạch in liên tục bị mất hơn 10% độ dẫn điện sau khi thử nghiệm gấp nếp. Tuy nhiên, tất cả các mạch in vẫn bám vào nền theo thời gian mà không tạo nên bất kỳ vết vỡ mạch hở nào, cho thấy rằng các loại mực này bám dính hơn với lớp nền.

Mực với chất kết dính etyl xenluloza (MW = 96.000 g/mol) và dung môi xylen (E5-E8)

Những nỗ lực để điều chế mực in lưới đã được thực hiện với 2,5%, 1,25% và 0,5% EC (MW = 96.000 g/mol), 47,5%, 48,75% và 49,5% xylen và 50% AGND. Độ nhớt của mực in có chứa 2,5% EC (MW = 96.000 g/mol) là từ 5.000 cP đến 10.000 cP và các công thức khác ít hơn 1.500 cP. Sau in mẫu, các giá trị điện trở tấm của các mạch in thiêu kết lần lượt là 38,9 m Ω /sq, 35,5 m Ω /sq và 61,1 m Ω /sq. Điều này phù hợp với các dữ liệu thu được với nồng độ tương tự của EC, nhưng với khối lượng phân tử khác nhau (MW = 65.000 g/mol). Việc sử dụng một khối lượng phân tử polyme EC cao không làm giảm đi sự mất tính dẫn điện xuống dưới 10% trong các thử nghiệm gấp nếp.

Một loại mực toluen với 2,5% EC (MW = 96.000 g/mol), 47,5% toluen và 50% AGND cũng được đánh giá. Sau khi in lưới và thiêu kết, các mạch in có điện trở suất khối là 7,5 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$, độ dày 0,67 μm và giá trị điện trở tấm là 114 m Ω /sq/mm.

Các mạch in bằng kỹ thuật in lưới bị mất ít hơn 10% tính dẫn điện sau khi thử nghiệm uốn cong theo quy định của ASTM F1683-02, nhưng mất hơn 10% độ dẫn điện sau khi thử nghiệm gấp nếp. Tuy nhiên, mạch in cho E8 vẫn bám vào nền theo thời gian mà không tạo nên bất kỳ vết vỡ mạch hở nào, cho thấy rằng loại mực này bám dính hơn với lớp nền.

Mực với chất kết dính etyl xenluloza (MW = 65.000 g/mol) và dung môi xylen/terpineol (E9-E10)

Hỗn hợp dung môi có chứa 1:1 và 3:1 theo khối lượng xylene:terpineol có chứa 5% EC (MW = 65.000 g/mol) được sử dụng để tạo nên các loại mực bằng cách trộn theo tỉ lệ 1:1 khối lượng của hỗn hợp dung môi với AGND. Các loại mực bao gồm 50% theo khối lượng AGND, 2,5% theo khối lượng EC và 47,5% theo khối lượng dung môi. Độ nhớt của mực là khoảng 5.000 cP đến 7.500 cP. Sau khi chuẩn bị lưới ô vuông (Phương pháp 2), các điện trở suất khối của các mạch in thiêu kết là $17,4 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ và $13,1 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ tương ứng cho tỉ lệ 3:1 và 1:1 (xylene: terpeneol) trong công thức. Độ nhớt và điện trở suất khối của các mạch in được tạo ra từ các công thức mực in phù hợp cho việc in ấn màn hình.

Các mạch in bằng kỹ thuật in lưới bị mất ít hơn 10% tính dẫn điện sau khi thử nghiệm uốn cong theo quy định của ASTM F1683-02, nhưng mất hơn 10% độ dẫn điện sau khi thử nghiệm gấp nếp. Tuy nhiên, mạch in cho E10 vẫn bám vào nền theo thời gian mà không tạo nên bất kỳ vết vỡ mạch hở nào, cho thấy rằng các loại mực này bám dính hơn với lớp nền. Công thức có chứa tỷ lệ 1:1 terpeneol:xylene cũng đã được in lưới và kết quả cũng tương tự. Có lợi thế để sử dụng hỗn hợp dung dịch terpeneol:xylene để tăng số lượng các chu kỳ in ấn đạt được trước khi pha loãng của mực cần thiết vì terpeneol có điểm sôi cao.

Mực với chất kết dính etyl xenluloza (MW = 65.000 g/mol) và MW = 96.000 g/mol (E11)

Việc sử dụng của EC với MW = 39.000 g/mol, 65.000 g/mol và 96.000 g/mol một mình không phải là phương pháp tối ưu vì các mạch in đã qua xử lý liên tục bị mất hơn 10% tính dẫn điện sau khi thử nghiệm gấp nếp (ASTM F1683-02). Việc sử dụng một hỗn hợp tỷ lệ 7:1 của MW = 65.000 và 96.000 EC (tổng cộng 5% khối lượng) trong hỗn hợp dung môi tỷ lệ 7:1 của xylene: terpeneol cung cấp mực in với độ nhớt từ 5.000 cP đến 8.000 cP. Mực (AGND NRC-2) bao gồm 50% theo khối lượng AGND, 2,5% theo khối lượng EC và dung môi 47,5% theo khối lượng. Mạch in theo kỹ thuật in lưới có giá trị điện trở suất khối là $11,6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ (độ dày mạch in là $0,62 \mu\text{m}$) và điện trở tấm là $177 \text{ m}\Omega/\text{sq/mm}$.

Các mạch in bằng kỹ thuật in lưới bị mất ít hơn 10% tính dẫn điện sau cả thử nghiệm uốn cong và gấp nếp theo quy định của ASTM F1683-02. Tuy nhiên, tất cả các mạch in vẫn bám vào nền theo thời gian mà không tạo nên bất kỳ vết vỡ mạch hở nào. Các loại mực mà có các chất kết dính được tạo nên từ hỗn hợp của etyl xenluloza với khối lượng phân tử khác nhau cung cấp các mạch in dẫn điện tối ưu hóa so với các mạch in được tạo nên từ các loại mực trong đó các chất kết dính được hình thành từ một etyl xenluloza có khối lượng phân tử cùng nhau.

Sức bám dính được tiếp tục kiểm tra so với các loại mực vảy có trên thị trường. Hình 1D là một biểu đồ so sánh lực cắt cần thiết để loại bỏ vỏ ngoài LED bao quanh các mạch in sử dụng chất kết dính (Loctite 3880). Lưu ý rằng việc kiểm tra lực cắt này đo lường độ bền liên kết giữa các chất kết dính và các mạch in, không nhất thiết phải là mạch in với lớp nền. Mực E11 của sáng chế (AGND NRC-2) được so sánh với mực in lưới dẫn điện có trên thị trường CXT-0587 (một loại mực gốc bạc từ Sun Chemical Corporation of Carlstadt, NJ) và

725A (một loại mực gốc bạc của Acheson Colloids Company of Port Huron, MI) trên nền khác nhau (polyeste, Kapton™). Có thể thấy được từ Hình 1D rằng chất kết dính gắn LEDs với AGND NRC-2 in trên Kapton™ với một lực nhỏ hơn 1,81kg, trong khi độ bám dính vào các mạch in khác đều có ít nhất một số trường hợp mà các lực bám dính ít hơn 1,81kg. AGND NRC-2 vượt trội so với các loại mực khác trong mọi trường hợp. Mực NRC-2 (E11) bám dính Kapton™ rất tốt, cho thấy ở lớp 5B khi không có bong tróc nào xảy ra sau khi kiểm tra độ bám dính gạch chéo ASTM F1842-09.

So sánh sâu hơn với các loại mực vảy

Như đã nhấn mạnh trong Hình 7, khi mực phân tử theo sáng chế (NRC-2) được so sánh với loại một mực vảy có trên thị trường (Henkel 725A), giá trị điện trở suất của loại mực này nhỏ hơn của Henkel 725A khoảng 5 lần.

Thiêu kết quang tử của NRC-7 và NRC-16

Mực NRC-7 (E14) và mực NRC-16 (E15) được in hình thành các mẫu thử nghiệm được mô tả trước đó và mạch in đã được làm khô trong 15 phút ở 75°C trước khi thiêu kết quang tử trừ khi có chỉ dẫn khác. Thiêu kết quang tử có thể được thực hiện trong điều kiện môi trường xung quanh khi sử dụng Xenon 2000 Sinteron™. Các mẫu được đặt trên băng tải chuyển các nền xuống dưới khu vực phơi sáng (độ mở 40 mm) của đèn Xenon. Các dấu vết được xử lý bằng bước băng tải 1 mm với một lần nháy đèn sau mỗi bước. Trừ khi có quy định khác, các bước sóng dưới 240 nm được lọc ra khỏi phổ rộng của bóng đèn Xenon và chiều cao bóng đèn được đặt với mặt phẳng tiêu cự của ánh sáng là 0,5 ở trên bề mặt và độ rộng xung thay đổi từ 580 ms - 1500 ms. Mỗi mẫu được chiếu xạ với 40 xung ánh sáng trong một chu trình 6 phút. Như đã nhấn mạnh trong hình 8, điện trở suất khối và giá trị điện trở tấm cho các mạch in rất gần với giá trị đạt được thông qua việc xử lý nhiệt các mạch in trên nền Kapton™ (tương ứng khoảng từ 394 mΩ/sq/mm-788 mΩ/sq/mm so với từ 197 mΩ/sq/mm – 275,8 mΩ/sq/mm). Hình 9 cũng chứng minh rằng mực phân tử có thể được xử lý trên Melinex™ và điện trở suất khối cùng điện trở tấm của loại mực này trên nền này cũng chỉ cao hơn khoảng 2 đến 4 lần so với các mạch in xử lý nhiệt trên Kapton™ (Hình 4).

Các loại mực chứa các dung môi không thơm

Mực phân tử bạc, NRC-14 (E16), NRC-15 (E17) và NRC-51 (E18), được tạo ra với 50% theo khối lượng bạc neodecanoat và 5% EC46 chất kết dính etyl xenluloza (NRC-14 và NRC-15) hoặc 4% etyl xenluloza (NRC-51) trong các dung môi không thơm. Dung môi cho NRC-14 là một hỗn hợp gồm 40% α-terpinen và 5% 1-octanol. Dung môi cho NRC-15 là một hỗn hợp gồm 22,5% α-terpinen và 22,5% 1-octanol. Dung môi cho NRC-51 là 2-methylxyclohexanol. Các mạch in dẫn điện từ các loại mực được sản xuất bởi các mẫu kiểm tra kỹ thuật in lưới của loại mực trên nền Kapton™, ủ ở 150°C trong 30 phút, và xử lý sau đó tiếp tục ở 230°C trong 12 phút. Độ rộng dòng và độ dày mạch in thu được đã được đo bằng một máy đo biên dạng quang học và điện trở tấm được xác định bằng cách đo điện trở

trên các mạch in dài 10 cm theo số lượng của hình vuông trong các mạch in (Hình 8 và Hình 9).

Tính chất dẫn điện của các mạch in bạc dẫn điện được tạo ra từ NRC-14 (E16), NRC-15 (E17) và NRC-51 (E18) như tham chiếu đến Hình 4. NRC-14 (E16) và NRC-51 (E18) có thể xoay vòng qua ít nhất 20 bản in mà không cần can thiệp gì và tạo ra mạch in với những giá trị điện trở tấm nhỏ hơn 394 mΩ/sq/mm. Mạch in từ NRC-14 (E16) và NRC-51 (E18) có thể xoay vòng qua ít nhất 10 bản in mà không cần can thiệp gì và tạo ra mạch in với những giá trị điện trở tấm nhỏ hơn 394 mΩ/sq/mm. Tính uốn cong và gấp nếp của các mạch in bạc dẫn điện được tạo ra từ NRC-14 (E16), NRC-15 (E17) và NRC-51 (E18) như tham chiếu đến Hình 4. Thử nghiệm uốn cong và gấp nếp được thực hiện như mô tả trước đây. Tất cả ba loại mực có tính cơ học vượt trội. Đã có một số trường hợp điện trở tăng cao hơn 10%, nhưng không bị nứt và/hoặc tách lớp. Hình 10 minh họa độ phân giải dòng của các mạch in dẫn điện được làm từ loại mực phân tử bạc NRC-15 (E17). Các dòng được in với độ rộng dòng danh định là 0,0508 mm và khoảng cách là 0,1016 mm.

Ví dụ 2: Mực in gốc đồng

Bis(octylamin) đồng (II) format đã được điều chế bằng cách khuấy 5 g đồng format dihydrat trong 600 mL axetonitril và thêm 13 mL octylamin. Dung dịch đã được trộn lẫn trong 5 giờ, lọc để loại bỏ đồng format không phản ứng và sau đó kết tinh ở -4°C trong 48 giờ. Các tinh thể được thu thập bằng cách lọc và sấy khô dưới chân không trong 5 giờ.

Tris(octylamin) đồng (II) format đã được điều chế theo cách thức tương tự như bis(octylamin) đồng (II) format ngoại trừ việc 18 mL octylamin được thêm vào cho mỗi 5g đồng (II) format.

Bis(2-etyl-1-hexylamin) đồng (II) format đã được điều chế bằng cách khuấy 5 g đồng format dihydrat trong 600 mL heptan và thêm 13 mL 2-etyl-1-hexylamin. Dung dịch đã được trộn lẫn trong 5 giờ, lọc để loại bỏ đồng format không phản ứng và sau đó kết tinh ở -4°C trong 48 giờ. Các tinh thể được thu thập bằng cách lọc và sấy khô dưới chân không trong 5 giờ.

Các dung dịch của etyl xenluloza có khối lượng phân tử khác nhau đã được điều chế bằng cách hòa tan 10% (g/g) etyl xenluloza trong anisol. Khối lượng trung bình khối lượng phân tử (M_w) của etyl xenluloza từ khoảng 38.000 g/mol đến khoảng 96.000 g/mol. Các loại mực có cùng % theo khối lượng với etyl xenluloza đã được điều chế bằng cách trộn 0,15 g dung dịch etyl xenluloza 10% với 1,08 g tris(octylamin) đồng (II) format. Mực đồng bao gồm 72% theo khối lượng phức chất đồng format, 1,0% theo khối lượng khối lượng etyl xenluloza và 27% theo khối lượng. Hỗn hợp được đồng nhất bằng cách khuấy đều trong 8 phút. Các loại mực được in trên nền Melinex™ (PET) tạo thành các mạch in với các kích thước 7 cm x 1 mm hoặc 1 cm x 1 cm vuông (Phương pháp 2). Các loại mực được thiêu kết nhiệt dưới nitơ bằng cách nung nóng tới 150°C và giữ ở nhiệt độ này trong 3 phút.

Các giá trị điện trở suất của các lớp đồng được xác định trên các hình vuông 1 cm x 1 cm trong khi thử nghiệm ASTM về tính dẻo (ASTM F1683-02) được thực hiện trên mạch in dài 7 cm. Tham chiếu đến Hình 2A, giá trị điện trở suất ban đầu giảm đáng kể với sự gia tăng khối lượng phân tử etyl xenluloza, và sau đó bắt đầu tăng khối lượng phân tử lên nhiều. Tham chiếu đến Hình 2B, một mẫu tương tự với sự thay đổi trong điện trở dưới thử nghiệm tính dẻo. Các dữ liệu chỉ ra rằng phạm vi tối đa một phân tử trung bình (M_w) là khoảng từ 70.000 g/mol đến 90.000 g/mol.

Trong một thí nghiệm khác, điện trở suất của các mạch in làm từ một số loại mực amin đồng (II) format được so sánh. Các loại mực đã được tạo ra mà không cần chất kết dính trong anisol và mạch in được in sử dụng phương pháp 2. Tham chiếu đến Hình 3, mạch in làm từ bis(2-etyl-1-hexylamin) đồng (II) format, bis(octylamin) đồng (II) format và tris(octylamin) đồng (II) format có điện trở suất ít hơn đáng kể và rõ rệt so với các mạch in từ phức hợp amin đồng (II) format khác, thậm chí gần như phức hóa có liên quan. Những mạch in làm từ bis(2-etyl-1-hexylamin) đồng (II) format (EtHex2) nói riêng có điện trở suất thấp hơn 4-5 lần so với bis (hexylamin) đồng (II) format (EtHex2), và thấp hơn 2 -3 lần so với các mạch in làm từ các phức chất octylamin (Octyl2 và Octyl3a).

Tài liệu tham khảo: Các nội dung của toàn bộ mỗi tài liệu tham khảo được kết hợp bằng cách viện dẫn.

Choi Y-H, Lee J, Kim SJ, Yeon D-H, Byun Y. (2012) *Journal of Materials Chemistry*. 22, 3624-3631.

Dearden AL, Smith PJ, Shin DY, Reis N, Derby B, O'Brien P. (2005) *Macromol. Rapid Commun*. 26, 315-318.

Jahn SF, Jakob A, Blaudeck T, Schmidt P, Lang H, Baumann RR. (2010) *Thin Solid Films*. 518, 3218-3222.

Kim SJ, Lee J, Choi Y-H, Yeon D-H, Byun Y. (2012) *Thin Solid Films*. 520, 2731-2734.

Shin DY, Jung M, Chun S. (2012) *Journal of Materials Chemistry* 22, 11755-11764.

Yabuki A, Arriffin N, Yanase M. (2011) *Thin Solid Films*. 519, 6530-6533.

Yakubi A, Tanaka S. (2012) *Materials Research Bulletin*. 47, 4107-4111.

US 7.115.218 – Kydd và đồng tác giả. Công bố ngày 03/10/2006.

US 7.629.017 – Kodas và đồng tác giả. Công bố ngày 08/12/2009.

US 7.683.107 – Yang. Công bố ngày 223/10/2006.

US 7.691.664 – Kodas và đồng tác giả. Công bố ngày 06/04/2010

US 7.976.737 – Heo và đồng tác giả. Công bố ngày 12/07/2011.

US 2011/111138 – McCullough và đồng tác giả. Công bố ngày 12/05/2011.

US 2012/0104330 – Choi và đồng tác giả. Công bố ngày 03/05/2012.

US 2013/0156971 – McCullough và đồng tác giả. Công bố ngày 20/06/2013.

US 2013/0121872 – Matsumoto. Công bố ngày 16/05/2013.

WO 2010/032937 – Nam và đồng tác giả. Công bố ngày 25/03/2010.

WO 2012/144610 – Marina và đồng tác giả. Công bố ngày 26/10/2012.

WO 2012/014933 - Matsumoto. Công bố ngày 02/02/2012.

Các dấu hiệu của sáng chế sẽ trở nên rõ ràng với những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực khi kiểm tra các mô tả. Tuy nhiên, nên hiểu rằng phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ không bị giới hạn trong những phương án cụ thể, mà cần phải hiểu theo cách bao quát nhất phù hợp với cách diễn tả của những điểm yêu cầu bảo hộ và các đặc điểm kỹ thuật một cách tổng thể.

Yêu cầu bảo hộ

1. Mục phân tử bao gồm chế phẩm không vảy có thể in được chứa từ 30% đến 60% theo khối lượng của bạc cacboxylat C_8-C_{12} , từ 0,1% đến 10% theo khối lượng chất kết dính polyme etyl xenluloza có khối lượng phân tử trung bình khối trung bình (M_w) trong khoảng từ 35.000 g/mol đến 100.000 g/mol và lượng còn lại gồm ít nhất một dung môi hữu cơ, tất cả khối lượng dựa trên tổng khối lượng của chế phẩm.

2. Mục phân tử theo điểm 1, trong đó lượng bạc cacboxylat chiếm từ 45% đến 55% theo khối lượng.

3. Mục phân tử theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 2, trong đó lượng bạc cacboxylat là bạc neodecanoat.

4. Mục phân tử bao gồm chế phẩm không vảy có thể in được chứa từ 5% đến 75% theo khối lượng bis(2-etyl-1-hexylamin) đồng (II) format, bis(octylamin) đồng (II) format hoặc tris(octylamin) đồng (II) format, từ 0,25% đến 10% chất kết dính polyme etyl xenluloza có khối lượng phân tử trung bình khối trung bình (M_w) trong khoảng từ 35.000 g/mol đến 100.000 g/mol và lượng còn lại gồm ít nhất một dung môi hữu cơ, tất cả khối lượng dựa trên tổng khối lượng của chế phẩm.

5. Mục phân tử theo điểm 4, trong đó bis(2-etyl-1-hexylamin) đồng (II) format, bis(octylamin) đồng (II) format hoặc tris(octylamin) đồng (II) format chiếm từ 65% đến 75% theo khối lượng.

6. Mục phân tử theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó chế phẩm bao gồm từ 0,25% đến 10% theo khối lượng các chất kết dính.

7. Mục phân tử theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó chế phẩm bao gồm từ 2,5% đến 5% theo khối lượng các chất kết dính.

8. Mục phân tử theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, trong đó các chất kết dính bao gồm etyl xenluloza, polypyrolidon, epoxy, nhựa phenolic, các acrylic, uretan, silicon, rượu styren alyl, cacbonat polyalkylen, axetal polyvinyl, polyeste, polyuretan, polyolefin, các chất dẻo flo, chất đàn hồi flo, chất đàn hồi nhiệt dẻo hoặc bất kỳ hỗn hợp nào của chúng.

9. Mục phân tử theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8, trong đó etyl xenluloza bao gồm hỗn hợp của etyl xenluloza có khối lượng phân tử khác nhau.

10. Mục phân tử theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9, trong đó etyl xenluloza có khối lượng phân tử trung bình khối trung bình nằm trong khoảng từ 60.000 g/mol đến 95.000 g/mol.

11. Mục phân tử theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 10, trong đó etyl xenluloza bao gồm hỗn hợp của etyl xenluloza gồm etyl xenluloza thứ nhất có khối lượng phân tử trung bình khối trung bình nằm trong khoảng từ 60.000 g/mol đến 70.000 g/mol và etyl

xenluloza thứ hai có khối lượng phân tử trung bình khối trung bình nằm trong khoảng từ 90.000 g/mol đến 100.000 g/mol.

12. Mục phân tử theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 11, trong đó các chất kết dính còn bao gồm thêm một hoặc nhiều polyme khác với etyl xenluloza.

13. Mục phân tử theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 12, trong đó dung môi bao gồm dung môi hữu cơ thơm.

14. Mục phân tử theo điểm 13, trong đó dung môi hữu cơ thơm bao gồm benzen, toluen, etylbenzen, các xylen, clobenzen, benzyl ete, anisol, benzonitril, pyridin, diethylbenzen, propylbenzen, cumen, isobutylbenzen, *p*-xylen, tetralin, các trimetylbenzen, tốt hơn là mesitylen, đuren, *p*-cumen hoặc bất kỳ hỗn hợp nào của chúng.

15. Mục phân tử theo điểm 13, trong đó dung môi hữu cơ thơm bao gồm toluen, xylen, anisol, diethylbenzen hoặc bất kỳ hỗn hợp nào của chúng.

16. Mục phân tử theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 13 đến 15, trong đó dung môi còn bao gồm thêm dung môi hữu cơ không thơm chiếm khoảng 75% theo khối lượng hoặc ít hơn dựa trên khối lượng của dung môi.

17. Mục phân tử theo điểm 16, trong đó dung môi hữu cơ không thơm bao gồm terpeneol hoặc octanol và ít nhất một dung môi thơm bao gồm xylen.

18. Mục phân tử theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 12, trong đó dung môi bao gồm dung môi hữu cơ không thơm.

19. Mục phân tử theo điểm 18, trong đó dung môi hữu cơ không thơm bao gồm terpeneol, α -terpinen, γ -terpinen, terpinolen, limonen, pinen, caren, metylxyclohexanol, octanol, heptanol hoặc bất kỳ hỗn hợp nào của chúng.

20. Mục phân tử theo điểm 18, trong đó dung môi hữu cơ không thơm bao gồm terpeneol, α -terpinen, 2-metylxyclohexanol, 1-octanol hoặc bất kỳ hỗn hợp nào của chúng.

21. Mục phân tử theo điểm 18, trong đó dung môi hữu cơ không thơm bao gồm γ -terpinen và 1-octanol.

22. Mục phân tử theo điểm 18, trong đó dung môi hữu cơ không thơm bao gồm 2-metylxyclohexanol.

23. Mục phân tử theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 12, trong đó dung môi bao gồm diethylbenzen và 1-octanol.

24. Mục phân tử theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 23, trong đó mục phân tử này có độ nhớt là 1,5 Pa.s (1500 cP) hoặc lớn hơn.

25. Mục phân tử theo điểm 1, trong đó chế phẩm bao gồm từ 45% đến 55% bạc neodecanoat; 2,5% đến 5% theo khối lượng hỗn hợp của etyl xenluloza thứ nhất có khối lượng phân tử trung bình khối trung bình nằm trong khoảng từ 60.000 g/mol đến 70.000

g/mol và etyl xenluloza thứ hai có khối lượng phân tử trung bình khối trung bình nằm trong khoảng từ 90.000 g/mol đến 100.000 g/mol; và, phần còn lại là dung môi hữu cơ bao gồm hỗn hợp của ít nhất một dung môi thơm và terpeneol, tất cả khối lượng dựa trên tổng khối lượng của chế phẩm.

26. Mục phân tử theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 25, trong đó mục này có thể in lưới.

27. Mục phân tử theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ điểm 1 đến điểm 25, trong đó mục này có thể in phun.

28. Quy trình sản xuất mạch in dẫn điện kim loại trên nền, bao gồm bước in loại mực như được xác định theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 27 lên trên nền để tạo thành các mạch in mực trên nền và thiêu kết các mạch in mực trên nền để hình thành các mạch in kim loại dẫn điện.

29. Quy trình theo điểm 28, trong đó sự thiêu kết được thực hiện bằng cách nung nóng.

30. Quy trình theo điểm 29, trong đó sự nung nóng được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 125°C đến 250°C.

31. Quy trình theo điểm 28, trong đó sự thiêu kết được thực hiện bằng cách thiêu kết quang tử.

32. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 28 đến 31, trong đó sự thiêu kết được thực hiện trong khoảng thời gian từ 1 đến 15 phút.

33. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 28 đến 32, trong đó kỹ thuật in là in lưới.

34. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 28 đến 32, trong đó kỹ thuật in là in phun.

35. Nền in bao gồm một mạch in dẫn điện được sản xuất bằng quy trình xác định theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 28 đến 34.

36. Nền theo điểm 35, trong đó, các mạch in dẫn điện có độ dày 1 μm hoặc ít hơn.

37. Nền theo điểm 36, trong đó, các mạch in dẫn điện có độ dày nằm trong khoảng từ 0,4 μm đến 1 μm .

38. Nền theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 35 đến 37, trong đó nền này bao gồm polyetylen terephtalat (PET), polyolefin, polydimetylsiloxan (PDMS), polystyren, polycarbonat, polyimit, màng silicon, vải dệt, giấy, thủy tinh, kim loại hay lớp điện môi.

39. Nền theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 35 đến 37, trong đó nền này bao gồm polyimit.

40. Nền theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 35 đến 39, trong đó nền này dẻo.

41. Nền theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 35 đến 40, trong đó các mạch in dẫn điện có điện trở tấm là 197 mOhm/sq/mm hoặc ít hơn.

42. Nền theo điểm 41, trong đó các mạch in dẫn điện không phát triển một vết vỡ mạch hở ra trong khoảng thời gian ít nhất là một ngày.

43. Nền theo điểm 41 hoặc 42, trong đó mạch in dẫn điện có thể duy trì điện trở với thay đổi khoảng 10% hoặc ít hơn sau 10 chu kỳ nén cong hoặc 10 chu kỳ uốn căng theo thử nghiệm ASTM F1683-02.

44. Nền theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 41 đến 43, trong đó mạch in dẫn điện có thể duy trì điện trở với thay đổi khoảng 10% hoặc ít hơn sau 1 chu kỳ nén hoặc 1 chu kỳ gấp nếp theo tiêu chuẩn thử nghiệm ASTM F1683-02.

45. Nền theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 35 đến 44, trong đó chất kết dính có độ bền liên kết với mạch in dẫn điện khoảng 1,81 kg (4 pao) hoặc lớn hơn mà không cần bao bọc theo Thử nghiệm lực cắt IPC.

46. Nền theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 35 đến 45, trong đó các mạch in dẫn điện được in lưới.

47. Linh kiện điện tử bao gồm mạch in dẫn điện trên nền được xác định theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 35 đến 46.

48. Linh kiện điện tử theo điểm 47, trong đó linh kiện này bao gồm mạch điện, lõi dẫn điện, cảm biến, ăng ten, tốt hơn là ăng ten RFID, cảm biến tiếp xúc, bóng bán dẫn màng mỏng, điôt, và bao gói thông minh.

49. Linh kiện điện tử theo điểm 47, trong đó linh kiện này bao gồm ăng ten RFID.

50. Linh kiện điện tử theo điểm 47, trong đó linh kiện này bao gồm lõi dẫn điện.

51. Linh kiện điện tử theo điểm 47, trong đó linh kiện này bao gồm điôt.

Tính chất điện của các mạch dẫn điện được làm từ mực phân tử gốc bạc

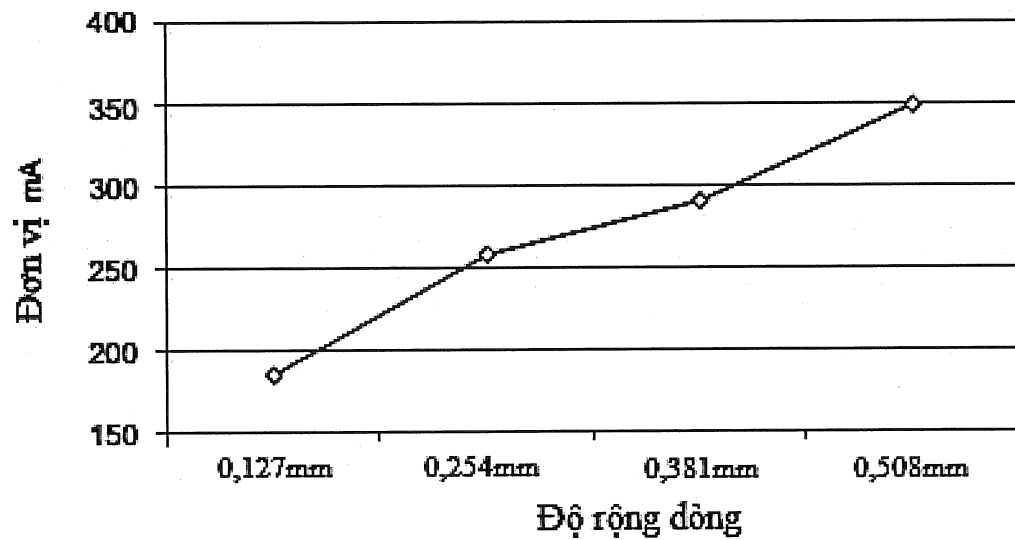
Mẫu	Phân tử khối etyl xenluloza	Nồng độ etyl xenluloza (% trọng lượng)	Dung môi	Điện trở tấm (mΩ/sq)	Độ dày mạch (μm)	Điện trở suất (μΩ•cm)	Điện trở suất mặt (mΩ/sq/mm)
C1	Không	0	Xylen	0,7	3,3	47,6	52,4
E1	~65.000	5	Xylen	1,32	7,42	56,1	115
E2	~65.000	2,5	Xylen	1,24	5,86	47,7	91,7
E3	~65.000	1,25	Xylen	1,24	4,42	35,4	68,1
E4	~65.000	0,25	Xylen	1,08	3,31	30,7	51,6
E5	~96.000	2,5	Xylen			61,1	
E6	~96.000	1,25	Xylen			35,5	
E7	~96.000	0,25	Xylen			38,9	
E8	~96.000	2,5	Toluen	0,67	7,5	117	114
E9	~65.000	5	Xylen:Terpineol (3:1)	2,7	17,4	63,3	
E10	~65.000	5	Xylen:Terpineol (1:1)	1,62	13,1	80,4	
E11	~65.000/ ~96.000 (7:1)	5	Xylen:Terpineol (7:1)	0,62	11,6	202	177

Hình 1A

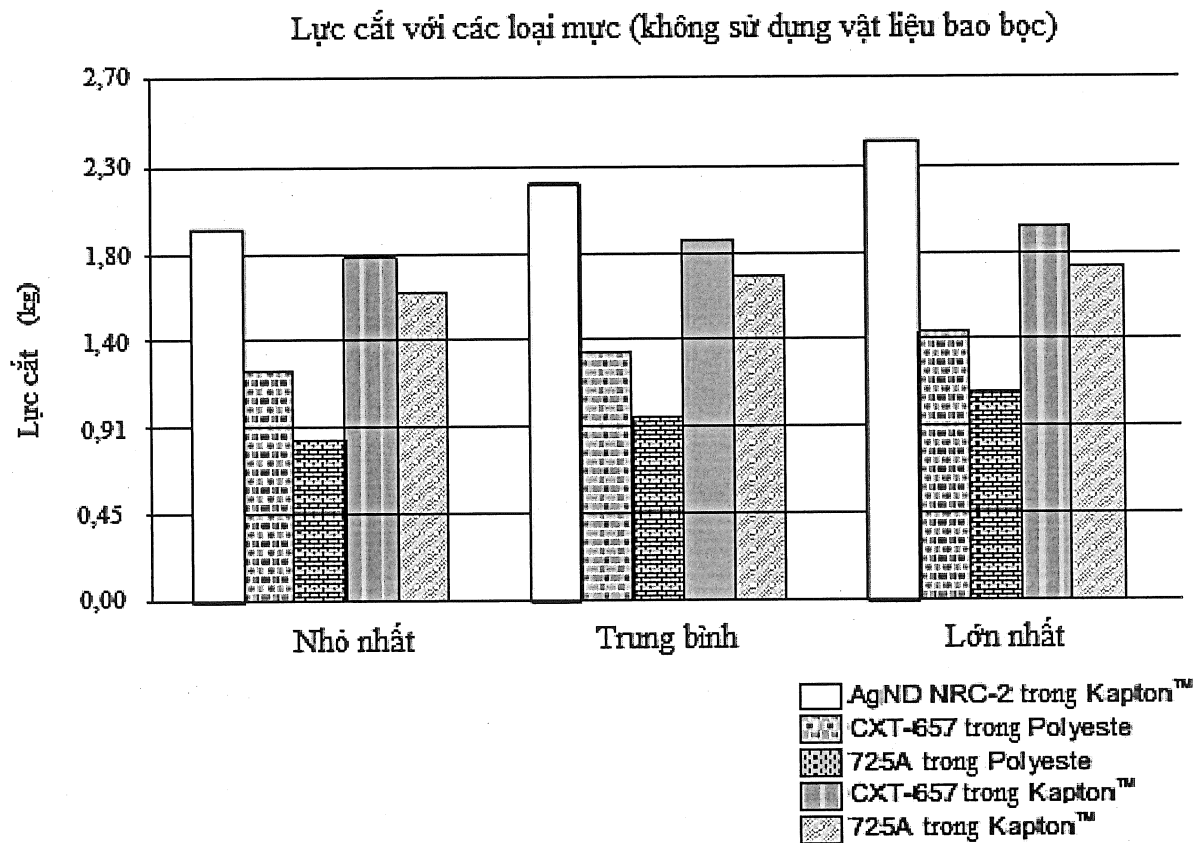
Tính cơ học của các mạch dẫn điện làm từ mực phân tử gốc bạc

Mẫu	Phân tử khối etyl xenluloza	Nồng độ etyl- xenluloza (% trọng lượng)	Dung môi	Độ giãn uốn cong (thay đổi điện trở, %)	Độ giãn uốn cong (thay đổi điện trở, %)	Độ giãn uốn cong (thay đổi điện trở, %)	Độ giãn uốn cong (thay đổi điện trở, %)
C1	0	0	Xylen	< 10%	< 10%	< 10%	THẤT BẠI
				< 10%	< 10%	< 10%	THẤT BẠI
				< 10%	< 10%	< 10%	THẤT BẠI
E1	~65.000	5	Xylen	< 10%	< 10%	> 10%	> 20%
				< 10%	< 10%	< 10%	< 10%
				< 10%	< 10%	> 10%	> 40%
E2	~65.000	2,5	Xylen	< 10%	< 10%	< 10%	THẤT BẠI
				< 10%	< 10%	< 10%	THẤT BẠI
E3	~65.000	1,25	Xylen	< 10%	< 10%	THẤT BẠI	THẤT BẠI
				< 10%	< 10%	THẤT BẠI	THẤT BẠI
E4	~65.000	0,25	Xylen	< 10%	< 10%	< 10%	THẤT BẠI
				< 10%	< 10%	> 10%	THẤT BẠI
E5	~96.000	2,5	Xylen	< 10%	< 10%	THẤT BẠI	THẤT BẠI
				< 10%	< 10%	THẤT BẠI	THẤT BẠI
				< 10%	< 10%	THẤT BẠI	THẤT BẠI
				< 10%	< 10%	THẤT BẠI	THẤT BẠI
E6	~96.000	1,25	Xylen	< 10%	THẤT BẠI	THẤT BẠI	THẤT BẠI
				< 10%	> 10%	THẤT BẠI	THẤT BẠI
				< 10%	< 10%	THẤT BẠI	THẤT BẠI
E7	~96.000	0,25	Xylen	< 10%	> 10%	THẤT BẠI	THẤT BẠI
				< 10%	> 10%	THẤT BẠI	THẤT BẠI
				< 10%	> 10%	THẤT BẠI	THẤT BẠI
E8	~96.000	2,5	Toluen	< 10%	< 10%	< 10%	> 10%
				< 10%	< 10%	< 10%	> 100%
				< 10%	< 10%	< 10%	> 100%
E9	~65.000	5	Xylen:Terpineol (3:1)	< 10%	< 10%	< 10%	THẤT BẠI
				< 10%	< 10%	> 10%	THẤT BẠI
				< 10%	< 10%	> 20%	THẤT BẠI
E10	~65.000	5	Xylen:Terpineol (1:1)	< 10%	< 10%	> 10%	> 50%
				< 10%	< 10%	< 10%	> 100%
				< 10%	< 10%	> 40%	> 50%
E11	~65.000/ ~96.000 (7:1)	5	Xylen:Terpineol (7:1)	< 10%	-	-	-
				< 10%	-	-	-
				< 10%	-	-	-
				< 10%	< 10%	-	-
				< 10%	< 10%	-	-
				< 10%	< 10%	-	-
				< 10%	-	< 10%	-
				< 10%	-	< 10%	-
				< 10%	-	< 10%	-
				< 10%	-	-	< 10%
				< 10%	-	-	< 10%
				< 10%	-	-	< 10%

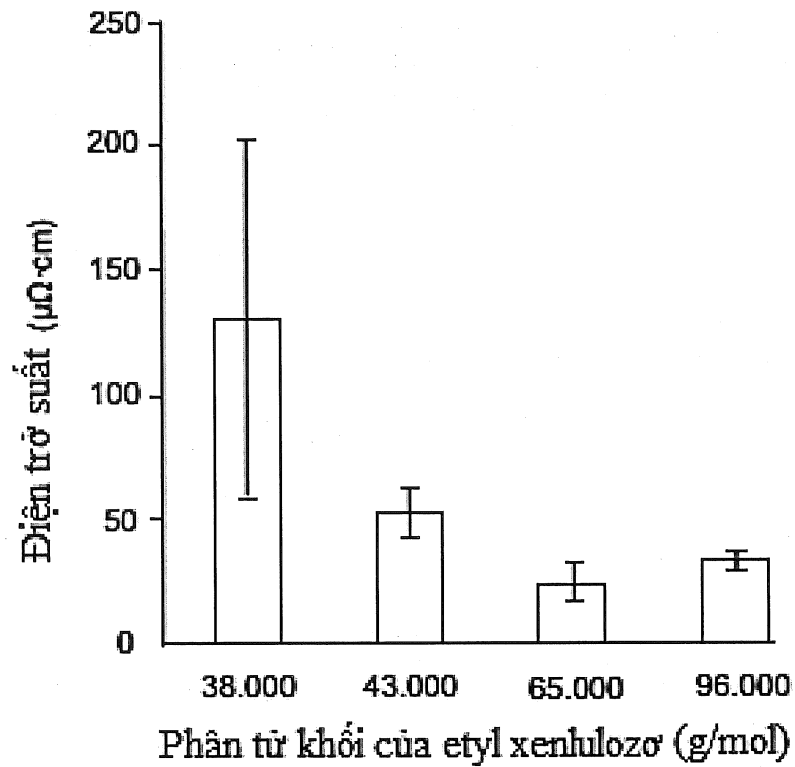
Hình 1B



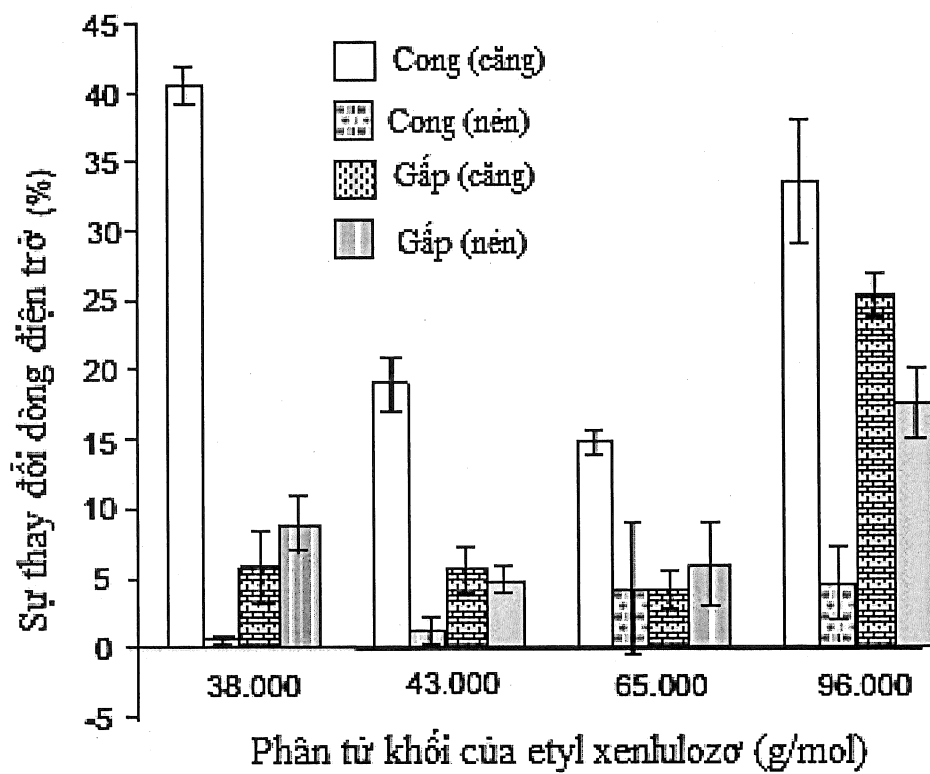
Hình 1C



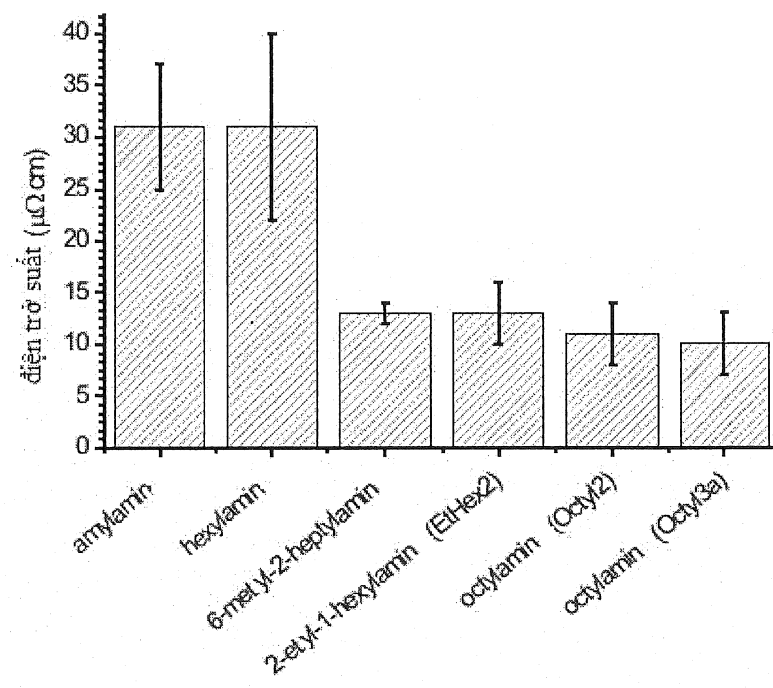
Hình 1D



Hình 2A



Hình 2B



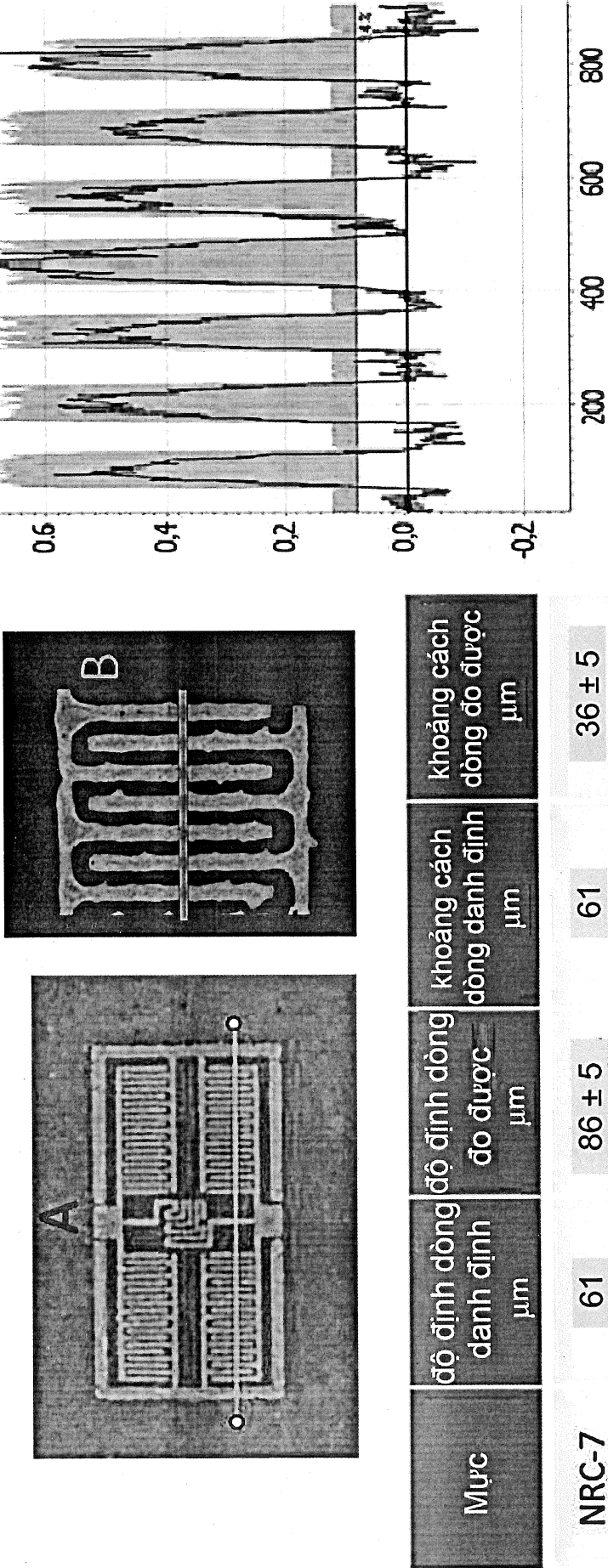
Hình 3

Tính chất của mạch in dẫn điện tạo bởi mực phân tử gốc bạc

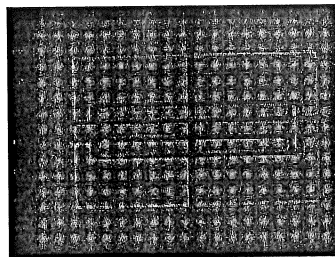
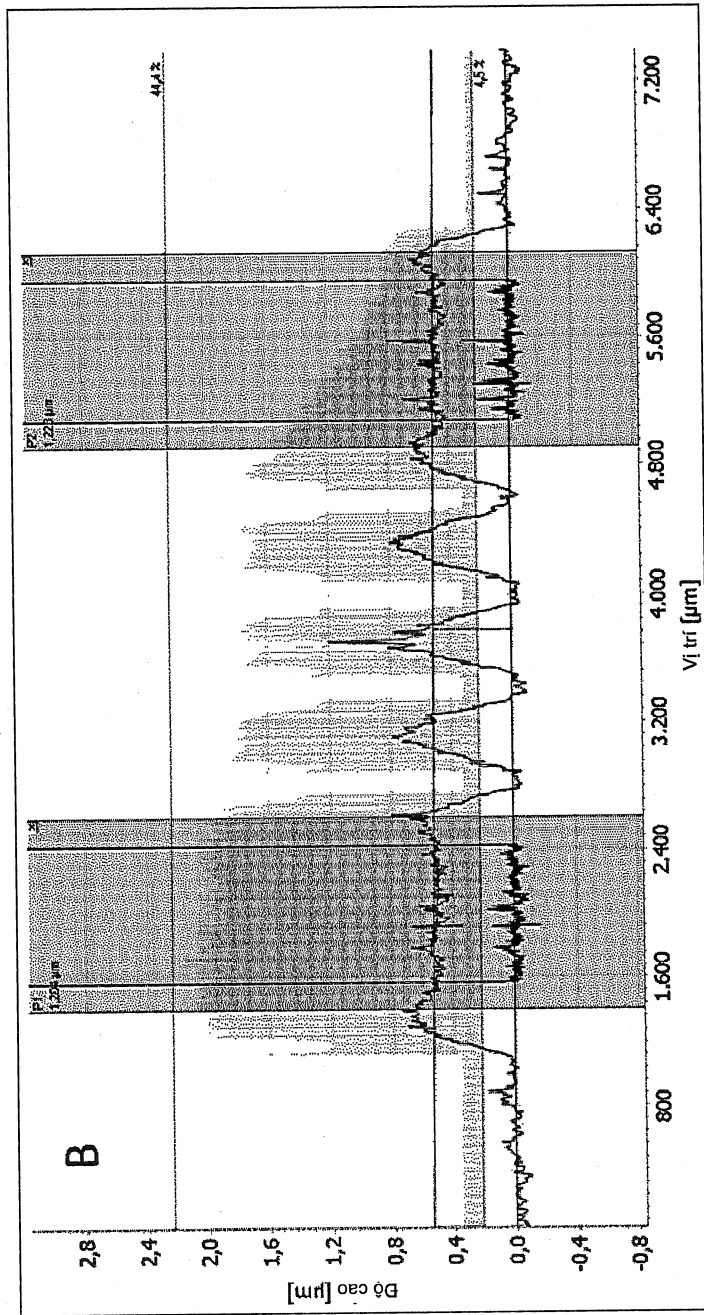
Mức	Thành phần						Điện trở suất tấm (mΩ/sq/mm)	Độ phân giải		Độ dày (μm)	Độ nhám bề mặt				Cơ học		Khả năng in (in chu kỳ trước khi làm mỏng/sạch màn hình được yêu cầu)
	Muối Ag (%)	Etyl xelulozơ (%)	Dung môi 1 (%)	Dung môi 2 (%)	Dung môi 3 (%)			Độ rộng dòng danh định (μm)	Đo được (μm)		R _s	R _q	R _t	R _z	Cong	Gấp	
E11 (NRC-2)	50	5	Xylen (39,5)	Terpineol (5,5)	-		197	51	130 Δ~28	0,48	0,02	0,03	0,31	0,19	R tăng <10%	R tăng <10%	4-6
E12 (NRC-4)	50	3,6	Tetralin (45,4)	-	-		276	51	104 Δ~25	0,42	0,02	0,03	0,36	0,22	R tăng <10%	R tăng <10%	>20
E13 (NRC-5)	50	4	Mesitylen (37)	Tetralin (9)			157	51	94 Δ~20	0,50	0,04	0,06	0,31	0,23	R tăng <10%	R tăng <10%	10-15
E14 (NRC-7)	50	5	Xylen (19,75)	Terpineol (2,75)	Diethyl-benzen (22,5)		197	61	86 Δ~13	0,52	0,03	0,04	0,39	0,24	R tăng <10%	R tăng <10%	10-15
E15 (NRC-16)	50	4	Diethyl-benzen (34,5)	1-octanol (11,5)	-		197	51	86 Δ~18	0,40	0,04	0,05	0,33	0,24	R tăng <10%	R tăng <10%	>20
E16 (NRC-14)	50	5	alpha-terpinen (34,5)	1-octanol (11,5)	-		236	51	109 Δ~30	0,40	0,04	0,05	0,33	0,24	R tăng <10%	R tăng <10%	>20
E17 (NRC-15)	50	5	alpha-terpinen (40)	1-octanol (5)	-		276	51	112 Δ~33	-	-	-	-	-	R tăng <10%	R tăng <10%	>10
E18 (NRC-51)	50	4	2-metyxyl ohexanol (46%)	-	-		117	51	109 Δ~30	-	-	-	-	-	R tăng <10%	R tăng <10%	>20

Hình 4

Ví dụ 14
(NRC-7)



Hình 5



C

Name	All	P1	P2
Rt - Độ cao từ đỉnh đến rãnh (Độ nhám)	0,40 μm	0,36 μm	0,44 μm
Ra - Độ nhám trung bình	0,03 μm	0,03 μm	0,03 μm
Rq - Độ nhám RMS	0,04 μm	0,04 μm	0,05 μm
Rz - Chiều sâu độ nhám	0,25 μm	0,21 μm	0,29 μm
Độ cao Đ	0,51 μm	0,53 μm	0,50 μm

Linear Profile

Height: 10
Datapoints: 10
Return Absol: Yes
Weighted Cur: Yes
Weighting Fa: 1.000
Height p: 1
Calculation: Reference
Mode: All data points
Data Points: 50
Single Cursor: No
Subfeature Line

Hình 6

Loại mục	Nền	Độ dày mạch (μm)	Độ dày danh định mạch (μm)	Điện trở suất ($\text{m}\Omega/\text{sqr}/\text{mm}$)	Thử nghiệm uốn cong ASTM (R tăng theo %)	Thử nghiệm gấp nếp ASTM (R tăng theo %)	Cường độ hiện tại (mA)	Bạc tích hợp ASTM
NRC-2	Polyimit	0,6-0,9	127	150	2,2	0,56	186	ĐẠT
			254	147	1,5	0,69	259	
Henkel 725A	PET	12-16	127	669	0,39	0,36	161	ĐẠT
			254	472	0,54	0,82	225	
Henkel 725A	Polyimit	12-16	127	906	0,9	3,21	598	ĐẠT
			254	906	1,65	3,25	523	

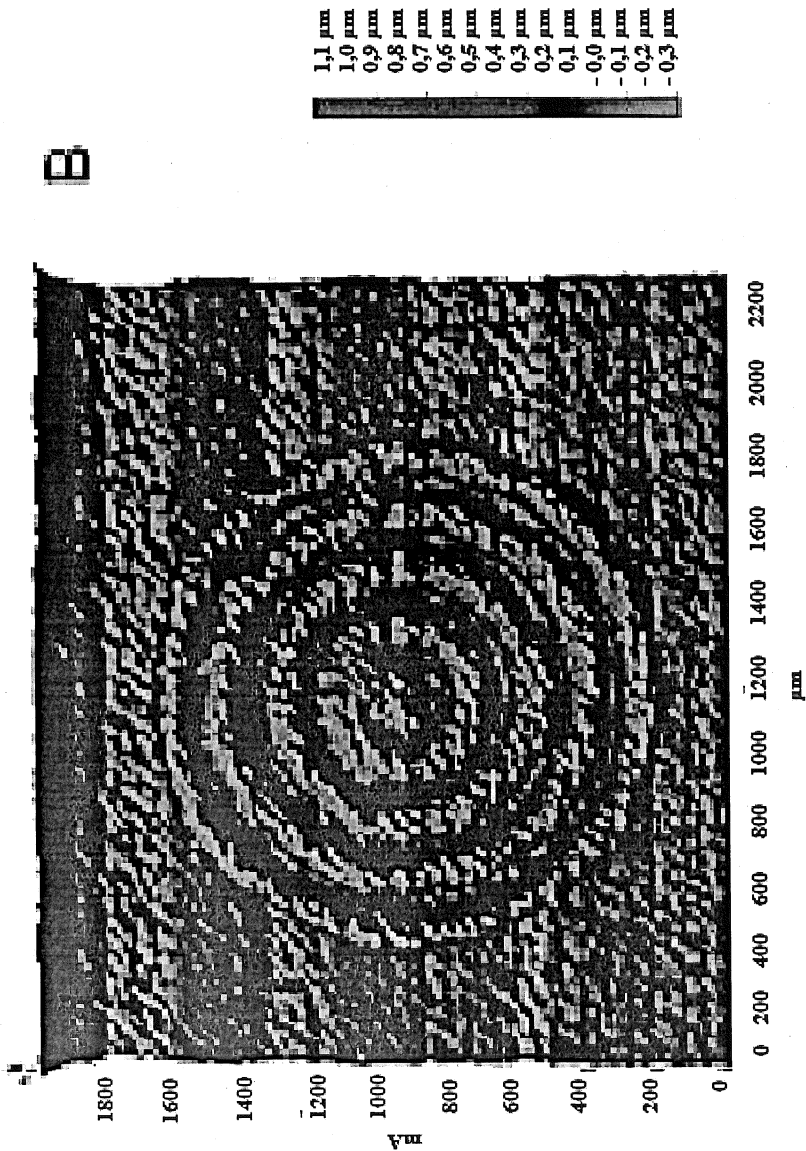
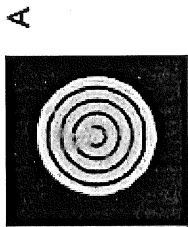
Hình 7

Độ rộng dòng danh định (μm)	51	76	127	254	381	508
Ω	329	244	175	106	80	63
Chiều dài (μm)	1,00E+05	1,00E+05	1,00E+05	1,00E+05	1,00E+05	1,00E+05
Độ rộng dòng (μm)	168	182	230	340	483	597
Δ (μm)	58,4	52,8	51,8	43,2	50,8	44,5
Độ rộng dòng (μm)	167,64	181,86	230,63	340,36	482,60	596,90
Thứ tự của sq	597	550	434	294	207	168
Ω/sq	0,55	0,44	0,40	0,36	0,39	0,38
$\text{m}\Omega/\text{sq}$	552	444	404	361	386	376
Độ dày của dòng (μm)	0,55	0,62	0,90	1,29	1,16	0,88
Độ dày (μm)	0,56	0,61	0,89	1,3	1,2	0,89
Điện trở suất mặt $\text{m}\Omega/\text{sqr}/\text{mm}$	470,1	426,4	560,0	721,3	694,1	513,0
Điện trở suất ($\text{m}\Omega\cdot\text{cm}$)	30,3	27,5	36,3	46,5	44,8	33,1

Hình 8

Độ rộng dòng danh định (μm)	254	381	508
Ω	110	112	63
Chiều dài (μm)	1,00E+05	1,00E+05	1,00E+05
Độ rộng dòng (μm)	345,4	303,0	594,4
Δ (μm)	45,7	-39,1	43,2
Độ rộng dòng (μm)	345,44	303,02	594,36
Thứ tự của sq	289	330	168
Ω/sq	0,38	0,34	0,37
$\text{m}\Omega/\text{sq}$	380	339	374
Độ dày của dòng (μm)	1,29	1,16	0,88
Độ dày (μm)	2,0	1,2	0,89
Điện trở suất mặt $\text{m}\Omega/\text{sqr}/\text{mm}$	760	610	512
Điện trở suất ($\text{m}\Omega\cdot\text{cm}$)	49,0	39,4	33,0

Hình 9



C

E17 (NRC-15)		
	Độ rộng dòng (μm)	Khoảng cách dòng (μm)
Danh định	50,8	101,6
Đo được	116,84	35,56
Δ (khác biệt giữa độ rộng dòng định danh và độ rộng dòng đo được)	33,02	-

Hình 10