



(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)



1-0044422

(51)^{2020.01} H04R 17/10; G10K 11/00; H01L 41/00 (13) B

(21) 1-2021-03258

(22) 03/06/2021

(45) 25/03/2025 444

(43) 26/12/2022 417A

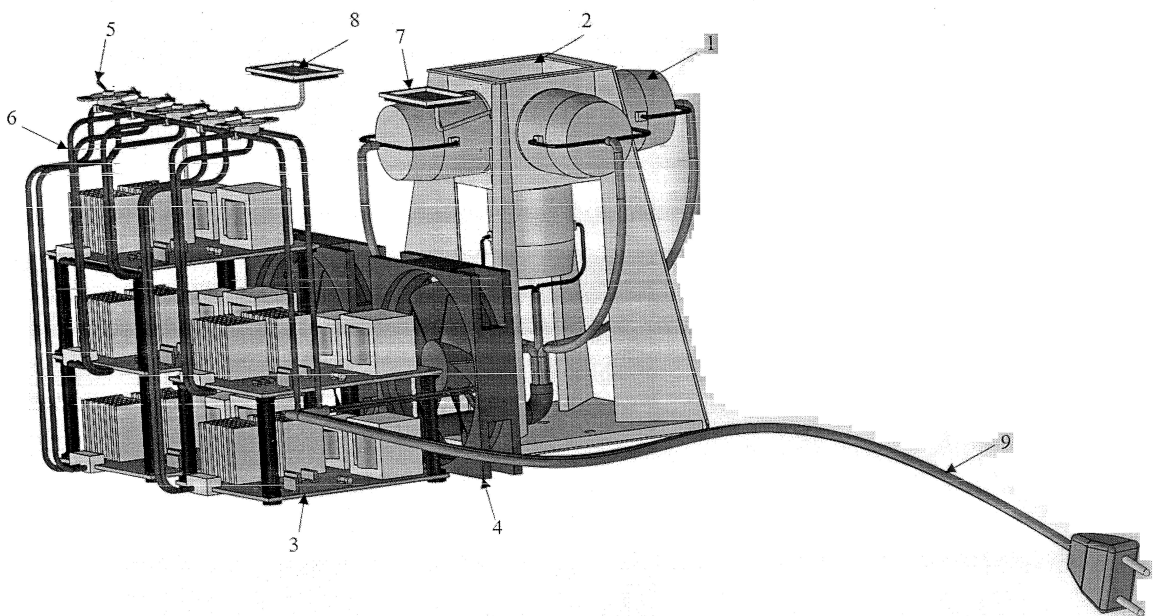
(71) Viện Khoa học Vật liệu - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VN)
18 Hoàng Quốc Việt, phường Nghĩa Đô, quận Cầu Giấy, Tp. Hà Nội

(72) Bùi Hùng Thắng (VN); Phan Ngọc Minh (VN); Đoàn Đình Phương (VN); Vasili Rubanik (BY); Vasili Rubanik Jr (BY); Nikifarava Iryna (BY); Nguyễn Việt Dũng (VN); Nguyễn Thị Ngọc Tú (VN).

(54) THIẾT BỊ RUNG SIÊU ÂM MẬT ĐỘ CÔNG SUẤT LỚN VÀ QUY TRÌNH TÁCH LỚP GRAPHIT THÀNH GRAPHEN

(21) 1-2021-03258

(57) Sáng chế này đề xuất thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn dùng để nâng cao hiệu quả tách lớp graphit thành graphen trong pha lỏng, thiết bị bao gồm 05 đầu rung siêu âm được lắp vào 05 mặt của bể rung có dạng hình lập phương với kích thước nhỏ bằng hoặc tương đương với kích thước đầu rung siêu âm nhằm tạo ra mật độ công suất lớn nhất cho thiết bị, qua đó nâng cao được hiệu quả tách lớp graphit thành graphen trong pha lỏng. Sáng chế cũng đề xuất quy trình tách lớp graphit thành graphen trong pha lỏng sử dụng thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn gồm các bước chính: phân tán bột graphit trong dung môi, tách lớp graphit thành graphen bằng thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn, và cuối cùng là làm sạch sản phẩm graphen thu được.



Hình 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế này đề cập đến thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn và quy trình tách lớp graphit thành graphen trong pha lỏng sử dụng thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Cho đến nay, vật liệu graphen đã thu hút được sự quan tâm của nhiều nhà khoa học trong nhiều lĩnh vực khác nhau do chúng có những tính chất vật lý, hóa học đặc biệt ưu việt, đặc biệt tính chất nhiệt của graphen vượt trội hơn các vật liệu khác ở nhiệt độ bình thường. Với cấu trúc cơ bản 2D màng graphen được tạo thành từ các nguyên tử cacbon sắp xếp theo hình lục giác ở trên một mặt phẳng, đây còn được gọi là cấu trúc tổ ong. Trong đó mỗi nguyên tử liên kết bởi ba nguyên tử cacbon gần nhất bằng liên kết cộng hóa trị sigma (σ) bền vững tạo thành sự xen phủ của các trạng thái sp, tương ứng với trạng thái lai hóa sp^2 . Việc chế tạo thành công vật liệu hai chiều (2D) graphen đã bổ sung đầy đủ hơn về các dạng thù hình tồn tại trước đó của cacbon là graphit ba chiều (3D), ống nano cacbon một chiều (1D) và fulleren không chiều (0D). Tầm graphen khi được cuộn tròn lại ở dạng cầu sẽ tạo nên dạng thù hình fulleren 0D, được quấn lại ở dạng ống sẽ tạo nên dạng thù hình ống nano cacbon 1D, hoặc khi được xếp chồng lên nhau sẽ tạo nên dạng thù hình graphit 3D.

Cho đến nay đã có nhiều phương pháp vật lý, hóa học để chế tạo ra vật liệu graphen. Trong số đó phương pháp tách lớp graphit trong pha lỏng tạo thành graphen là phương pháp đơn giản, có thể sản xuất graphen ở số lượng lớn từ nguyên liệu graphit với giá thành rẻ. Phương pháp này có thể tiến hành bằng kỹ thuật điện hóa tách lớp điện cực graphit chế tạo thành màng mỏng graphen phân tán trong dung dịch axit mạnh như H_2SO_4 , sau đó dung dịch axit H_2SO_4 chứa graphen được lọc và rửa nhiều lần để loại trừ axit. Tuy nhiên

phương pháp này có hạn chế là phải sử dụng dung dịch axit không thân thiện với môi trường và đòi hỏi phải có công đoạn tách rửa thành phần axit trong quá trình chế tạo màng mỏng graphen. Ngoài ra, một phương pháp khác để chế tạo graphen từ graphite tách lớp trong pha lỏng là sử dụng sự tác động của dung môi lên graphite. Phương pháp này được thực hiện đầu tiên bởi Y. Hernandez với quy trình tách lớp gồm ba giai đoạn: phân tán graphite trong dung môi, tách lớp các lớp graphite thành graphen và cuối cùng là làm sạch sản phẩm graphen. Việc tách lớp các lớp graphite thành công đòi hỏi phải phá vỡ được lực liên kết Vander Waals giữa các lớp graphen liên kề trong graphite. Sử dụng thiết bị rung siêu âm là một phương pháp hiệu quả để tách lớp graphite thành graphen do sự tác động của năng lượng siêu âm tần số cao. Phương pháp tách pha lỏng có thể tiến hành trong nhiều dung môi khác nhau như DMA (Dimethylacetamide), DMSO (Dimethyl sulfoxide), Vinyl Pyrrolidinone (NVP), v.v..

Hiệu quả của quá trình tách lớp graphite thành graphen phụ thuộc nhiều vào mật độ công suất siêu âm, nếu mật độ công suất siêu âm càng lớn thì sẽ tạo ra tác động cơ học siêu âm càng mạnh để làm tăng hiệu quả tách lớp các lớp graphite thành graphen. Việc nâng cao mật độ công suất siêu âm đòi hỏi thiết bị rung siêu âm phải có cấu trúc đặc biệt và cách bố trí đầu rung hợp lý. Từ những lý do trên, sáng chế này đề xuất thiết bị rung siêu âm với cấu trúc đặc biệt để có được mật độ công suất lớn thay cho thiết bị rung siêu âm thông thường, sáng chế này cũng đề xuất quy trình tách lớp graphite thành graphen sử dụng thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn nêu trên.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Rung siêu âm là công nghệ được sử dụng để tổng hợp các hạt tinh thể nano, làm sạch nước thải, khử khí, chiết xuất rong biển và dầu thực vật, sản xuất nhiên liệu sinh học, khử lưu huỳnh dầu thô,... Bên cạnh đó công nghệ rung siêu âm còn được dùng để tăng tốc độ hòa tan bằng cách phá vỡ các tương tác giữa các phân tử. Trong quá trình tách lớp graphite thành graphen, phương pháp

này cung cấp năng lượng cơ học nhằm phá vỡ liên kết Vander Walls để tách lớp graphit thành graphen thông qua sự tác động của sóng siêu âm tần số cao. Về cơ chế, sóng siêu âm là sóng âm với tần số cao từ 20 – 10.000 kHz với bước sóng ngắn. Trong môi trường chất lỏng sóng siêu âm làm cho dung môi lúc thì bị nén lại, lúc thì bị giãn ra nhanh chóng tạo ra những bọt bong bóng chân không siêu nhỏ, với kích thước siêu nhỏ này nó có thể xâm nhập vào giữa các lớp graphen trong graphit. Năng lượng nhiệt được tạo ra trong suốt quá trình siêu âm cùng với sóng ép và sóng giảm khiến các bọt khí cộng hưởng vỡ ra dẫn đến sự tăng áp suất giữa các lớp graphen trong graphit dẫn đến hệ quả các lớp graphen bị tách ra. Hiệu quả của quá trình tách lớp graphit thành graphen phụ thuộc lớn vào mật độ công suất siêu âm, trong đó mật độ công suất được xác định theo công thức:

$$\rho = \frac{P}{V}$$

Trong đó: P là tổng công suất siêu âm (W)

V là thể tích của bể rung siêu âm (m³)

ρ là mật độ công suất siêu âm (W/m³)

Để đơn giản ta xét bể rung có dạng hình khối lập phương với các cạnh bằng nhau, có thể nhận thấy rằng tổng công suất siêu âm P tỉ lệ với số đầu rung siêu âm được bố trí xung quanh bể rung, tức là tỉ lệ với tổng diện tích xung quanh bể rung, đồng nghĩa với việc tỉ lệ lũy thừa bậc hai của kích thước bể rung. Mặt khác, thể tích bể rung tỉ lệ thuận với lũy thừa bậc ba của kích thước bể rung. Từ đây ta có thể ước lượng được mật độ công suất siêu âm tỉ lệ nghịch với kích thước bể rung, tức là kích thước của bể rung càng nhỏ thì mật độ công suất ρ càng lớn. Vì vậy, để có mật độ công suất lớn nhất thì kích thước bể rung cần phải nhỏ nhất. Dựa trên cách tiếp cận này chúng tôi đề xuất thiết bị rung siêu âm có mật độ công suất lớn nhất trong đó bể rung có dạng lập phương và có kích thước nhỏ bằng hoặc tương đương với kích thước của đầu rung, đồng thời số đầu rung được bố trí với số lượng tối đa xung quanh bể rung tức là có

tất cả 05 đầu rung. Sáng chế này cũng đề xuất quy trình tách lớp graphit thành graphen sử dụng thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn nêu trên.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là sơ đồ tổng thể của thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn.

Hình 2 là sơ đồ kết cấu chi tiết của khối rung siêu âm.

Hình 3 là quy trình tách lớp graphit thành graphen trong pha lỏng sử dụng thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn.

Hình 4 là ảnh chụp kính hiển vi điện tử của graphit trước khi tách lớp.

Hình 5 là ảnh chụp kính hiển vi điện tử của vật liệu graphen sau khi tách lớp từ graphit bằng thiết bị rung siêu âm công suất lớn.

Mô tả chi tiết sáng chế

Thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn có sơ đồ tổng thể như mô tả như trên hình 1. Thiết bị bao gồm 5 đầu rung siêu âm 1 được lắp vào 5 mặt của bể rung 2. Bể rung 2 có dạng hình khối lập phương kèm theo giá đỡ với kích thước phần bể chứa chất lỏng của bể rung nhỏ bằng hoặc tương đương với kích thước đầu rung siêu âm 1 nhằm tạo ra được mật độ công suất lớn nhất cho thiết bị. Mạch điều khiển 3 là bộ phận cho phép điều chỉnh công suất và chế độ hoạt động của đầu rung siêu âm 1. Công tắc 5 dùng để đóng ngắt dòng điện cấp cho mạch điều khiển 3 thông qua dây dẫn 6. Quạt tản nhiệt 4 dùng để tạo luồng gió tản nhiệt cho mạch điều khiển 3 và đầu rung siêu âm 1, việc tản nhiệt tốt cho mạch điều khiển 3 và đầu rung siêu âm 1 giúp duy trì công suất và sự hoạt động ổn định cho các bộ phận này. Nhiệt kế bể rung 7 và nhiệt kế đầu rung 8 dùng để đo nhiệt độ bể rung 2 và nhiệt độ đầu rung siêu âm 1 trong quá trình vận hành nhằm theo dõi và có sự điều chỉnh nhằm đảm bảo nhiệt độ của các bộ phận này trong phạm vi hoạt động cho phép. Thiết bị rung siêu âm được nối với nguồn tổng thông qua dây nguồn 9. Phần vỏ 10 của thiết bị rung siêu âm được thiết kế với các khe thoáng để đảm bảo không khí có thể lưu thông và đạt

hiệu quả tốt trong quá trình tản nhiệt cho thiết bị.

Trong một phương án khác, xung quanh đầu rung siêu âm 1 được lắp thêm các vây tản nhiệt để nâng cao hiệu quả tản nhiệt cho đầu rung siêu âm 1, qua đó giúp đầu rung siêu âm 1 hoạt động ổn định hơn.

Trong một phương án khác, đầu rung siêu âm 1 được tản nhiệt bằng hệ thống tản nhiệt sử dụng chất lỏng, qua đó đạt hiệu quả cao hơn so với phương pháp tản nhiệt bằng quạt thông thường.

Trong một phương án khác, bể rung 2 được bố trí đường chất lỏng vào và ra liên tục để giúp ổn định nhiệt độ cho bể rung, qua đó góp phần tản nhiệt cho đầu rung siêu âm và duy trì công suất cũng như sự hoạt động ổn định của đầu rung siêu âm.

Sáng chế cũng đề xuất quy trình tách lớp graphit thành graphen trong pha lỏng sử dụng thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn, như được thể hiện trên Hình 3, quy trình này bao gồm các bước sau:

- Vật liệu bột graphit 11 được phân tán sơ bộ vào dung môi 12 bằng thiết bị khuấy từ hoặc siêu âm để thu được hỗn hợp 13. Vật liệu bột graphit 11 đảm bảo có kích thước vảy hoặc kích thước hạt nhỏ hơn 20 μm . Dung môi 12 có thể là nước cất, DMA (Dimethylacetamide), DMSO (Dimethyl sulfoxide), NVP (Vinylpyrrolidinone), DMFD (Dimethylformamide), hay các dung môi hữu cơ khác từ dẫn xuất của benzen, toluen, nitrobenzen, pyridine, hoặc các dung môi tương đương khác, hoặc là hỗn hợp của chúng.

- Đưa hỗn hợp 13 vào bể rung 2 của thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn và tiến hành rung siêu âm trong khoảng thời gian từ 1 giờ đến 24 giờ để tạo thành hỗn hợp sau tách lớp 14.

- Sử dụng thiết bị quay ly tâm 15 để loại bỏ dung môi 12 ra khỏi hỗn hợp sau tách lớp 14 để thu được vật liệu sau tách lớp 16.

- Vật liệu sau tách lớp 16 được phân tán vào nước cất 17 bằng thiết bị khuấy từ hoặc rung siêu âm, sau đó tiếp tục sử dụng thiết bị quay ly tâm 15 để loại bỏ nước cất và dung môi còn dư thừa, quá trình này được lặp lại nhiều lần

cho đến khi loại bỏ được dung môi để thu được vật liệu graphen ướt 18.

- Vật liệu graphen ướt 18 được đưa vào tủ sấy 19 trong thời gian thích hợp để loại bỏ nước cất và thu được vật liệu graphen 20.

Trong một phương án khác, thiết bị quay ly tâm 15 trong quy trình trên được thay bằng thiết bị lọc hút chân không 21.

Trong một phương án khác, vật liệu bột graphit 11 trước khi phân tán vào dung môi 12 được ngâm vào chất hoạt động bề mặt 22 trong một khoảng thời gian thích hợp để chất hoạt động bề mặt 22 hấp thụ lên vật liệu bột graphit 11 tạo thành graphit sau xử lý bề mặt 23. Chất hoạt động bề mặt được sử dụng có thể là CTAB (Cetyl Trimethylammonium Bromua), CPC (Cetyl Pyridinium Clorua), POEA (Polyethoxylated Tallow Amin), BAC (Benzalkonium Clorua), BZT (Benzethonium Clorua), Natri Dodecyl Sulfat (SDS), Amoni Lauryl Sulfat (ALS), Natri Laureth Sulfat, Natri Lauryl Ete Sulfat (SLES), Ankyt Benzen Sulfonat, Ankyt Poly(etylen oxit), Octyl Glucozit, Decyl Maltosit, xà phòng, các muối của axit béo, các muối ankyt sulfat, các rượu béo, rượu cetyl, rượu oleyl, hoặc các chất hoạt động bề mặt tương đương khác.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sáng chế trở nên sáng tỏ hơn qua ví dụ sau:

Thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn bao gồm 5 đầu rung siêu âm với tần số 40 kHz, công suất 40W được lắp vào 5 mặt của bể rung làm từ thép có dạng hình khối lập phương với kích thước mỗi cạnh là 5 cm, tương ứng với thể tích bể rung là 125 cm³. Thiết bị được tản nhiệt nhờ 02 quạt tản nhiệt công suất 10 W giúp tạo luồng gió tản nhiệt từ phía mạch điều khiển tới bộ phận đầu rung. Bộ công tắc gồm 5 công tắc tương ứng với 5 đầu rung để cấp điện cho các mạch điều khiển. Bên ngoài vỏ thiết bị được tạo từ vật liệu thép chống gỉ và có các khe để không khí được lưu thông. Thiết bị rung siêu âm được nối với nguồn tổng xoay chiều 220V thông qua dây nguồn. Với thiết kế này mật độ công suất của thiết bị có thể đạt giá trị lớn nhất là:

$$\rho = \frac{P}{V} = \frac{200W}{0,125lit} = 1600 \text{ (W/lít)}$$

Vật liệu graphen được chế tạo bằng phương pháp tách lớp graphit trong pha lỏng sử dụng thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn bao gồm các bước như sau:

- Vật liệu bột graphit ban đầu ở dạng vảy với kích thước trong dải từ 2 - 5 μm (Hình 4) được khuấy vào dung môi là DMFD (Dimetylformamide) bằng thiết bị khuấy từ để thu được hỗn hợp Graphit/DMF.

- Đưa hỗn hợp Graphit/DMF vào bể rung của thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn và tiến hành rung siêu âm với công suất tối đa của thiết bị là 200 W, tương ứng với mật độ công suất là 1.600 W/lít, thời gian rung siêu âm là 5 tiếng để thu được hỗn hợp sau tách lớp.

- Sử dụng thiết bị quay ly tâm để loại bỏ dung môi DMF khỏi hỗn hợp sau tách lớp để thu được vật liệu sau tách lớp.

- Vật liệu sau tách lớp được phân tán vào nước cất bằng thiết bị khuấy từ và rung siêu âm, sau đó tiếp tục sử dụng thiết bị quay ly tâm để loại bỏ nước cất và dung môi DMF còn dư thừa, quá trình này được lặp lại nhiều lần cho đến khi loại bỏ được dung môi DMF để thu được vật liệu graphen ướt.

- Vật liệu graphen ướt được đưa vào tủ sấy trong 24 giờ nhằm loại bỏ nước cất còn dư thừa để thu được vật liệu graphen.

Sau các bước thực hiện như trên, kết quả thu được là vật liệu graphen với kích thước vảy từ 1 - 5 μm và bề dày từ 3 – 10 nm như trên Hình 5.

Hiệu quả kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế này đề xuất thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn và quy trình tách lớp graphit thành graphen trong pha lỏng sử dụng thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn với hiệu quả kỹ thuật cao được thể hiện qua các điểm như sau:

- Thứ nhất: với kết cấu nêu trong sáng chế trong đó kích thước bể rung là

nhỏ nhất đồng thời số lượng đầu rung là lớn nhất (bao gồm 5 đầu rung) được lắp vào 5 mặt của bể rung, qua đó giúp tăng tối đa mật độ công suất của thiết bị, vì vậy nâng cao đáng kể hiệu quả tách lớp graphit thành vật liệu graphen trong pha lỏng.

- Thứ hai: Sử dụng thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn để tách lớp graphit trong pha lỏng có thể tạo ra vật liệu graphen với số lượng lớn và giá thành rẻ từ nguồn nguyên liệu graphit phong phú và phổ biến tại Việt Nam.

- Thứ ba: Sử dụng thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn để tách lớp graphit trong pha lỏng còn có thể thực hiện được với nước cất mà không cần đến các dung môi hữu cơ khác, qua đó giúp giảm thiểu công đoạn chế tạo làm sạch, không gây ô nhiễm môi trường, đồng thời giảm giá thành của sản phẩm.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn có cấu tạo bao gồm những bộ phận sau:

năm đầu rung siêu âm (1) được lắp vào năm mặt gồm bốn mặt bên và một mặt đáy của bể rung (2);

bể rung (2) có dạng hình khối lập phương kèm theo giá đỡ với kích thước phần bể chứa chất lỏng của bể rung nhỏ bằng hoặc tương đương với kích thước đầu rung siêu âm (1) nhằm tạo ra được mật độ công suất lớn nhất cho thiết bị;

mạch điều khiển (3) là bộ phận cho phép điều chỉnh công suất và chế độ hoạt động của đầu rung siêu âm (1), công tắc (5) dùng để đóng ngắt dòng điện cấp cho mạch điều khiển (3) thông qua dây dẫn (6);

quạt tản nhiệt (4) dùng để tạo luồng gió tản nhiệt cho mạch điều khiển (3) và đầu rung siêu âm (1) giúp duy trì công suất và sự hoạt động ổn định cho các bộ phận này;

nhiệt kế bể rung (7) và nhiệt kế đầu rung (8) dùng để đo nhiệt độ bể rung (2) và nhiệt độ đầu rung siêu âm (1) trong quá trình vận hành nhằm theo dõi và có sự điều chỉnh nhằm đảm bảo nhiệt độ của các bộ phận này trong phạm vi hoạt động cho phép;

thiết bị rung siêu âm được nối với nguồn tổng thông qua dây nguồn (9), phần vỏ (10) của thiết bị rung siêu âm được thiết kế với các khe thoáng để đảm bảo không khí có thể lưu thông và đạt hiệu quả tốt trong quá trình tản nhiệt cho thiết bị.

2. Thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn theo điểm 1, trong đó xung quanh đầu rung siêu âm (1) được lắp thêm các vây tản nhiệt để nâng cao hiệu quả tản nhiệt cho đầu rung siêu âm (1), qua đó giúp đầu rung siêu âm (1) hoạt động ổn định hơn.

3. Thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn theo điểm 1 hoặc điểm 2, trong đó đầu rung siêu âm (1) được tản nhiệt bằng hệ thống tản nhiệt sử dụng

chất lỏng, qua đó đạt hiệu quả cao hơn so với phương pháp tản nhiệt bằng quạt thông thường.

4. Thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn theo một trong số các điểm từ điểm 1 đến điểm 3, trong đó bể rung (2) được bố trí đường chất lỏng vào và ra liên tục để giúp ổn định nhiệt độ cho bể rung, qua đó góp phần tản nhiệt cho đầu rung siêu âm và duy trì công suất cũng như sự hoạt động ổn định của đầu rung siêu âm.

5. Quy trình tách lớp graphit thành graphen trong pha lỏng sử dụng thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn theo điểm 1, bao gồm các bước sau:

vật liệu bột graphit (11) được phân tán sơ bộ vào dung môi (12) bằng thiết bị khuấy từ hoặc siêu âm để thu được hỗn hợp (13), trong đó vật liệu bột graphit (11) đảm bảo có kích thước vảy hoặc kích thước hạt nhỏ hơn 20 μm , còn dung môi (12) là một trong số các dung môi: nước cất, DMA (Dimethylacetamide), DMSO (Dimethyl sulfoxide), NVP (Vinylpyrrolidinone), DMFD (Dimethylformamide), hoặc các dung môi hữu cơ khác từ dẫn xuất của benzen, toluen, nitrobenzen, pyridine, hoặc các dung môi tương đương khác, hoặc là hỗn hợp của chúng;

đưa hỗn hợp (13) vào bể rung (2) của thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn và tiến hành rung siêu âm trong khoảng thời gian từ 1 giờ đến 24 giờ để tạo thành hỗn hợp sau tách lớp (14);

sử dụng thiết bị quay ly tâm (15) để loại bỏ dung môi (12) ra khỏi hỗn hợp sau tách lớp (14) để thu được vật liệu sau tách lớp (16);

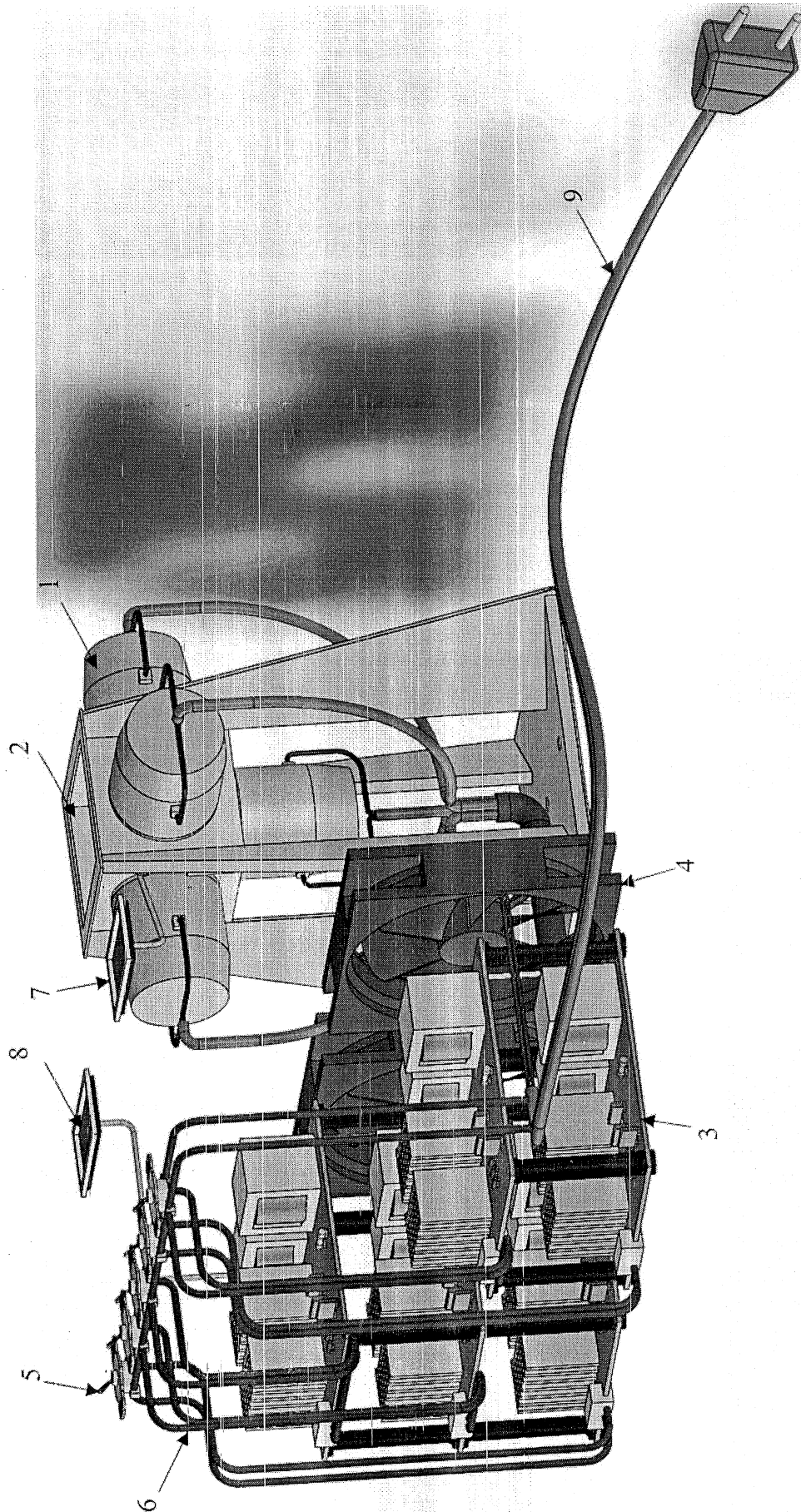
vật liệu sau tách lớp (16) được phân tán vào nước cất (17) bằng thiết bị khuấy từ hoặc rung siêu âm, sau đó tiếp tục sử dụng thiết bị quay ly tâm (15) để loại bỏ nước cất và dung môi còn dư thừa, quá trình này được lặp lại nhiều lần cho đến khi loại bỏ được dung môi để thu được vật liệu graphen ướt (18);

vật liệu graphen ướt (18) được đưa vào tủ sấy (19) trong thời gian thích hợp để loại bỏ nước cất và thu được vật liệu graphen (20).

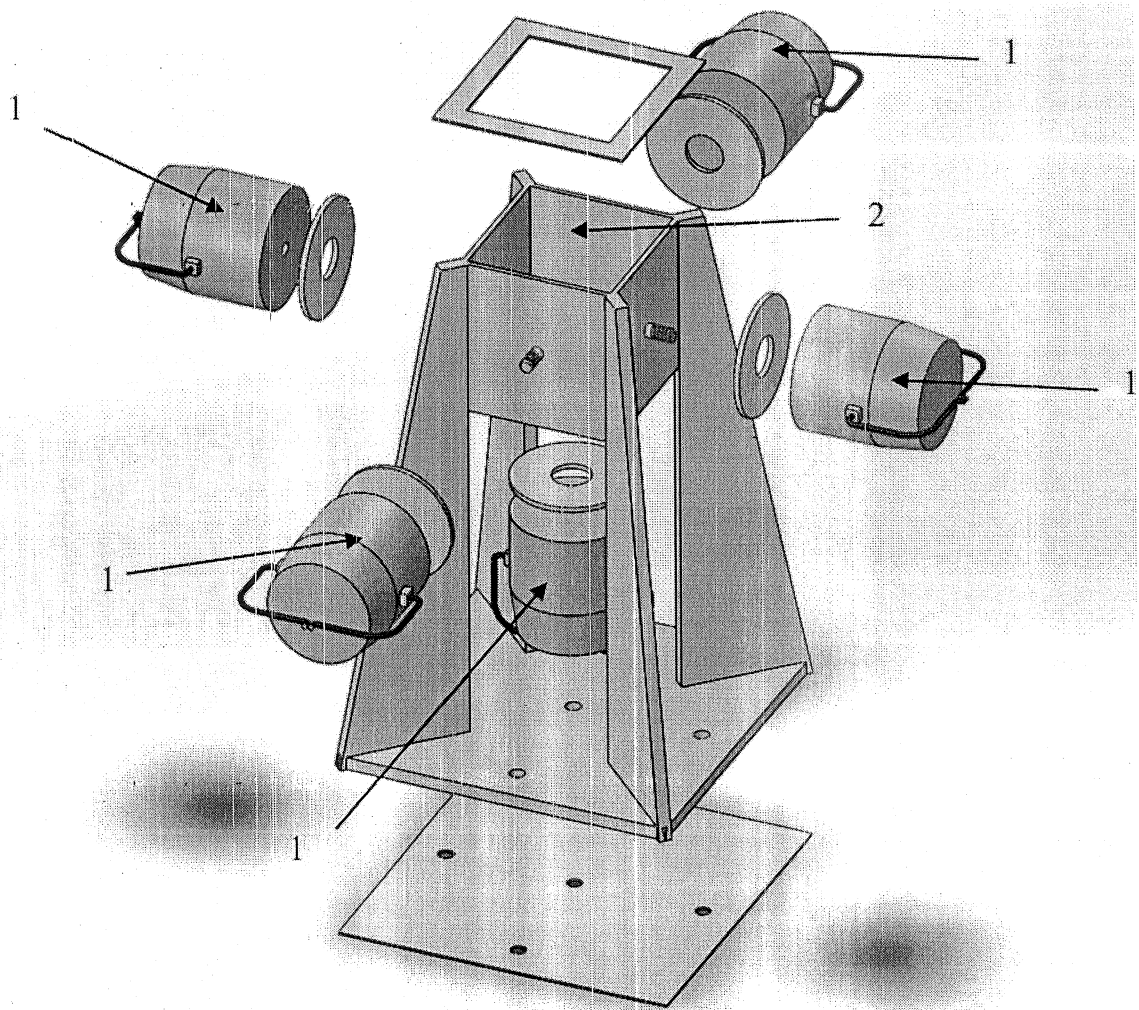
6. Quy trình tách lớp graphit thành graphen trong pha lỏng sử dụng thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn theo điểm 5, trong đó thiết bị quay ly tâm (15) trong quy trình trên được thay bằng thiết bị lọc hút chân không (21).

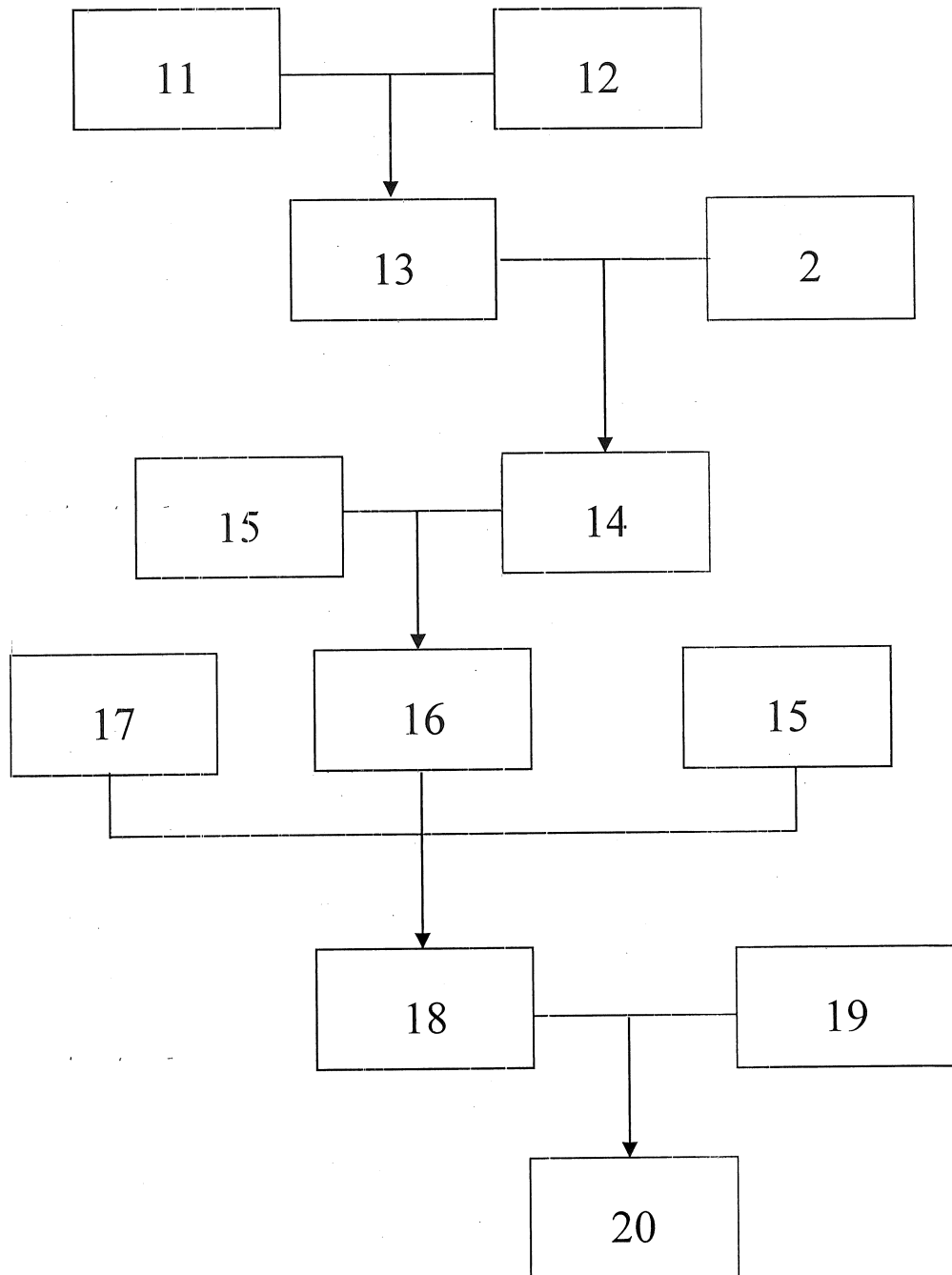
7. Quy trình tách lớp graphit thành graphen trong pha lỏng sử dụng thiết bị rung siêu âm mật độ công suất lớn theo điểm 5 hoặc điểm 6, trong đó vật liệu bột graphit (11) trước khi phân tán vào dung môi (12) được ngâm vào chất hoạt động bề mặt (22) trong một khoảng thời gian thích hợp để chất hoạt động bề mặt (22) hấp thụ lên vật liệu bột graphit (11) tạo thành graphit sau xử lý bề mặt (23);

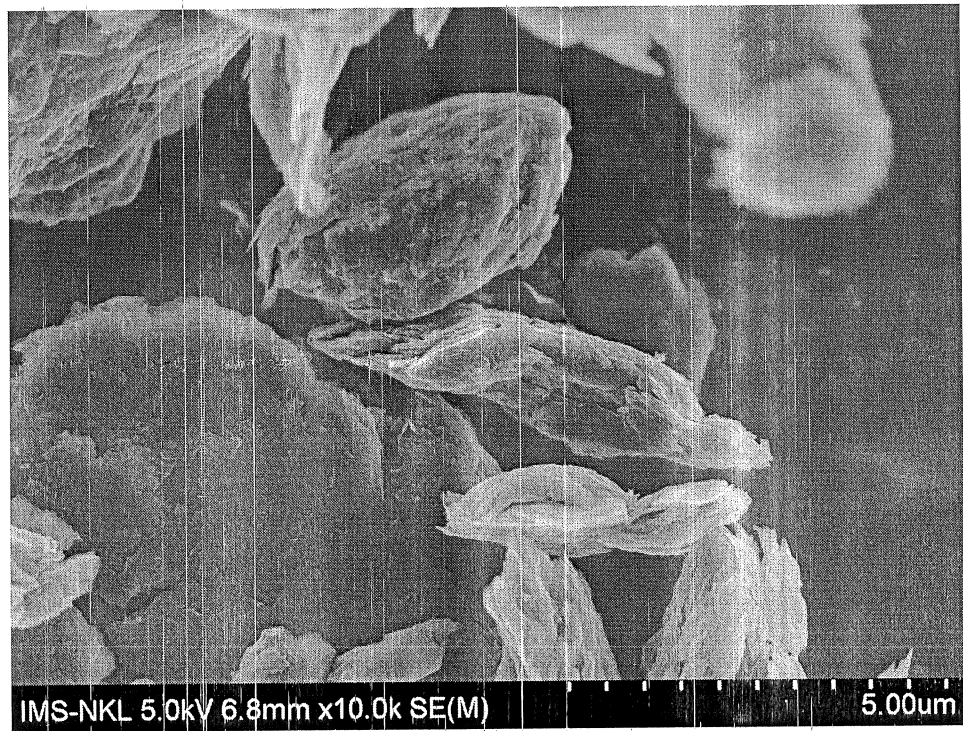
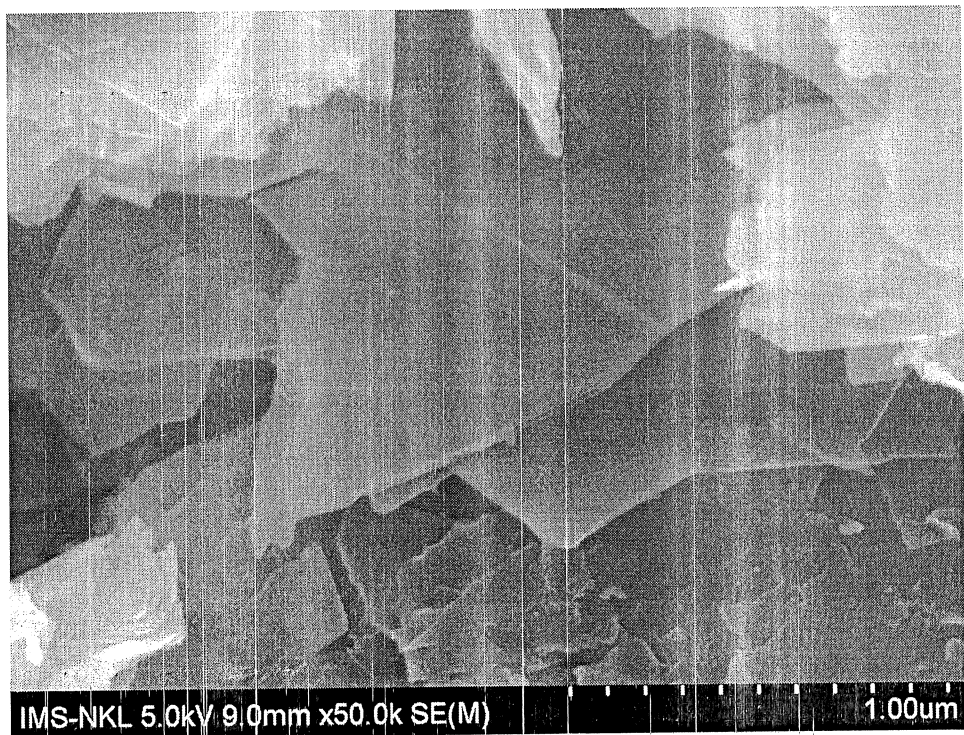
chất hoạt động bề mặt được sử dụng có thể là CTAB (Cetyl Trimetylammonium Bromua), CPC (Cetyl Pyridinium Clorua), POEA (Polyethoxylated Tallow Amin), BAC (Benzalkonium Clorua), BZT (Benzethonium Clorua), Natri Dodecyl Sulfat (SDS), Amoni Lauryl Sulfat, Natri Laureth Sulfat, Natri Lauryl Ete Sulfat (SLES), Ankyl Benzen Sulfonat, Ankyl Poly(etylen oxit), Octyl Glucozit, Decyl Maltosit, xà phòng, các muối của axit béo, các muối ankyl sulfat, các rượu béo, rượu cetyl, rượu oleyl, hoặc các chất hoạt động bề mặt tương đương khác.



Hình 1

**Hình 2**

**Hình 3**

**Hình 4****Hình 5**