



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0036576

(51)⁷ C09D 11/30; C09D 11/52; B22F 1/00; (13) B
B82Y 40/00

(21) 1-2019-02289

(22) 03/05/2019

(45) 25/08/2023 425

(43) 25/11/2020 392A

(73) Viện Công nghệ Nano (INT) - Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh (VN)
Khu phố 6, phường Linh Trung, quận Thủ Đức, thành phố Hồ Chí Minh

(72) Đặng Mậu Chiến (VN); Đặng Thị Mỹ Dung (VN); Trần Kim Hương (VN).

(54) QUY TRÌNH ĐIỀU CHẾ MỰC IN PHUN NANO KIM LOẠI BẠC (AG) DẪN ĐIỆN, VÀ MỰC IN PHUN NANO KIM LOẠI BẠC (AG) DẪN ĐIỆN ĐƯỢC ĐIỀU CHẾ BẰNG QUY TRÌNH NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến quy trình điều chế mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện bao gồm các bước: i) chuẩn bị các nguyên liệu; ii) điều chế dung dịch keo nano bạc (Ag) bằng cách cho các nguyên liệu vào cốc thủy tinh, sau đó khuấy trộn đều hỗn hợp bằng thiết bị thanh rung siêu âm, thu được dung dịch keo nano bạc, tiếp theo cho dung dịch keo nano bạc vào máy siêu ly tâm, bổ sung nước khử ion và dung môi axeton, thực hiện ly tâm để thu được hạt nano bạc dưới đáy ống ly tâm; và iii) điều chế mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện bằng cách phân tán hạt nano bạc trong hỗn hợp các dung môi theo công thức cải tiến. Mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện được điều chế bằng quy trình theo sáng chế chứa các thành phần theo tỉ lệ % khối lượng như sau: nano bạc 20%; nước khử ion 18,2%; etanol 18,37%; etylen glycol 2,22%; isopropanol 3,92%; 2-isopropoxyetanol 0,15%; etyl glycolat 0,18%; etyl format 0,76%; etyl axetat 0,38%; dietyloxalat 0,09%; 2-metyl-1,3-dioxalan 0,07%; axeton 1,30%; glyxerin 34,36%. Sản phẩm mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện theo sáng chế có tính ổn định và độ bám dính vào các đế được cải thiện, có thể sản xuất với lượng đủ lớn và tinh sạch hơn để cung cấp cho thị trường, phù hợp để ứng dụng trong các thiết bị in phun chuyên dụng dùng trong công nghệ sản xuất các vi mạch điện tử.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế thuộc các lĩnh vực khoa học - công nghệ vật liệu nano và công nghệ in phun, cụ thể là, sáng chế đề cập đến quy trình điều chế mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện, và mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện được điều chế bằng quy trình này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Đã biết, trên thị trường có nhiều mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện của các nhà cung cấp khác nhau từ nước ngoài như Cabot, NovaCentrix, Sun Chemical, Cima Nanotech, v.v... Tuy nhiên, các loại mực in phun này còn có nhiều hạn chế chung như: giá thành cao (khoảng 45-50 triệu VNĐ/100 ml), khó điều chỉnh được nồng độ hạt nano bạc (Ag), độ nhớt và sức căng bề mặt của mực in phun cho phù hợp với từng loại thiết bị in vì người sử dụng không nắm bắt được cụ thể các thành phần trong mực in thương mại.

Ngoài ra, mỗi loại mực in phun dẫn điện của từng nhà cung cấp có những hạn chế riêng như:

- thời hạn sử dụng của mực in phun còn hạn chế (chỉ từ 3-6 tháng) và tính chất của mực in không ổn định do trong quá trình vận chuyển có sự tác động bên ngoài làm ảnh hưởng đến tính chất của mực in phun, đồng thời khả năng tái sử dụng không tốt (mực in của hãng Sun Chemical);
- có độ nhớt khá thấp (4 mPa.s) nên mực in bị chảy ra từ các vòi phun, do đó không thể in phun được trên máy in phun chuyên dụng (mực in hãng NovaCentrix);
- mực in phun dẫn điện có độ ổn định thấp làm cho các hạt bạc dẫn điện dễ bị kết tụ, làm tắc vòi phun, do đó cũng không thể sử dụng cho máy in phun chuyên dụng (mực in từ hãng Cima Nanotech).

Cũng đã biết, đơn đăng ký sáng chế 1-2014-02979 (cùng nhóm tác giả) nộp ngày 08/09/2014 đã đề xuất "Quy trình sản xuất mực in phun nano dẫn điện trên cơ sở hạt nano bạc và mực in phun nano được sản xuất theo quy trình này" và cho ra loại

mực in phun nano bạc dẫn điện được điều chế theo quy trình này, chứa các thành phần theo tỉ lệ % khối lượng bao gồm nano bạc 20%; nước khử ion 31%; etanol 12%; etylen glycol 1,5%; glyxerin 15%; 2-isopropoxy etanol 1,5%; etyl axetat 15,6%; SDS (natri dodecyl sulfat) 0,3%; etyl glycolat 0,05%; etyl format 0,05%. Tuy nhiên, loại mực in phun trên cơ sở các hạt nano bạc này vẫn còn những hạn chế như: chất lượng chưa thật ổn định (có thể do bị nhiễm bẩn trong các bước điều chế), độ bám dính trên các loại đế như kính, silic, kapton, giấy, polyme còn hạn chế (cần phải có sự điều chỉnh thành phần dung môi) và mẻ liệu nhỏ (do sử dụng thiết bị ly tâm nhỏ) nên khó điều chế được mực in phun nano bạc với lượng đủ lớn để đưa sản phẩm ra thị trường.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, mục đích của sáng chế là nhằm điều chế ra loại mực in phun nano kim loại bạc dẫn điện mà có thể khắc phục được những hạn chế của các loại mực in phun nano kim loại bạc dẫn điện đã nêu trên.

Để đạt được mục đích này, sáng chế đề xuất quy trình điều chế mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện có các dấu hiệu kỹ thuật khác biệt được cải tiến so với quy trình đã được đề xuất tại đơn đăng ký sáng chế 1-2014-02979, như sau: i) công thức điều chế mới, cụ thể là bổ sung thêm bốn thành phần dung môi mới vào hỗn hợp dung môi là isopropanol, dietyloxalat, 2-metyl-1,3-dioxalan, axeton (đồng thời rút SDS khỏi công thức cũ) và thay đổi nồng độ các thành phần, nhằm cải thiện độ bám dính của mực in trên các loại đế bằng các vật liệu khác nhau như kính, silic, kapton, polyme, giấy và PCB; ii) chuẩn hóa các thông số công nghệ khuấy siêu âm ở khâu điều chế dung dịch keo nano bạc nhằm tăng tính ổn định; iii) điều chỉnh quy trình công nghệ với mục đích giảm các thao tác và/hoặc hoàn thiện các bước có thể gây nhiễm bẩn cho sản phẩm mực in phun nano được điều chế; iv) trong bước điều chế dung dịch keo nano bạc, sử dụng thiết bị ly tâm có vận tốc vòng quay lớn hơn để thu được các hạt nano bạc nhỏ nhất, và thể tích ống ly tâm lớn hơn nhằm sản xuất mẻ liệu đủ lớn để có thể thương mại hóa sản phẩm.

Theo khía cạnh thứ nhất, sáng chế đề xuất quy trình điều chế mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện, trong đó quy trình này bao gồm các bước:

i) Chuẩn bị nguyên liệu: nguyên liệu để điều chế mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện gồm bạc nitrat (AgNO_3); etylen glycol (EG) 98%; axeton 99%; etanol 99%; glyxerin 98%; 2-isopropoxy etanol 99%; etyl axetat 99,8%; 2-metyl-1,3-

dioxalan; isopropanol 98%; etyl glycolat 98%; etyl format 97%; dietyloxalat; nước khử ion (còn gọi là nước DI -Deionized water); polyvinyl pyrrolidon K15 ($M_w = 10000 \text{ g.mol}^{-1}$).

ii) Điều chế dung dịch keo nano bạc để thu hạt nano bạc (Ag): trước tiên cho polyvinyl pyrrolidon K15 (PVP, $M_w = 10000 \text{ g.mol}^{-1}$) và etylen glycol vào chung một cốc thủy tinh, sau đó trộn đều hỗn hợp bằng thiết bị thanh rung siêu âm rồi để nguội ở nhiệt độ phòng; tiếp đến cho bạc nitrat (AgNO_3) vào hỗn hợp này rồi tiếp tục trộn khuấy bằng thiết bị thanh rung siêu âm như trên để tạo dung dịch keo nano bạc và để nguội ở nhiệt độ phòng. Tiếp theo, cho dung dịch keo nano bạc vào các ống ly tâm của thiết bị siêu ly tâm và bổ sung dung môi axeton với tỷ lệ 1:3 theo thể tích, rồi thực hiện ly tâm; khi đó hạt nano bạc sẽ lắng xuống đáy ống nhưng vẫn còn dính polyvinyl pyrrolidon K15 (PVP, $M_w = 10000 \text{ g.mol}^{-1}$) dư thừa nên phải tiến hành rửa sạch bằng cách dùng nước khử ion (nước DI) và axeton với tỷ lệ 1:3 theo thể tích và tiếp tục ly tâm, sau đó thu được hạt nano bạc lắng dưới đáy ống ly tâm.

iii) Phân tán hạt nano bạc trong dung môi thích hợp để thu được mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện: hạt nano kim loại bạc sau khi ly tâm sẽ lắng dưới đáy ống ly tâm như đã nêu trên, có thể thu và cho vào cốc chứa thủy tinh và cho vào đây nước khử ion, rồi lần lượt các dung môi hữu cơ gồm etanol, etylen glycol, isopropanol, 2-isopropoxyetanol, etyl glycolat, etyl format, etyl axetat, dietyloxalat, 2-metyl-1,3-dioxalan, axeton và glyxerin được cho vào và trộn đều lần lượt từng dung môi bằng máy trộn lắc (không sử dụng cá từ để hạn chế nhiễm bẩn), để các hạt nano bạc phân tán đều trong hỗn hợp dung môi hữu cơ và thu được mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện.

Theo khía cạnh thứ hai, sáng chế đề xuất mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện được điều chế bằng quy trình theo sáng chế, trong đó mực in phun nano này chứa các thành phần theo tỉ lệ % khối lượng như sau:

nano bạc:	20%
nước khử ion:	18,2%
etanol:	18,37%
etylen glycol:	2,22%
isopropanol:	3,92%

2-isopropoxyetanol:	0,15%
etyl glycolat:	0,18%
etyl format:	0,76%
etyl axetat:	0,38%
dietyloxalat:	0,09%
2-metyl-1,3-dioxalan:	0,07%
axeton:	1,30%
glyxerin:	34,36%.

Mô tả vắn tắt hình vẽ

Hình 1 là sơ đồ quy trình điều chế mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện theo sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Như đã trình bày ở trên, mục đích của sáng chế là điều chế loại mực in phun nano bạc dẫn điện có thể khắc phục được những hạn chế của các loại mực in phun nano dẫn điện đã biết. Sau đây, sáng chế được mô tả chi tiết hơn thông qua các phương án thực hiện cụ thể, tuy nhiên, các phương án thực hiện cụ thể này chỉ nhằm làm rõ bản chất của sáng chế chứ không nhằm làm giới hạn phạm vi yêu cầu bảo hộ.

Theo khía cạnh thứ nhất, sáng chế đề cập đến quy trình sản xuất mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện, trong đó quy trình này bao gồm các bước cơ bản: i) chuẩn bị nguyên liệu; ii) điều chế dung dịch keo nano bạc để thu được hạt nano bạc; và iii) phân tán hạt nano bạc trong hỗn hợp dung môi thích hợp để điều chế được mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện.

Bước i): Chuẩn bị nguyên liệu

Nguyên liệu để điều chế mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện bao gồm bạc nitrat (AgNO_3), etylen glycol (EG) 98%, axeton 99%, etanol 99%, glyxerin 98%, 2-isopropoxy etanol 99%, etyl axetat 99,8%, 2-metyl-1,3-dioxalan, isopropanol 98%, etyl glycolat 98%, etyl format 97%, dietyloxalat, nước khử ion, polyvinyl pyrrolidon K15 ($M_w = 10000 \text{ g.mol}^{-1}$).

Bước ii): Điều chế dung dịch keo nano bạc để thu được hạt nano bạc theo công thức sau:

Nguyên vật liệu	Công thức phân tử	Khối lượng phân tử	Phần trăm theo khối lượng (wt%)
Bạc nitrat 98%	AgNO ₃	169,87 g/mol	16,12
Etylen glycol (EG) 98%	C ₂ H ₆ O ₂	62,07 g/mol	80,95
Polyvinyl pyrrolidon K15	(C ₆ H ₉ NO) _n	10000 g/mol	2,93

Để thu được dung dịch keo nano bạc (Ag), trước tiên cho polyvinyl pyrrolidon K15 (PVP, $M_w = 10000 \text{ g.mol}^{-1}$) và etylen glycol vào chung một cốc thủy tinh, sau đó khuấy trộn hỗn hợp bằng thiết bị thanh rung siêu âm VCX 750 của hãng Sonics với công suất 750 W, tần số 20 kHz trong thời gian 1 phút để hỗn hợp tan đều rồi để nguội ở nhiệt độ phòng. Tiếp đến, cho bạc nitrat (AgNO₃) vào hỗn hợp trên rồi tiếp tục khuấy trộn bằng thiết bị thanh rung siêu âm như trên, cũng với công suất 750 W, tần số 20 kHz nhưng trong thời gian lâu hơn, cụ thể là 3 phút 10 giây để tạo dung dịch keo nano bạc và để nguội ở nhiệt độ phòng. Tiếp theo, cho dung dịch keo nano bạc thu được vào các ống ly tâm có thể tích 40 ml của thiết bị siêu ly tâm Hitachi CP80NX (có vận tốc quay tối đa là 80000 vòng/phút và được trang bị 8 ống ly tâm) và bổ sung dung môi axeton với tỷ lệ 1:3 theo thể tích, rồi thực hiện ly tâm với tốc độ tối thiểu là 15000 vòng/phút trong 15 phút; khi đó, hạt nano bạc sẽ lắng xuống đáy ống nhưng vẫn còn dính polyvinyl pyrrolidon K15 (PVP, $M_w = 10000 \text{ g.mol}^{-1}$) dư thừa nên phải tiến hành rửa sạch bằng cách dùng nước khử ion (nước DI) và axeton với tỷ lệ 1:3 theo thể tích và tiếp tục thực hiện ly tâm với tốc độ cao hơn, tối thiểu là 20000 vòng/phút trong thời gian 20 phút, nhờ đó thu được hạt nano bạc (Ag) lắng dưới đáy ống ly tâm.

Bước iii): Phân tán hạt nano bạc trong dung môi thích hợp để thu được mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện theo công thức sau:

Nguyên vật liệu	Công thức phân tử	Khối lượng phân tử	Phần trăm theo khối lượng (wt%)
Nano bạc	Ag	108 g/mol	20
Etylen glycol (EG) 98%	C ₂ H ₆ O ₂	62,07 g/mol	2,22
Axeton 99%	CH ₃ COCH ₃	58,08 g/mol	1,3
Etanol 99%	C ₂ H ₅ OH	46,07 g/mol	18,37
Glyxerin 98%	C ₃ H ₈ O ₃	92,1 g/mol	34,36
2-isopropoxyetanol 99%	C ₅ H ₁₂ O ₂	104,15 g/mol	0,15

Etyl axetat 99,8%	$C_4H_8O_2$	88,11 g/mol	0,38
2-metyl-1,3-dioxalan	$C_4H_8O_2$	58,11 g/mol	0,07
Isopropanol 98%	C_3H_8O	60,10 g/mol	3,92
Etyl glycolat 98%	$C_4H_8O_3$	104,10 g/mol	0,18
Etyl format 97%	$C_3H_6O_2$	74,08 g/mol	0,76
Dietyloxalat	$C_6H_{10}O_4$	146,14 g/mol	0,09
Nước khử ion	H_2O	18,02 g/mol	18,2

Hạt nano kim loại bạc (Ag) sau khi thu được bằng phương pháp ly tâm (lắng dưới đáy ống ly tâm) sẽ được cho vào cốc chứa thủy tinh, tuy nhiên, theo phương án khác, để tránh nhiễm bẩn có thể xảy ra trong quá trình thu hạt nano kim loại bạc (Ag) từ đáy ống ly tâm đưa ra ngoài, có thể sử dụng các ống ly tâm này như là cốc chứa. Thiết bị siêu ly tâm Hitachi CP80NX được trang bị 8 ống ly tâm với thể tích 40 ml cho mỗi ống, sau đó cho thêm nước khử ion, rồi lần lượt cho vào đây các dung môi hữu cơ bao gồm etanol, etylen glycol, isopropanol, 2-isopropoxyetanol, etyl glycolat, etyl format, etyl axetat, dietyloxalat, 2-metyl-1,3-dioxalan, axeton và glyxerin. Tiến hành trộn đều lần lượt từng dung môi bằng thiết bị trộn lắc trong quá trình cho các dung môi vào để các hạt nano bạc phân tán đều trong hỗn hợp dung môi hữu cơ. Đây là thiết bị trộn lắc chuyên dụng, hoạt động theo cơ chế không sử dụng cá từ như các máy khuấy từ thông thường, với mục đích không làm nhiễm bẩn dung dịch mực in phun nano bạc do nhúng cá từ trực tiếp vào dung dịch. Sau đó, thu được mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện chứa các thành phần theo tỉ lệ % khối lượng như sau:

nano bạc:	20%
nước khử ion:	18,2%
etanol:	18,37%
etylen glycol:	2,22%
isopropanol:	3,92%
2-isopropoxyetanol:	0,15%
etyl glycolat:	0,18%
etyl format:	0,76%
etyl axetat:	0,38%

dietyloxalat:	0,09%
2-metyl-1,3-dioxalan:	0,07%
axeton:	1,30%
glyxerin:	34,36%

Nhờ vào thiết bị siêu ly tâm công suất lớn, mực in phun nano kim loại bạc dẫn điện được điều chế với lượng đủ lớn và độ tinh sạch được cải thiện, sản phẩm được chiết rót vào các chai nhựa polyetylen (PE) 100 ml trong môi trường phòng sạch để mực không bị biến tính khi tiếp xúc với nhiệt độ cao và ánh sáng cực tím và được bảo quản ở nhiệt độ từ 5-10°C để tránh tình trạng các dung môi hóa hơi.

Qua khảo sát và đánh giá của bên thứ ba, mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện được điều chế theo sáng chế có kích cỡ hạt nano bạc từ 3-48 nm; độ nhớt ở 30°C là 9,78 mPa.s; sức căng bề mặt ở 20°C đạt 30,5 mN/m; độ lặp lại tốt, lớn hơn 90%; và độ dính bám tốt, đạt các tiêu chuẩn TCVN 2097-1993, TCVN 2097-2015. Mực in phun nano bạc này đã được thử nghiệm và phù hợp tốt với các thiết bị in phun chuyên dụng như Dimatix 2831 (Hoa Kỳ) và Cera Printer X-serie (Pháp).

Bên cạnh đó, để đánh giá khả năng ứng dụng của mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện điều chế được, chúng tôi đã gửi mẫu đến Công ty “Printing solution Co. Ltd.”, Hàn Quốc để thử nghiệm trên thiết bị in phun siêu mịn của Công ty và đạt kết quả tốt.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Quy trình điều chế mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện theo sáng chế đã thành công khi giải quyết các vấn đề cốt lõi đối với mực in phun nano dẫn điện: i) tăng cường độ bám dính của mực in trên các loại đế khác nhau như kính, silic, kapton, polyme, giấy và PCB; ii) đã xác định và chuẩn hóa các thông số khuấy siêu âm khi điều chế dung dịch keo nano bạc nhờ đó tăng tính ổn định của mực in phun được điều chế theo quy trình; iii) đã điều chỉnh các bước của quy trình công nghệ điều chế mực in phun nano bạc dẫn điện dựa trên các hạt nano bạc (Ag) để hạn chế việc gây nhiễm bẩn cho sản phẩm; iv) đã sử dụng thiết bị siêu ly tâm hiện đại (vận tốc quay tối đa đạt 80000 vòng/phút) có ống ly tâm thể tích lớn nên đã sản xuất được mực in phun nano kim loại bạc dẫn điện với lượng đủ lớn để đưa ra thị trường thử nghiệm và hướng đến thương mại hóa sản phẩm.

Ngoài ra, sản phẩm mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện theo sáng chế đã được chứng minh là có tính ổn định và độ bám dính được cải thiện trên các loại đế khác nhau, có thể sản xuất với lượng đủ lớn và tinh sạch hơn để cung cấp cho thị trường, phù hợp để ứng dụng cho các thiết bị in phun chuyên dụng dùng trong công nghệ sản xuất các vi mạch điện tử.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình điều chế mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện, trong đó quy trình này bao gồm các bước:

i) chuẩn bị nguyên liệu bao gồm bạc nitrat (AgNO_3); etylen glycol (EG) 98%; axeton 99%; etanol 99%; glyxerin 98%; 2-isopropoxyetanol 99%; etyl axetat 99,8%; 2-metyl-1,3-dioxalan; isopropanol 98%; etyl glycolat 98%; etyl format 97%; dietyloxalat; nước khử ion; polyvinyl pyrrolidon K15 ($M_w = 10000 \text{ g.mol}^{-1}$);

ii) điều chế dung dịch keo nano bạc (Ag) để thu các hạt nano bạc theo công thức sau:

nguyên vật liệu	công thức phân tử	khối lượng phân tử	phần trăm theo khối lượng (wt%)
bạc nitrat 98%	AgNO_3	169,87 g/mol	16,12
etylen glycol (EG) 98%	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$	62,07 g/mol	80,95
polyvinyl pyrrolidon K15	$(\text{C}_6\text{H}_9\text{NO})_n$	10000 g/mol	2,93

bằng cách cho polyvinyl pyrrolidon K15 (PVP, $M_w = 10000 \text{ g.mol}^{-1}$) và etylen glycol vào chung một cốc thủy tinh, sau đó khuấy trộn hỗn hợp bằng thiết bị thanh rung siêu âm với công suất 750 W, tần số 20 kHz trong thời gian 1 phút để hỗn hợp tan đều rồi để nguội ở nhiệt độ phòng; tiếp đến cho bạc nitrat (AgNO_3) vào hỗn hợp này rồi tiếp tục khuấy trộn bằng thiết bị thanh rung siêu âm với công suất 750 W, tần số 20 kHz trong thời gian 3 phút 10 giây để tạo dung dịch keo nano bạc (Ag) và để nguội ở nhiệt độ phòng; tiếp theo cho dung dịch keo nano bạc thu được vào thiết bị siêu ly tâm và bổ sung dung môi axeton với tỷ lệ 1:3 theo thể tích rồi ly tâm với tốc độ tối thiểu là 15000 vòng/phút trong 15 phút, khi đó các hạt nano bạc sẽ lắng xuống đáy ống nhưng vẫn còn dính polyvinyl pyrrolidon K15 dư thừa nên phải tiến hành rửa sạch bằng cách dùng nước khử ion (nước DI) và axeton với tỷ lệ 1:3 theo thể tích và tiếp tục thực hiện ly tâm với tốc độ cao hơn, tối thiểu là 20.000 vòng/phút trong thời gian 20 phút, sau đó thu được hạt nano bạc (Ag) lắng dưới đáy ống ly tâm; và

iii) phân tán hạt nano bạc trong dung môi thích hợp để thu được mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện theo công thức sau:

nguyên vật liệu	công thức phân tử	khối lượng phân tử	phần trăm theo khối lượng (wt%)
nano bạc	Ag	108 g/mol	20
etylen glycol (EG) 98%	C ₂ H ₆ O ₂	62,07 g/mol	2,22
axeton 99%	CH ₃ COCH ₃	58,08 g/mol	1,3
etanol 99%	C ₂ H ₅ OH	46,07 g/mol	18,37
glyxerin 98%	C ₃ H ₈ O ₃	92,1 g/mol	34,36
2-isopropoxy etanol 99%	C ₅ H ₁₂ O ₂	104,15 g/mol	0,15
etyl axetat 99,8%	C ₄ H ₈ O ₂	88,11 g/mol	0,38
2-metyl-1,3-dioxalan	C ₄ H ₈ O ₂	58,11 g/mol	0,07
isopropanol 98%	C ₃ H ₈ O	60,10 g/mol	3,92
etyl glycolat 98%	C ₄ H ₈ O ₃	104,10 g/mol	0,18
etyl format 97%	C ₃ H ₆ O ₂	74,08 g/mol	0,76
dietyloxalat	C ₆ H ₁₀ O ₄	146,14 g/mol	0,09
nước khử ion	H ₂ O	18,02 g/mol	18,2

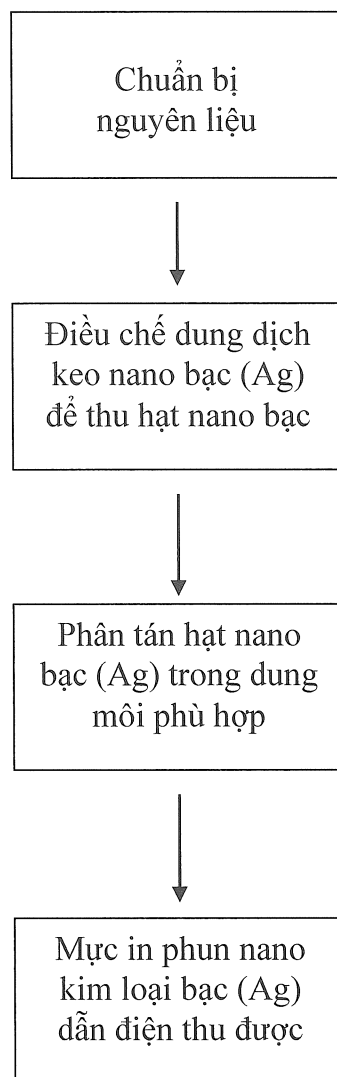
bằng cách thu các hạt nano kim loại bạc trong ống ly tâm đưa vào cốc chứa thủy tinh, hoặc giữ nguyên và sử dụng các ống ly tâm làm cốc chứa, sau đó cho vào đây nước khử ion, rồi lần lượt các dung môi hữu cơ bao gồm etanol, etylen glycol, isopropanol, 2-isopropoxyetanol, etyl glycolat, etyl format, etyl axetat, dietyloxalat, 2-metyl-1,3-dioxalan, axeton và glyxerin được cho vào và trộn đều lần lượt từng dung môi bằng máy trộn lắc (không sử dụng cá từ để tránh nhiễm bẩn) để các hạt nano bạc phân tán đều trong hỗn hợp dung môi hữu cơ và thu được mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện chứa các thành phần theo tỉ lệ % khối lượng như sau:

nano bạc:	20%
nước khử ion:	18,2%
etanol:	18,37%
etylen glycol:	2,22%
isopropanol:	3,92%
2-isopropoxyetanol:	0,15%
etyl glycolat:	0,18%
etyl format:	0,76%

etyl axetat:	0,38%
dietyloxalat:	0,09%
2-metyl-1,3-dioxalan:	0,07%
axeton:	1,30%
glyxerin:	34,36%.

2. Mực in phun nano kim loại bạc (Ag) dẫn điện được điều chế bằng quy trình theo điểm 1 nêu trên, trong đó mực in phun này chứa các thành phần theo tỉ lệ % khối lượng như sau:

nano bạc:	20%
nước khử ion:	18,2%
etanol:	18,37%
etylen glycol:	2,22%
isopropanol:	3,92%
2-isopropoxyetanol:	0,15%
etyl glycolat:	0,18%
etyl format:	0,76%
etyl axetat:	0,38%
dietyloxalat:	0,09%
2-metyl-1,3-dioxalan:	0,07%
axeton:	1,30%
glyxerin:	34,36%.

**Hình 1**