



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11) 
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ
1-0052180
(51)^{2020.01} C22C 1/05; C22C 9/00; C22C 1/10; (13) B
C22C 1/02

(21) 1-2021-04532 (22) 27/01/2020
(86) PCT/US2020/015133 27/01/2020 (87) WO2020/214226 22/10/2020
(30) 62/797,306 27/01/2019 US; 62/839,995 29/04/2019 US; 62/868,493 28/06/2019 US;
16/460,177 02/07/2019 US; 62/903,649 20/09/2019 US
(45) 27/10/2025 451 (43) 25/04/2022 409A
(73) LYTEN, INC. (US)
145 Baytech Drive, San Jose, California 95134-2303, United States of America
(72) STOWELL, Michael W. (US); LANNING, Bruce (US); WILLIAMS, Peter Todd
(US); COOK, Daniel (US).
(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) Lò phản ứng sản xuất vật liệu COVETIC

(21) 1-2021-04532

(57) Sáng chế đề cập đến lò phản ứng sản xuất vật liệu covetic bao gồm: cửa vào được tạo kết cấu để nhận khí quy trình hydrocacbon; khoang phản ứng được ghép nối với cửa vào và có kích thước được xác định bởi diện tích mặt cắt ngang và độ dài, khoang phản ứng được tạo kết cấu để sinh ra plasma và các hạt chứa cacbon dựa ít nhất một phần vào khí quy trình hydrocacbon; thiết bị nấu chảy được ghép nối với khoang phản ứng và được tạo kết cấu để sản xuất vật liệu covetic trong khoang phản ứng dựa trên việc quấn quanh các hạt chứa cacbon với kim loại; và cửa ra được ghép nối với khoang phản ứng, cửa ra được tạo kết cấu để xuất ra vật liệu covetic.



FIG. 20A2

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập chung đến việc sản xuất và sử dụng các vật liệu covetic.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Thuật ngữ vật liệu covetic chỉ các kim loại được pha với các hạt cacbon cỡ thang nano. Vật liệu covetic đáp ứng được nhu cầu trong nhiều ứng dụng khác nhau vì các vật liệu covetic này có nhiều tính chất vật lý, hóa học, và điện học vượt trên khả năng của các vật liệu được pha không cacbon truyền thống. Ngoài ra, các vật liệu covetic thu được từ các kỹ thuật tạo ra vật liệu covetic thông thường không đạt được nhiều tính chất vật lý, hóa học, và điện học như nêu trên.

Ngay cả khi đối mặt với nhu cầu lớn về vật liệu có các tính chất vật lý, hóa học, và điện học nêu trên, nhiều thử thách kỹ thuật vẫn cản trở sự phát triển của các kỹ thuật sản xuất và sử dụng vật liệu covetic. Các thử thách kỹ thuật này làm phát sinh nhiều vấn đề, bao gồm: (1) khó khăn trong việc kết hợp các phương pháp phân tích cần thiết để đo hàm lượng cacbon và mô tả đặc tính của các cấu trúc micro hoặc nano của các hợp chất riêng biệt có mức độ đặc trưng cao; (2) độ biến đổi tương đối cao khi phân bố hàm lượng cacbon trong các mẫu được sản xuất cho đến nay; (3) độ biến thiên và không thể đoán trước tiềm ẩn trong các phép đo tính chất; (4) tính bất định liên quan đến các cơ chế khoa học chính xác chịu trách nhiệm cho độ liên kết mạnh quan sát được giữa các hạt cacbon và chất nền bao quanh của chúng.

Các phương pháp nấu chảy kim loại thông thường được sử dụng để sản xuất các hợp kim compozit cacbon-kim loại covetic phải chịu hiệu suất biến đổi không thích hợp, góp phần vào sự biến đổi trên phạm vi rộng quan sát được đối với các tính chất vật liệu thu được. Ví dụ, sự tạo ra chất kết tụ không theo ý muốn và sự kết tụ không theo ý muốn thường xảy ra do sự phân tán không đều của cacbon trong quá trình nấu chảy. Sự phân tán không đều của cacbon trong kim loại như vậy có thể dẫn đến sự hình thành các vết nứt và lỗ rỗng mà sau cùng gây hư hỏng sớm vật liệu thu được. Hơn nữa, độ hòa tan cao của cacbon trong kim loại có thể dẫn đến sự gia tăng cacbon không đều (chẳng hạn như dày đặc hơn) ở bề mặt của kim loại khi kim loại nguội đi và hóa cứng. Ngoài ra, độ hòa tan của cacbon ở gần bề mặt tự do có thể cao hơn so với trong khối kim loại,

trong đó độ hòa tan cao hơn kết hợp với năng lượng liên bề mặt tại bề mặt phân cách không khí nóng chảy tạo ra kết tủa không mong muốn ở bề mặt phân cách không khí nóng chảy đó.

Các phương pháp nấu chảy kim loại dựa trên nhiệt thông thường để sản xuất hợp kim compozit cacbon-kim loại covetic hiện không thể tạo điều kiện thuận lợi cho việc điều chỉnh các điều kiện xử lý để vật liệu covetic thu được có một tập hợp các đặc tính mục tiêu hoặc điều chỉnh được theo ý muốn. Không thể kiểm soát được các điều kiện xử lý để các vật liệu covetic thu được có tập hợp các tính chất điều chỉnh dẫn đến không có khả năng (tương ứng) trong việc áp dụng các vật liệu covetic vào các mục đích sử dụng cụ thể đòi hỏi tập hợp các đặc tính cụ thể đó. Cần phải có các kỹ thuật sản xuất vật liệu covetic thu được có một loạt các đặc tính có thể điều chỉnh được. Ngoài ra, cũng cần có vật liệu covetic thu được có thể sử dụng được trong nhiều lĩnh vực và ứng dụng sử dụng cuối cùng (như sử dụng cho mục đích doanh nghiệp với doanh nghiệp hoặc tiêu dùng, từ phạm vi gia cố vật liệu đến nâng cao hiệu suất tuổi thọ, v.v.).

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Phần bản chất kỹ thuật của sáng chế được đề xuất để nêu ra hình thức đơn giản để lựa chọn khái niệm mà được mô tả thêm sau đây trong phần mô tả chi tiết. Phần Bản chất này không nhằm nhận dạng các dấu hiệu chính hoặc các dấu hiệu cơ bản của đối tượng được yêu cầu bảo hộ, cũng không nhằm giới hạn phạm vi của đối tượng được bảo hộ. Hơn nữa, mỗi trong số các hệ thống, các phương pháp và các thiết bị theo sáng chế có một vài khía cạnh mới, không khía cạnh riêng lẻ nào trong số đó chỉ chịu trách nhiệm về các thuộc tính mong muốn được bộc lộ trong bản mô tả này.

Các phương án triển khai khác nhau của đối tượng được bộc lộ trong bản mô tả này đề cập chung đến các thiết bị, các phương pháp, và các hợp phần khác nhau của vật liệu compozit cacbon-kim loại. Các thiết bị được thể hiện và đề cập là có thể liên quan đến việc sử dụng có kiểm soát các thiết bị mỏ phun plasma để sản xuất các hợp phần được liên kết cacbon-kim loại khác nhau của đối tượng sáng chế, được gọi chung và theo sáng chế là “các vật liệu covetic”.

Một kết cấu của mỏ phun plasma được thể hiện là thiết bị có khoang phản ứng được tạo kết cấu để nhận khí quy trình hydrocacbon đã trộn với các hạt kim loại nấu

chảy cỡ thang nano, nguồn năng lượng vi sóng được ghép nối hoạt động được với khoang phản ứng để cấp điện vào đó, và bộ điều khiển để điều chỉnh nguồn năng lượng vi sóng để tạo ra các điều kiện trong khoang phản ứng sao cho khí quy trình hydrocacbon phân tách thành các nguyên tử cacbon cấu thành của nó, và một lớp graphen (SLG) hoặc vài lớp graphen (FLG) được khuếch trương từ các nguyên tử cacbon trên các hạt kim loại nấu chảy cỡ thang nano để tạo ra các hạt cacbon-kim loại cỡ thang nano. Trong một số kết cấu, các điều kiện trong khoang phản ứng khiến cho: (i) nhiệt độ thứ nhất mà tại đó các nguyên tử cacbon hòa tan thành các hạt kim loại nấu chảy cỡ thang nano, và (ii) nhiệt độ thứ hai mà tại đó ít nhất một vài trong số các nguyên tử cacbon được hòa tan kết hợp với kim loại nóng chảy trong kết cấu tinh thể. Một số kết cấu của thiết bị này tận dụng vùng làm mát để làm mát các hạt cacbon-kim loại cỡ thang nano ở dạng bột mà có thể được thu gom và lưu trữ trong bình chứa được đặt gần khoang phản ứng.

Thông tin chi tiết về một hoặc nhiều phương án triển khai của đối tượng được mô tả theo sáng chế được nêu trên các hình vẽ kèm theo và phần mô tả chi tiết dưới đây. Các dấu hiệu, khía cạnh, và ưu điểm khác sẽ trở nên rõ ràng dựa vào phần mô tả, hình vẽ và các điểm yêu cầu bảo hộ. Lưu ý rằng kích cỡ tương đối của các hình vẽ dưới đây có thể không được vẽ theo tỷ lệ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các phương án triển khai của đối tượng được bộc lộ trong bản mô tả này được minh họa theo cách ví dụ và không nhằm bị giới hạn ở các hình trong các hình vẽ kèm theo. Các số tham chiếu giống nhau chỉ các thành phần tương tự trong toàn bộ các hình vẽ và bản mô tả. Lưu ý rằng các kích thước tương đối của các hình vẽ sau đây có thể không được vẽ theo tỷ lệ. Các bản sao của patent hoặc công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế này với các hình vẽ có màu sẽ được cung cấp bởi Cơ quan sáng chế và nhãn hiệu Hoa Kỳ khi có yêu cầu và thanh toán khoản phí cần thiết.

FIG.1A là biểu đồ so sánh thể hiện hai kỹ thuật tạo thành vật liệu covetic khác nhau và các vật liệu làm ví dụ nhờ áp dụng lần lượt từng kỹ thuật này theo một số phương án triển khai.

FIG.1B thể hiện hình ảnh hiển vi điện tử truyền dẫn độ phân giải cao 114 và hình ảnh quang phổ tia X phân tán năng lượng độ phân giải cao 116, theo một số phương án triển khai.

FIG.2 minh họa quy trình sản xuất để khuếch trương graphen lên trên các hạt nóng chảy nhỏ, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.3 minh họa biểu đồ trạng thái năng lượng plasma thể hiện cách mà nguồn năng lượng vi sóng xung được sử dụng để khuếch trương graphen lên trên các hạt nóng chảy nhỏ, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.4 minh họa kỹ thuật kiểm soát nhiệt độ electron được sử dụng để khuếch trương graphen lên trên các hạt nóng chảy nhỏ, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.5 minh họa thiết bị mở phun plasma kép được sử dụng để khuếch trương graphen lên trên các hạt nóng chảy nhỏ, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.6 minh họa thiết bị mở phun plasma vi sóng có xung được điều chỉnh để khuếch trương graphen lên trên các hạt nóng chảy nhỏ, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.7 là sơ đồ minh họa sự giao cắt của các vùng đối tượng chung được kết hợp với vật liệu covetic (hoặc các vật liệu liên quan), lớp phủ phun mở plasma, và/hoặc lớp phủ cacbon phức tổng hợp gia cường, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

Các hình vẽ từ FIG.8A đến FIG.8B là các sơ đồ minh họa các quy trình phun plasma được sử dụng để phun các hạt cacbon lên trên các hạt nóng chảy nhỏ, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.9 là hình ảnh hiển vi điện tử quét thể hiện hiệu quả phun các hạt cacbon lên trên các hạt nóng chảy nhỏ, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.10 thể hiện biểu đồ minh họa biên dạng nhiệt độ khuếch trương graphen và sơ đồ pha nhị phân, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.11 là hình vẽ mặt cắt ngang của thiết bị ngọn lửa plasma, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.12 minh họa lưu đồ quy trình vi sóng có xung được sử dụng khi khuếch trương graphen lên trên các hạt nóng chảy nhỏ, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.13 là hình vẽ phối cảnh của thiết bị dẫn sóng phun plasma vi sóng có xung được sử dụng để khuếch trương graphen lên trên các hạt nóng chảy nhỏ, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.14 là sơ đồ minh họa kỹ thuật hàn vi mô được sử dụng để khuếch trương graphen lên trên các hạt nóng chảy nhỏ, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.15 là sơ đồ minh họa thiết bị phun plasma ở kết cấu đồng trục, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.16 là sơ đồ minh họa thiết bị phun plasma thể hiện sự tiến triển của vật liệu bằng cách xử lý qua chuỗi các điều kiện năng lượng không cân bằng, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.17 minh họa hệ thống plasma sóng bề mặt để khuếch trương graphen lên trên các hạt nóng chảy, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.18A1-2, FIG.18B, FIG.18C, và FIG.18D minh họa các kết cấu khác nhau của lò phản ứng phun plasma, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.19 là sơ đồ minh họa năng lượng so với thời gian trong khi bật xung và tắt xung, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.20A1 là các hình ảnh minh họa sự liên kết hữu cơ-kim loại xảy ra khi kết hợp cacbon và đồng khi sử dụng mỏ phun plasma, theo một vài trong số các phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.20A2 là các hình ảnh minh họa hợp phần được phân cấp của đối tượng được áp dụng vào vật liệu nền và thể hiện nhiều (như ba) vùng tính chất vật liệu, theo một vài trong số các phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.20B là biểu đồ tiến triển của kim loại minh họa một vài kết cấu phân lớp xuất hiện khi thêm cacbon vào nhôm dạng khối, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.21A minh họa thiết bị phun hỗn hợp các vật liệu được nấu chảy vào trong lớp nền, theo một phương án triển khai.

FIG.21B minh họa phương pháp phun các vật liệu covetic vào trong lớp nền, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.21C là sơ đồ minh họa quy trình phun plasma được sử dụng để phun màng, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.22A minh họa thiết bị để bọc các hạt cacbon bằng kim loại nóng chảy, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.22B minh họa phương pháp để bọc các hạt cacbon bằng kim loại nóng chảy, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.23A, FIG.23B, FIG.23C, và FIG.23D, minh họa các kỹ thuật lắng đọng làm ví dụ, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.24A và FIG.24B minh họa các kỹ thuật lắng đọng thông thường để đặt các vật liệu lên trên lớp nền, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.25A và FIG.25B minh họa các kỹ thuật lắng đọng làm ví dụ tạo ra sự liên kết cộng hóa trị tại bề mặt của lớp nền, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.26A, FIG.26B, FIG.26C, FIG.26D, và FIG.26E minh họa các sơ đồ giản lược minh họa cách mà các liên kết cộng hóa trị được tạo ra giữa các vị trí trong các dạng hình vuông của cấu trúc lập phương tâm mặt của nhôm và các vị trí trong các dạng hình lục giác mà xuất hiện trong các cấu trúc tinh thể nhất định của cacbon.

FIG.27A minh họa thiết bị làm ví dụ để sản xuất vật liệu covetic ở dạng bột, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.27B minh họa thiết bị tăng sôi làm ví dụ để làm mát và xử lý các vật liệu covetic dạng bột trong chất lưu, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.27C là sơ đồ minh họa quy trình phun plasma được sử dụng để sản xuất vật liệu covetic dạng bột, theo một hoặc nhiều phương án triển khai được bộc lộ.

FIG.28 minh họa phương pháp để chế tạo các bộ phận từ các vật liệu covetic dạng bột sử dụng kỹ thuật đúc phun, theo một số phương án triển khai.

FIG.29 minh họa các tính chất khác nhau của vật liệu covetic.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các khía cạnh của sáng chế đề cập đến phương thức tạo ra các vật liệu covetic sử dụng các kỹ thuật phun, tốt hơn là bằng cách trộn các vật liệu gốc cacbon vào trong khối bùn kim loại nóng chảy. Một số phương án triển khai đề cập đến các kỹ thuật để giảm kích thước của cấu trúc cacbon trung gian xuống thang nanomet (nm). Các hình vẽ kèm theo và các thảo luận trong bản mô tả này thể hiện các môi trường làm ví dụ, các hệ thống làm ví dụ, và các phương pháp làm ví dụ để tạo ra vật liệu “covetic”, được hiểu chung và xác định trong bản mô tả này là để chỉ việc bao gồm hàm lượng cacbon cao (>6% khối lượng), được tích hợp vào kim loại (hoặc các vật liệu chứa kim loại) theo cách mà cacbon không tách ra trong khi nấu chảy hoặc phun xạ magnetron. Vật liệu tạo thành có nhiều tính chất độc nhất và được cải thiện so với kim loại gốc mà nó được sản xuất từ đó. Cacbon được phân tán qua chất nền kim loại theo một vài cách mà góp phần cải thiện các tính chất của vật liệu. Cacbon được liên kết vào vật liệu covetic rất mạnh, thường cản trở nhiều phương pháp tiêu chuẩn trong việc phát hiện và mô tả đặc điểm dạng của nó. Việc bao gồm cacbon thang nano làm tăng điểm nóng chảy và sức căng bề mặt. Covetic có cường độ hoạt động trong môi trường ẩm và cường độ hoạt động trong môi trường lạnh cao hơn.

Sự nhận biết và tầm quan trọng của vấn đề và cơ hội

Các compozit chất nền kim loại có thể được cấu tạo từ (ít nhất) chất nền kim loại hoặc hợp kim kim loại (đề cập đến kim loại được tạo ra bằng cách kết hợp hai hoặc nhiều hơn hai nguyên tố kim loại, đặc biệt là để có được độ bền cao hơn và khả năng chống ăn mòn), kết hợp với gốm có môđun độ bền cao hơn, chất gia cố gốc cacbon, hoặc chất độn vi mô ở dạng sợi, sợi tinh thể, hoặc hạt liên tục hoặc không liên tục. Kích thước của chất gia cố là quan trọng vì các kim loại gia cố có kích thước micro có thể có độ bền và độ cứng được cải thiện lên đến mức chấp nhận được so với các hợp kim cơ

bản. Tuy nhiên, các cải tiến này cũng có thể đi kèm với độ dẻo kém không mong muốn và độ bền hiệu suất thấp không mong muốn, khả năng gia công, và độ bền chống gãy ở các tải trọng ngưỡng do sự kết tụ không mong muốn giữa các hạt trong quá trình xử lý. Để tránh nứt vỡ sớm và các khuyết điểm khác của compozit chất nền kim loại với các chất gia cố cỡ micro không tương thích, có thể là cần phải giảm kích thước của pha gia cố đến thang nanomet. Hơn nữa, cần có các phương pháp để pha gia cố được kết hợp vào trong cơ chất hợp kim kim loại.

Sự gia tăng đáng kể về các tính chất cơ, nhiệt, điện, và ma sát (chỉ đặc tính khoa học và thiết kế của các bề mặt tương tác trong chuyển động tương đối) được quan sát cùng với việc bổ sung chất gia cố gốc cacbon nêu trên. Đáng chú ý là, các tính chất này có thể thay đổi và/hoặc cải thiện khi kích thước của chất gia cố được giảm từ thang micrô đến thang nano (như <100 nm) do lực bám dính tăng lên giữa chất nền và các hạt. Sự cải thiện về các tính chất có thể được quy cho là do sự hình thành của các mặt phân cắt mạnh làm thúc đẩy cơ chế tăng độ bền hiệu quả. Sự tăng cường về độ bền kéo và hiệu suất được báo cáo đối với các hạt cỡ nano (~ 20 nm) so với các hạt cỡ micrômet ($\sim 3,5$ μm), mặc dù với bậc bằng bậc độ lớn, tải trọng khối lượng của các hạt kích thước nano ít hơn so với các hạt kích thước micromet. Do đó, các kỹ thuật kế thừa có thể không mang lại sự gia cố ở thang nanomet. Theo đó, nhu cầu hiện nay là giảm các cấu trúc cacbon có các khoảng trống xen kẽ có trong đó xuống đến thang nanomet.

Lò phản ứng mở phun plasma vi sóng (MW)

Bằng cách sử dụng lò phản ứng mở phun plasma vi sóng (MW), các hạt ít lớp graphen (FLG) 3D nguyên sơ có thể được tạo nhân liên tục, như bay trong dòng hơi khí quyển-áp suất của các dạng chứa cacbon, như khí metan, trong đó sự tạo nhân như vậy xảy ra từ hạt “mầm” có cacbon hoặc gốc cacbon được tổng hợp ban đầu. Các hạt gốc cacbon độ xốp trung bình 3D có thể điều chỉnh và có cấu trúc chặt chẽ, thậm chí bao gồm nhiều lớp FLG (như 5-15 lớp) được khuếch trương từ các dạng chứa cacbon cùng với sự kết hợp đồng thời của các nguyên tố kim loại hoặc các hợp kim gốc kim loại để tạo ra compozit cacbon-kim loại liên kết cộng hóa trị ít nhất một phần (cũng như liên kết về mặt kim loại hoặc ion ít nhất một phần), ở đây còn được gọi là cấu trúc hạt “covetic”. Theo một số phương án triển khai, graphen “nguyên sơ” (chỉ graphen không

có khiếm khuyết, hoặc rất ít khiếm khuyết) được cung cấp hoặc tạo ra trong lò phản ứng mô MW đã mô tả không bị oxy hóa, hoặc chứa hàm lượng oxy rất ít (như $< 1\%$). Theo một số phương án triển khai, kim loại (trong các vật liệu covetic thu được) được giữ với nhau bằng liên kết kim loại và, nhờ chính nó, cacbon (phổ biến trong graphen hoặc một số cấu trúc 2D hoặc 3D gốc cacbon có cách bố trí khác, như ma trận hoặc mạng tinh thể), được giữ với nhau bằng các liên kết cộng hóa trị (sơ cấp). Cấu trúc composit cacbon-kim loại có thể bao gồm các liên kết cộng hóa trị giữa cacbon và các nguyên tử kim loại xuất hiện ở mặt phân cách kim loại-cacbon.

Các quy trình của lò phản ứng dựa vào plasma vi sóng được bộc lộ ở đây cung cấp môi trường phản ứng và xử lý trong đó các phản ứng chất khí - chất rắn có thể được kiểm soát trong các điều kiện không cân bằng (chỉ các hệ thống vật lý không ở trong môi trường cân bằng nhiệt động nhưng có thể được mô tả theo các biến số biểu diễn phép ngoại suy của các biến số được sử dụng để định rõ hệ thống này trong môi trường cân bằng nhiệt động; nhiệt động học không cân bằng liên quan đến các quy trình vận chuyển và tốc độ của các phản ứng hóa học, và sự nóng chảy ban đầu của bột kim loại mà có thể được kiểm soát độc lập bằng các thế năng và động lượng ion hóa cùng với nhiệt năng). Sau khi tạo nhân tại chỗ (in-situ) (chỉ bên trong lò phản ứng hoặc buồng phản ứng), các hạt gốc cacbon dạng rắn, gần như là rắn, hoặc bán rắn thoát ra từ mỏ phun plasma có thể được lắng đọng theo kiểu cộng hợp, từng lớp lên trên lớp nền được kiểm soát nhiệt độ (như trống). Các hạt thoát ra có thể được phun lên trên và được gắn lên trên hoặc vào trong lớp nền cụ thể. Theo một số trường hợp, lớp nền không được sử dụng, thay vào đó, sự kết hợp của các hạt bán rắn thoát ra tạo thành một hoặc nhiều cấu trúc được bố trí có định hướng, đứng tự do, tự đỡ. Không giống với mỏ phun plasma tiêu chuẩn trong đó lưu lượng hoạt động, công suất và kết cấu bị giới hạn, mỏ phun plasma vi sóng được bộc lộ ở đây bao gồm các cơ chế kiểm soát (như kiểm soát lưu lượng, kiểm soát công suất, kiểm soát nhiệt độ, v.v.) để kiểm soát độc lập một hoặc nhiều nhiệt độ vật liệu cấu thành và hóa học phản ứng chất khí - chất rắn để tạo ra cấu trúc cacbon-kim loại độc nhất, thẩm mỹ, có kết cấu chặt chẽ, liên kết cộng hóa trị có mức độ đồng nhất đáng ngạc nhiên và cực kỳ cao.

Các vật liệu covetic được sản xuất bằng kỹ thuật dựa trên lò phản ứng MW được bộc lộ ở đây mang lại nhiều lợi thế cạnh tranh đa dạng không có sẵn trong các vật liệu hay sản phẩm hiện có. Một ưu điểm như vậy liên quan đến khả năng mở rộng và tính linh hoạt vốn có để phối trộn các composít kim loại-cacbon độc nhất, ổn định về mặt vật lý và hóa học, toàn diện có sự biến dạng dễ dự đoán (chỉ ứng suất, biến dạng, độ đàn hồi, hoặc một vài đặc tính vật lý xác định được khác) trong các kết cấu và/hoặc cấu trúc khác nhau như (nhưng không bị giới hạn ở): (1) màng cấy mỏng dày đặc, (2) lớp phủ, (3) dải dày, và (4) các hạt dạng bột mà có thể được đưa vào quá trình nóng chảy lại và đúc sau đó và/hoặc để sử dụng trong việc tạo ra các thành phần hợp kim kim loại được thiết kế. Loại bất kỳ trong số màng cấy composít kim loại gốc cacbon được sản xuất trong lò phản ứng MW màng mỏng dày đặc và/hoặc lớp phủ, và/hoặc các dải và/hoặc các hạt dạng bột đều có các tính chất vật lý, hóa học, và điện được tăng cường so với các dạng phối trộn hợp kim kim loại ban đầu hiện có.

Tổng quan

Sáng chế ở đây mô tả sự tích hợp của vật liệu gốc cacbon có chất độn nano liều thấp như graphen, được biết về các đặc tính cấu trúc vốn có của nó như tỷ lệ co cao và dạng hình học phẳng “2D”, với kim loại. Graphen sở hữu các tính chất cơ học, vật lý, nhiệt và điện triển vọng đáng ngạc nhiên do liên kết sp^2 C=C của nó trong mặt phẳng (dẫn đến dạng hình học phẳng 2D). Do đó, graphen sẽ đóng vai trò là chất gia cố lý tưởng cho các composít chất nền kim loại khi so với các chất thay thế như sợi cacbon gốc polyacrylonitril (PAN) có chất độn micrô. Cần lưu ý rằng ngay cả với hàm lượng khung nano graphen thấp (tải lượng), thì mạng lưới 3D vẫn được tạo ra với tính dị hướng (chỉ đối tượng hoặc chất có tính chất vật lý mà có giá trị khác khi được đo theo các hướng khác nhau), dẫn đến các cải thiện đáng chú ý đối với tính dẫn nhiệt và dẫn điện cũng như các đặc tính cơ học.

Thử thách phải đối mặt trong việc sử dụng các chất độn nano cacbon trong các composít chất nền kim loại bao gồm khó khăn trong việc phân tán do sự thấm ướt kém (chỉ khả năng của chất lỏng trong việc duy trì tiếp xúc với bề mặt rắn, do các tương tác liên phân tử khi hai phân tử được đưa đến gần nhau; mức độ thấm ướt, được gọi là khả năng thấm ướt, được xác định bởi sự cân bằng lực giữa các lực kết dính và cố kết).

Diện tích bề mặt tăng lên được thể hiện bởi các chất độn nano làm cho các hạt kết tụ thành các cụm và xoắn lại do lực Van der Waals giữa các nguyên tử cacbon. Việc kết tụ và kết cụm các chất độn nano trong các composít chất nền kim loại có thể dẫn đến sự hình thành các vết nứt và các lỗ không mong muốn mà cuối cùng có thể làm ảnh hưởng đến tính nguyên vẹn cấu trúc của vật liệu thu được dẫn đến sự hư hại sớm trong các điều kiện tải nạp và hiệu năng cao.

Mặc dù một số phương pháp xử lý, như luyện kim bột thông thường, cán nóng, đúc và sản xuất cộng hợp đã được (và hiện nay có thể cũng) sử dụng để sản xuất các hợp phần chất nền kim loại, vẫn còn những thách thức với việc phân tán đồng đều các chất độn nano. Thiệt hại đối với chất độn nano do ứng suất được tác dụng trong quá trình cố kết và các phản ứng hóa học không mong muốn hoặc không thể kiểm soát được với chất nền ở nhiệt độ cao trong quá trình nung kết và đúc, là một vài ví dụ về những thách thức phải đối mặt trong nỗ lực đạt được sự phân tán chất độn nano.

Không xuất hiện khiếm khuyết, mặt phẳng cơ sở của graphen có độ bền hóa học thuận lợi hiếm có so với các cạnh và đầu của tấm graphen, mà có thể dễ tương tác với kim loại hơn để tạo thành cacbua (được ưu tiên về mặt nhiệt động học theo năng lượng tự do Gibbs). Tuy nhiên, trong quá trình xử lý, các khiếm khuyết có thể dễ dàng hình thành trên mặt phẳng cơ sở, dẫn đến sự hình thành cacbua và ảnh hưởng xấu đến các đặc tính của composít. Do đó, các điều kiện xử lý tương đối khắc nghiệt như nhiệt độ và áp suất cao, có thể ảnh hưởng xấu đến chất lượng của bề mặt phân cách giữa chất độn nano cacbon và chất nền gốc kim loại xung quanh chúng. Cụ thể, nhiệt độ và áp suất cao có thể ảnh hưởng xấu đến khả năng thấm ướt, tính nguyên vẹn cấu trúc, có thể ảnh hưởng một cách không chủ ý đến sự hình thành cacbua, và có thể gây ra các phản ứng bề mặt có hại khác.

Quy trình thay thế, được gọi là covetic (như đã giới thiệu trước đó), đã được sử dụng thành công để kết hợp các chất độn nano cacbon vào các chất nền kim loại. Trong các quy trình liên quan đến covetic, mạng lưới các "dải băng" graphen và hạt nano đã cho thấy là tạo ra bên trong kim loại lỏng bằng cách sử dụng điện trường được áp dụng mà thể hiện độ ổn định hiếm có trong chất nền kim loại, ngay cả sau khi nóng chảy trở lại. Theo đó, cấu trúc composít dẫn nhiệt và điện hiệu quả hơn kim loại ban đầu.

Sự phân tán đồng đều

Vì một trong các thách thức đối với việc kết hợp graphen vào chất nền kim loại là đạt được sự phân tán đồng đều, quy trình xử lý covetic khắc phục được vấn đề này thông qua việc tách lớp đi kèm và làm ướt các dải và/hoặc các hạt graphen trong điện trường áp dụng (hoặc từ các điện cực cacbon hoặc từ sự phá vỡ của các chất phụ gia cacbon). Các tạp chất, chẳng hạn như oxy và hydro, có thể được quản lý thông qua các phản ứng oxy hóa khử ở bề mặt hạt, giả sử một điện thế cảm ứng thích hợp ở bề mặt, để thúc đẩy quá trình thấm ướt/phân tán. Một thách thức là kiểm soát tính nguyên vẹn cấu trúc và tính đồng đều của các dải và/hoặc hạt graphen (như tính đồng đều đối với kích thước, khiếm khuyết, v.v.), cũng như kiểm soát tính phản ứng hóa học với kim loại ở nhiệt độ gia tăng, và cũng như kiểm soát sự phân bố của các hạt cả ở trong khối và ở bề mặt của lớp nóng chảy.

Độ phức bổ sung

Mặc dù các chế độ dẫn năng lượng cơ bản trong kim loại (cả nhiệt và điện) đều có thể (ít nhất một phần) được thực hiện bởi các electron và được kiểm soát bởi độ kết tinh và tạp chất đối với chất độn như graphen để tăng cường độ dẫn nhiệt trong composít chất nền kim loại (trong đó sự dẫn truyền qua các phonon trong graphen), cần phải có mức độ tiếp cận và/hoặc cố kết nhất định (như cacbon thang nano liên kết toàn bộ) với mạng tinh thể kim loại (ngoài ra hoặc theo cách khác được gọi là giàn, chất nền, hoặc cấu trúc) hoặc ngưỡng (như ở phạm vi gần hoặc mạng lưới) khoảng cách tối thiểu để dẫn truyền giữa các tấm (chẳng hạn như graphen cần phải là lớp đơn hoặc chỉ một vài lớp và chiều dài 10 nanomet). Tuy nhiên, liên quan đến việc gia cường chất nền kim loại, graphen có thể cần được liên kết hóa học (hoặc trong một số trường hợp, vật lý) vào chất nền để truyền tải lượng thích hợp (lưu ý rằng chiều dài của graphen có thể lớn hơn $\sim 0,5 \mu\text{m}$ để có sự truyền tải lượng tối đa). Ngoài gia cường dung dịch rắn, dựa trên các biến dạng đàn hồi cố kết và/hoặc bán cố kết giữa chất độn nano cacbon (graphen) và mạng kim loại, hạt nano graphen rời rạc có thể đóng vai trò là rào cản đối với sự lệch vị trí chông chất hoặc ghim (chẳng hạn như sàng lọc hạt Hall Petch, đề cập đến phương pháp gia cường vật liệu bằng cách thay đổi kích thước tinh thể (hạt) trung bình của chúng; điều này dựa trên quan sát rằng ranh giới hạt là biên giới không thể vượt qua đối

với sự lệch và số lượng sai lệch trong hạt có ảnh hưởng đến cách ứng suất tạo ra ở hạt liền kề, điều này cuối cùng sẽ kích hoạt các nguồn lệch vị trí và do đó cũng tạo ra biến dạng ở hạt lân cận; vì vậy, bằng cách thay đổi kích thước hạt, người ta có thể tác động đến số lượng sai lệch chôn chắt ở ranh giới hạt và độ bền hiệu suất) ở ranh giới hạt, cả hai đều cải thiện các tính chất cơ học.

Một lần nữa, do bản chất 2D và diện tích bề mặt cao, graphen có thể định hướng dọc theo các vùng ở ranh giới hạt ngoài việc căn thẳng dọc theo các mặt phẳng trượt bên trong cấu trúc kim loại. Bất kể tính chất quan tâm là hóa học, cơ học, nhiệt hay điện học, sự căn thẳng và tiếp cận của chất độn nano với cấu trúc tinh thể của chất nền kim loại xung quanh (ở cấp độ nguyên tử) càng lớn, thì khả năng tăng cường cũng như độ ổn định của tính chất này trong cấu trúc compozit chất nền kim loại càng lớn.

Về cơ bản, sự khuếch trương của cacbon ở bề mặt kim loại (không đồng nhất) hoặc kết tủa ra khỏi dung dịch trong quá trình nóng chảy (đồng nhất) là phụ thuộc vào độ hòa tan của cacbon trong kim loại (theo biểu đồ pha nhị phân được thể hiện ở bên phải trên FIG.10). Độ hòa tan của cacbon trong kim loại chuyển tiếp thuần túy (và nhiều kim loại nguyên chất nói chung) là rất thấp, như gần điểm nóng chảy của kim loại, mặc dù tăng lên khi nhiệt độ tăng lên cao hơn nhiệt độ nóng chảy của kim loại (như lên đến và lớn hơn 2.000°C). Độ hòa tan của cacbon trong niken, ví dụ, gần điểm siêu tinh hiệu khoảng 2,5% là một trong những độ hòa tan cao hơn của cacbon trong kim loại nguyên chất. Lưu ý rằng việc bổ sung các tạp chất xen kẽ như oxy, Bo, hoặc nitơ, hoặc các nguyên tử thế vào kim loại, có thể ảnh hưởng (như có khả năng làm tăng) độ hòa tan của cacbon. Người ta đã chỉ ra rằng độ hòa tan của cacbon trong kim loại càng cao hoặc nhiệt độ của kim loại nóng chảy càng cao thì cacbon kết tủa trên bề mặt kim loại càng dày khi kim loại nguội đi và hóa cứng. Điều quan trọng cần lưu ý là độ hòa tan của cacbon cao hơn ở gần bề mặt tự do, điều này kết hợp với năng lượng liên bề mặt của mặt phân cách không khí-chất lỏng, tạo thuận lợi cho sự kết tủa của cacbon rắn tại mặt phân cách không khí-chất lỏng của kim loại. Thiết bị và kỹ thuật vận hành thiết bị để khắc phục các sự cố tương ứng với hiện tượng này được đề cập đến liên quan đến các hình vẽ và đoạn mô tả tương ứng.

Định nghĩa và sử dụng các hình vẽ

Một số thuật ngữ sử dụng trong phần mô tả này được định nghĩa sau đây để dễ tham chiếu. Các thuật ngữ được thể hiện và các định nghĩa tương ứng của chúng không bị giới hạn cứng nhắc ở các định nghĩa này – một thuật ngữ có thể còn được định nghĩa bởi việc sử dụng thuật ngữ trong bản mô tả này. Thuật ngữ “làm ví dụ” được sử dụng trong bản mô tả này có nghĩa là dùng làm ví dụ, thí dụ, hoặc minh họa. Khía cạnh và thiết kế bất kỳ được mô tả trong bản mô tả này làm “ví dụ” không nhất thiết được hiểu là được ưu tiên hoặc thuận lợi hơn so với các khía cạnh hoặc thiết kế khác. Tốt hơn là việc sử dụng từ ngữ làm ví dụ được nhằm thể hiện các khái niệm theo kiểu riêng biệt. Như được sử dụng theo sáng chế và các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo, thuật ngữ “hoặc” được dự tính nghĩa là bao hàm “hoặc” chứ không loại trừ “hoặc”. Nghĩa là, trừ khi có quy định khác, hoặc rõ ràng từ ngữ cảnh này, “X sử dụng A hoặc B” được dự tính nghĩa là bất kỳ hoán vị nào của các hoán vị bao hàm tự nhiên. Nghĩa là, nếu X sử dụng A, X sử dụng B, hoặc X sử dụng cả A và B, thì “X sử dụng A hoặc B” thỏa mãn ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ nêu trên. Như được sử dụng trong bản mô tả này, ít nhất một trong số A hoặc B có nghĩa là ít nhất một trong số A, hoặc ít nhất một trong số B, hoặc ít nhất một trong số cả A và B. Nói cách khác, cụm từ này là riêng biệt. Từ “một” như được sử dụng theo sáng chế và các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo thường được hiểu nghĩa là “một hoặc nhiều” trừ khi có quy định khác hoặc rõ ràng từ ngữ cảnh được chỉ ra là dạng số ít.

Các phương án triển khai khác nhau được mô tả trong bản mô tả này dựa vào các hình vẽ. Cần lưu ý rằng các hình vẽ không nhất thiết được vẽ theo tỷ lệ, và các phần tử có cấu trúc hoặc chức năng tương tự đôi khi được thể hiện bởi các số tham chiếu giống nhau trong toàn bộ các hình vẽ. Cũng cần lưu ý rằng các hình vẽ chỉ được nhằm để tạo điều kiện cho việc mô tả các phương án triển khai được bộc lộ—chúng không phải đại diện cho việc xử lý toàn diện của tất cả các phương án triển khai khả thi, và chúng không nhằm gán cho giới hạn bất kỳ là phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ. Ngoài ra, phương án triển khai được minh họa không cần mô tả tất cả các khía cạnh và ưu điểm của việc sử dụng trong môi trường cụ thể bất kỳ.

Một khía cạnh hoặc ưu điểm được mô tả kết hợp với phương án triển khai cụ thể không nhất thiết bị giới hạn ở các phương án triển khai đó và có thể được thực hiện theo các phương án triển khai khác bất kỳ ngay cả khi không được minh họa như vậy. Khi đề cập trong toàn bộ bản mô tả này đến “một số phương án triển khai” hoặc “các phương án triển khai khác” là đề cập đến dấu hiệu, cấu trúc, vật liệu hoặc đặc tính cụ thể được mô tả kết hợp với các phương án triển khai như được bao gồm trong ít nhất một phương án triển khai. Do đó, sự xuất hiện của các cụm từ “theo một số phương án triển khai” hoặc “theo các phương án triển khai khác” ở những đoạn khác nhau trong toàn bộ bản mô tả này không nhất thiết đề cập đến cùng một phương án triển khai. Các phương án triển khai được bộc lộ không nhằm giới hạn các điểm yêu cầu bảo hộ.

Mô tả các phương án triển khai làm ví dụ

FIG.1A là biểu đồ so sánh 1A00 thể hiện hai kỹ thuật tạo thành vật liệu covetic khác nhau 102 và các vật liệu làm ví dụ do việc ứng dụng lần lượt từng kỹ thuật một.

Trong trường hợp của các phương pháp nấu chảy kim loại thông thường 103 để sản xuất vật liệu covetic, cacbon rắn được thêm vào kim loại được nấu chảy. Kỹ thuật nấu chảy kim loại thông thường này được chi phối bởi động học của sự hình thành cacbua và sự lan tỏa qua mặt phân cách rắn-lỏng (như cacbon-kim loại) dưới dòng điện được áp dụng, mà cung cấp năng lượng bổ sung để khắc phục năng lượng lỗi xếp chồng giữa các nguyên tử cacbon và các nguyên tử kim loại. Như vậy, các kỹ thuật nấu chảy kim loại thông thường để tạo ra việc xử lý covetic không khác biệt đáng kể so với các phương pháp xử lý composít khác, như luyện kim bột và/hoặc cán nóng, quy trình composít đó bao gồm việc hợp nhất hạt pha thứ hai vào chất nền kim loại. Các phương pháp xử lý composít thông thường này đối mặt với nhiều thách thức về sự phân tán và/hoặc phân bố, khả năng phản ứng, và sự biến thiên các tính chất vật liệu. Hơn nữa, việc xử lý covetic thông thường dựa trên việc xử lý theo mẻ, và thường mang lại các hiệu suất chuyển hóa không phù hợp cũng như sự biến thiên lớn đối với các đặc tính thu được.

Như được minh họa bởi hình ảnh kết tụ 105, khi sử dụng các phương pháp nấu chảy kim loại thông thường 103, vật liệu thu được chịu sự kết tụ cực lớn của cacbon, mà theo đó: (1) làm giới hạn vai trò của cacbon trong việc gia cố mạng tinh thể; và, (2)

làm giới hạn khả năng điều chỉnh của hình thái bề mặt đối với sự chức năng hóa bề mặt. Để so sánh, khi sử dụng các kỹ thuật được bộc lộ ở đây, vật liệu thu được có tính đồng nhất gần như đồng đều (như không có chất kết tụ), tính đồng nhất này do sự phân tán đồng đều của cacbon vào trong mạng tinh thể. Điều này được thể hiện trong hình ảnh đồng nhất 106.

Các vật liệu covetic như được minh họa trong hình ảnh đồng nhất 106 có thể đặc trưng bởi nhiều tính chất vật liệu mong muốn 108 như tính đồng nhất, tải lượng cacbon cao, hàm lượng cacbon thấp tại các bề mặt, v.v.. Đó là các tính chất vật liệu rất được mong đợi mà không có ở các vật liệu được tạo ra bằng cách sử dụng các phương pháp nấu chảy kim loại thông thường 103. Do đó, những gì được tìm kiếm sau đó là các phương thức cải thiện khắc phục được các khuyết điểm của các phương pháp nấu chảy kim loại thông thường 103.

Một phương thức cải thiện như vậy liên quan đến phương pháp mở phun plasma 104. Việc ứng dụng phương pháp mở phun plasma mang lại hiệu suất nhất quán của các vật liệu covetic, do đó khắc phục các khuyết điểm về hiệu suất của các phương pháp nấu chảy kim loại thông thường. Hơn nữa, việc ứng dụng phương pháp mở phun plasma tạo ra các vật liệu covetic sở hữu các tính chất cơ cải thiện, nhiệt cải thiện, điện cải thiện nêu ở trên, do đó khắc phục các khuyết điểm của vật liệu thu được ở các phương pháp nấu chảy kim loại thông thường.

Các phương thức được cải thiện

Như được thể hiện, các phương pháp mở phun plasma 104 có thể được tạo kết cấu để sử dụng các vật liệu đầu vào như được đưa vào (chỉ việc cung cấp các dạng vật liệu thô chứa cacbon ở thể khí, như metan, và cung cấp năng lượng cho nó qua việc áp dụng năng lượng MW được định hướng qua khí metan, v.v.). Tuy nhiên, bằng cách phân ly khí chứa cacbon (như metan hoặc các nguồn hydrocacbon khác) ở các nhiệt độ gia tăng, cacbon đơn lớp tự giới hạn—và cụ thể, graphen nguyên sơ—có thể được khuếch trương lên trên và/hoặc vào trong mạng tinh thể kim loại (như đồng, vàng, kẽm, thiếc, và chì). Số lượng đơn lớp phụ thuộc ít nhất một phần vào độ hòa tan của cacbon trong kim loại. Động học khuếch trương, sự liên kết, và cấu trúc cuối cùng của màng graphen lên trên lớp nền kim loại phụ thuộc vào các electron hóa trị và sự đối xứng (các

mặt phẳng đóng kín) của kim loại đó. Tương tự, các kim loại có thể được khuếch trương trên cacbon, tốt hơn là tạo nhân và khuếch trương tại các vị trí khuyết của cacbon hoặc ở cả các vị trí tận cùng là oxy hoặc hydro có chọn lọc. Các chồng xen kẽ của cacbon đơn lớp và kim loại sau đó có thể được tạo ra để nhận biết các tính chất tăng cường của cấu trúc compozit kim loại được gia cố bằng graphene.

Bằng cách sử dụng lò phản ứng plasma vi sóng, các hạt graphene vài lớp 3D nguyên sơ có thể được tạo nhân liên tục và được khuếch trương từ nguồn khí hydrocacbon. Ngoài ra, các nguyên tố chọn lọc có thể được hợp nhất và trong giàn hạt graphene 3D bằng cách thêm chúng vào dòng khí plasma. Quy trình trong lò phản ứng plasma vi sóng cung cấp môi trường phản ứng độc nhất trong đó các phản ứng chất khí – chất rắn có thể được kiểm soát trong các điều kiện không cân bằng (như các phản ứng hóa học có thể được kiểm soát một cách độc lập bằng các thế năng và động lượng ion hóa cùng với nhiệt năng). Các chất phản ứng có thể được đưa vào dưới dạng các chất rắn, lỏng, hoặc khí vào trong vùng lò phản ứng plasma để kiểm soát một cách độc lập động học tạo nhân và động học khuếch trương của các cấu trúc không cân bằng độc nhất (như graphene trên kim loại và kim loại trên graphene).

Ví dụ, để tạo ra compozit graphene-kim loại tích hợp ở thang nanomet, các hạt kim loại mịn thang nano có thể được đưa vào trong mỏ phun plasma vi sóng cùng với khí hydrocacbon như metan. Metan phân tách thành hydro và cacbon (như sử dụng năng lượng lý tưởng của plasma vi sóng để tạo ra C và C₂) mà sau đó có thể tạo nhân và khuếch trương graphene có thứ tự lên trên bề mặt bán nóng chảy của hạt kim loại. Các điều kiện năng lượng không cân bằng có thể được tạo ra bằng cách điều chỉnh các điều kiện xử lý để độc lập kiểm soát nhiệt độ của kim loại đối với tính phản ứng và phân phối cacbon lên bề mặt kim loại. Hydro được ion hóa (hoặc các ion khác) ở các năng lượng thấp đã được kiểm soát có thể được sử dụng để va chạm/phún xạ bề mặt của bề mặt graphene-kim loại đang khuếch trương mà không làm hư hại cấu trúc của hợp phần graphene-kim loại. Sau đó điều này làm thúc đẩy thêm sự khuếch trương của các lớp graphene-kim loại xen kẽ. Ngoài ra, tùy vào thời gian lưu lại và năng lượng bên trong vùng phản ứng plasma, các cấu trúc kim loại-graphene có thể được tạo ra có các tính chất cụ thể mà được giữ lại khi các cấu trúc kim loại-graphene này được làm lạnh nhanh khi

được phun lên trên lớp nền với nhiệt độ được kiểm soát. Sự tạo ra các cấu trúc kim loại-graphen ở các năng lượng được kiểm soát bên trong plasma cũng như sự kiểm soát nhiệt độ của lớp nền mang đến sự kiểm soát độc lập các điều kiện năng lượng xuyên suốt toàn bộ sự khuếch trương của các vật liệu covetic này.

Graphen có thể được phủ (và/hoặc được lắng đọng) lên trên kim loại hoặc lớp chứa kim loại của vật liệu thông qua “phún xạ” (chỉ hiện tượng trong đó các hạt cực nhỏ của vật liệu rắn được đẩy ra khỏi bề mặt của nó, sau khi chính vật liệu này bị bắn bởi các hạt năng lượng dạng khí và plasma; thực tế là việc phún xạ có thể được thực hiện để tác động lên các lớp vật liệu cực mịn thường được khai thác trong lĩnh vực khoa học và công nghiệp, nó được sử dụng để thực hiện việc khắc axit chính xác, tiến hành các kỹ thuật phân tích, và lắng đọng các lớp màng mỏng khi sản xuất lớp phủ quang học, các thiết bị bán dẫn và các sản phẩm công nghệ nano, v.v.). Sự phún xạ này, như được mô tả, có thể được kiểm soát bằng cách kiểm soát thời điểm lưu lại và năng lượng bên trong vùng phản ứng plasma để thúc đẩy sự khuếch trương của các lớp graphen-kim loại xen kẽ khi được sử dụng với các lò phản ứng plasma MW được đề cập ở đây. Các lớp graphen-kim loại xen kẽ này được bố trí trong mặt phẳng cố kết của các nguyên tử ở trong kết cấu thông thường (như tinh thể). Kết cấu tinh thể này được giữ lại khi các lớp graphen-kim loại được làm nguội nhanh (trong lĩnh vực khoa học vật liệu, làm nguội, hoặc làm nguội nhanh chóng/nhanh, đề cập đến sự làm mát nhanh có kiểm soát của phi gia công trong nước, dầu, hoặc không khí để thu được các tính chất vật liệu nhất định; kiểu xử lý nhiệt, việc làm nguội ngăn chặn hoặc kiểm soát các quy trình nhiệt độ thấp không mong muốn, như các biến đổi pha, để không xảy ra bằng cách bằng cách làm giảm cửa sổ thời gian trong khi đó các phản ứng không mong muốn này đều thuận lợi về nhiệt động học và dễ tiếp cận về mặt động học; ví dụ, việc làm nguội có thể làm giảm kích thước hạt tinh thể của các vật liệu kim loại và nhựa, làm tăng độ cứng của chúng) lên trên lớp nền lạnh hơn. Sự làm nguội nhanh, như được mô tả, nhằm hầu như ‘đóng băng’ (chỉ sự lưu lại ở trạng thái gần như rắn thay vì chỉ dựa trên định nghĩa truyền thống về sự thay đổi pha từ lỏng đến rắn) graphen thành kim loại trong kết cấu tinh thể mong muốn được tạo ra bên trong lò phản ứng plasma. Sự đồng nhất bên trong và tại bề mặt của vật liệu thu được là cực kỳ đồng đều. Tính đồng nhất cực kỳ đồng đều này có thể được sử dụng để phân biệt với các vật liệu được tạo ra bằng cách sử dụng

các phương pháp nấu chảy kim loại 104. Đó là vì các phương pháp nấu chảy kim loại 104 không thể kiểm soát năng lượng ion độc lập với năng lượng nhiệt. Cụ thể hơn, vì các phương pháp nấu chảy kim loại 104 không thể thu được năng lượng ion cao hơn theo mong muốn độc lập với năng lượng nhiệt, nên nhiệt độ trong khoang phản ứng nấu chảy kim loại có thể quá cao đối với các lớp graphen-kim loại để có thể được bố trí trong các mặt phẳng cố kết của các nguyên tử ở trong kết cấu tinh thể mong muốn.

Do đó, khi sử dụng các phương pháp nấu chảy kim loại 104, kết cấu tinh thể mong muốn của graphen-kim loại không bao giờ xuất hiện, và do đó kết cấu tinh thể mong muốn không thể được lưu lại khi các lớp graphen-kim loại được làm nguội lên trên lớp nền lạnh hơn. Thay vào đó, khi sử dụng các phương pháp nấu chảy kim loại 104, sự kết tủa cacbon không mong muốn xảy ra (như kết tủa cacbon trong quá trình nóng chảy), mà theo đó dẫn đến sự kết tụ không mong muốn, do đó dẫn đến sự không đồng đều trong sản phẩm thu được. Sự không đồng đều này trong sản phẩm thu được có thể dẫn đến các đặc tính hóa học và/hoặc vật lý (cơ học) ít lý tưởng trong các vật liệu thu được, bao gồm nhưng không bị giới hạn ở sự hư hại sớm về mặt cơ học.

FIG.1B thể hiện hình ảnh hiển vi điện tử truyền dẫn độ phân giải cao 114 và hình ảnh quang phổ tia X phân tán năng lượng độ phân giải cao 116. Cũng được thể hiện trong bản mô tả này để tạo thuận lợi là hình ảnh đồng nhất 106 trên FIG.1A.

Như được minh họa bằng tập hình ảnh làm ví dụ này, cacbon được phân bố đồng đều trong toàn bộ mạng tinh thể kim loại. Điều này được nhấn mạnh trong hình ảnh hiển vi điện tử truyền dẫn độ phân giải cao 114. Ngoài ra, tải lượng cacbon cực cao trong mạng tinh thể kim loại được thể hiện rõ bởi hình ảnh quang phổ tia X phân tán năng lượng độ phân giải cao 116. Theo ví dụ này, tải lượng cacbon tạo ra xấp xỉ 60% toàn bộ mạng tinh thể đồng-cacbon. Điều này được thể hiện trong hình ảnh quang phổ tia X phân tán năng lượng độ phân giải cao 116. Trong hình ảnh cụ thể này, các vùng tối hơn là cacbon và các vùng sáng hơn (xuất hiện dưới dạng các dấu chấm) là đồng.

Như có thể được quan sát từ các hình ảnh, và cụ thể, như có thể thấy từ mẫu hình của hình ảnh quang phổ tia X phân tán năng lượng độ phân giải cao 116, cacbon và kim loại ban đầu (như trong trường hợp này là đồng), được phân tán đồng đều. Sự phân tán đồng đều cấp độ mạng tinh thể này xuất hiện tại bề mặt, như được thể hiện, ngoài ra, sự

phân tán đồng đều cấp độ mạng tinh thể này cũng xuất hiện ở sâu bên trong kim loại ban đầu. Các hình ảnh khác nữa về vật liệu covetic được thể hiện trên FIG.20A1, FIG.20A2 và FIG.20B, các hình vẽ đó theo sau phần đề cập đến (1) các quy trình khuếch trương vật liệu, (2) thiết bị mỏ phun plasma và (3) các kết cấu khác nhau của mỏ phun plasma.

Theo một kịch bản sử dụng, các vật liệu covetic trên FIG.1B có thể được sản xuất bằng cách sử dụng mỏ phun plasma vi sóng điều chỉnh được mà tạo ra các màng composit graphen-kim loại tích hợp có các tỷ lệ và thể tích cao. Một quy trình sản xuất cụ thể trong đó graphen được khuếch trương trên các hạt kim loại nóng chảy nhỏ sẽ được mô tả ngắn gọn sau đây.

FIG.2 minh họa quy trình sản xuất 200 để khuếch trương graphen lên trên các hạt nóng chảy nhỏ. Theo một lựa chọn, một hoặc nhiều biến thể của quy trình sản xuất 200 hoặc khía cạnh bất kỳ của quy trình này có thể được triển khai trong ngữ cảnh kiến trúc và chức năng của các phương án triển khai được mô tả trong bản mô tả này. Quy trình sản xuất 200 hoặc khía cạnh bất kỳ của quy trình này có thể được triển khai trong môi trường bất kỳ.

Một phương pháp khả thi để sử dụng mỏ phun plasma vi sóng “năng lượng không cân bằng” để tạo ra sự kiểm soát không cân bằng đối với nhiệt độ của kim loại không phụ thuộc vào việc tạo ra cacbon. Năng lượng mỏ phun plasma này sau đó được hướng đến các bề mặt hạt kim loại nóng chảy và/hoặc bán nóng chảy. Các kỹ thuật này cho phép có thời gian để khuếch trương trên vật liệu nóng chảy. Sự khuếch trương trên vật liệu nóng chảy (hoặc các vật liệu bán nóng chảy hoặc vỏ lõi) tạo ra bên trong mỏ sẽ chảy ra qua chum plasma chính đến bề mặt của kim loại cần khuếch trương trên đó, và sau đó được làm nguội nhanh. Các kỹ thuật này cung cấp các phương tiện để khuếch trương các màng dày mà, khi phân lớp, có thể được khuếch trương bên trong khối dày đồng nhất và/hoặc được khuếch trương bên trong hoặc lên trên các phần bộ phận cần được gia công sau hoặc được nấu chảy lại trong các ứng dụng.

Ngoài ra, FIG.2 được thể hiện để minh họa các hiệu quả kiểm soát độc lập các nhiệt độ của vật liệu cấu thành và các phản ứng hóa học khí-rắn khi graphen khuếch trương trên các hạt nóng chảy nhỏ. FIG.2 thể hiện sự phát triển qua một vài quy trình

sản xuất các vật liệu covetic; và, thể hiện các quy trình được sử dụng trong quá trình tạo ra vật liệu covetic dựa trên mỏ phun plasma.

Như được thể hiện, các hạt bán rắn thoát ra từ mỏ phun plasma có thể được lắng đọng theo kiểu cộng hợp, từng lớp một lên trên lớp nền được kiểm soát nhiệt độ. Không giống mỏ phun plasma tiêu chuẩn trong đó các lưu lượng hoạt động, cũng như sự kiểm soát công suất và các kết cấu khác bị giới hạn, mỏ phun plasma vi sóng được đề cập có thể được vận hành để kiểm soát một cách độc lập các nhiệt độ của vật liệu cấu thành cũng như các phản ứng hóa học khí-rắn.

Như được thấy từ phân bố lộ trên, các nguồn plasma vi sóng có thể mang lại (ví dụ): (1) các mật độ plasma cao hơn; (2) các năng lượng ion có sự phân bố năng lượng ion hẹp hơn; và, (3) các tính chất phủ cải thiện. Đó là do, ít nhất một phần, sự kết hợp nguồn điện được cải thiện và sự hấp thụ (năng lượng điện từ) ở mức 2,45 GHz. Các nhiệt độ electron điển hình, phụ thuộc áp suất có thứ tự từ 1 eV đến 15 eV mang lại các mật độ plasma là $>10^{11} \text{ cm}^{-3}$. Các nhiệt độ electron thấp như vậy cũng thuận lợi không những trong việc kiểm soát hóa học plasma, mà còn về mặt giới hạn năng lượng ion với các năng lượng ion đối với các plasma vi sóng đồng trục dựa trên Argon điển hình nằm trong khoảng từ 5 eV đến 80 eV. Do vỏ plasma hẹp được tạo ra bằng cách sử dụng các plasma mật độ cao, nên sự mở rộng va chạm này khi phân bố năng lượng ion được ngăn ngừa, do đó dẫn đến sự phân bố năng lượng ion rõ rệt hỗ trợ sự kiểm soát tốt các quy trình lắng đọng màng nhất định. Ngoài ra, thông qua việc sử dụng nguồn điện xung vào plasma vi sóng, các năng lượng không cân bằng có thể được tạo ra và được kiểm soát. Trong khi áp dụng năng lượng vi sóng, điện được phân phối trên toàn bộ thể tích trong đó plasma được tạo ra, do đó năng lượng được tích tụ theo chế độ năng lượng va chạm từng bước.

Việc đề cập ở trên trên FIG.2 bao gồm các kỹ thuật để áp dụng nguồn năng lượng vi sóng, kỹ thuật mà được bộc lộ chi tiết hơn như sau.

FIG.3 minh họa biểu đồ trạng thái năng lượng plasma 300 thể hiện các nguồn năng lượng vi sóng xung được sử dụng để khuếch trương graphen lên trên các hạt nóng chảy nhỏ.

Các nguồn plasma vi sóng có khả năng đạt được các mật độ plasma cao hơn, các năng lượng ion có sự phân bố năng lượng ion hẹp hơn, và các tính chất phủ được cải thiện do việc kết hợp nguồn điện và sự hấp thụ ở mức 2,45 GHz. Các nhiệt độ electron điển hình phụ thuộc áp suất có thứ tự từ 1 eV đến 15 eV mang lại các mật độ plasma là $>10^{11} \text{ cm}^{-3}$. Các nhiệt độ electron thấp như vậy cũng thuận lợi không những trong việc kiểm soát hóa học plasma, mà còn về mặt giới hạn năng lượng ion với các năng lượng ion đối với các plasma vi sóng đồng trục dựa trên Argon điển hình nằm trong khoảng từ 5 eV đến 80 eV. Do vỏ plasma hẹp được tạo ra bằng cách sử dụng các plasma mật độ cao, sự mở rộng va chạm này khi phân bố năng lượng ion được ngăn chặn, do đó dẫn đến sự phân bố năng lượng ion rõ rệt, cần thiết cho sự kiểm soát tốt một vài quy trình lắng đọng màng. Ngoài ra, thông qua việc sử dụng nguồn điện xung được chuyển vào trong lò phản ứng vi sóng, các năng lượng không cân bằng có thể được tạo ra và được kiểm soát. Trong khi áp dụng năng lượng vi sóng, nguồn điện được phân phối trên toàn bộ thể tích trong đó plasma được tạo ra, do đó năng lượng được tích tụ theo chế độ năng lượng va chạm từng bước.

Ngay khi plasma ban đầu tạo ra ở phần lớn thể tích, ăngten phân phối trong đó năng lượng ở mức tối đa tiếp tục tăng lên theo kiểu cục bộ hóa mức cao. Mật độ plasma giảm nhẹ cho đến khi plasma co lại. Thông tin chi tiết hơn liên quan đến các phương thức thông thường để tạo ra và sử dụng các nguồn năng lượng vi sóng xung được mô tả trong Công bố đơn sáng chế Mỹ số 10,332,726, cấp ngày 25/06/2019, được kết hợp vào đây bằng cách viện dẫn toàn bộ.

FIG.3 thể hiện rằng năng lượng ban đầu của plasma cao hơn nhiều ở trạng thái không cân bằng cho đến khi nó co lại đến nhiệt độ ổn định thấp hơn nhiều. Cụ thể hơn, biểu đồ trạng thái năng lượng plasma minh họa sự chuyển tiếp từ trạng thái không cân bằng năng lượng cao ban đầu đến trạng thái cân bằng ổn định năng lượng thấp hơn. Ngay khi plasma ban đầu tạo ra, ăngten phân phối, trong đó năng lượng ở mức tối đa, sẽ tiếp tục tăng theo kiểu cục bộ hóa mức cao cho tới khi plasma co lại và biến mất trong các phần còn lại của khoang do sự chấn năng lượng.

Nguồn năng lượng vi sóng xung có thể được kiểm soát để tối ưu hóa các nhiệt độ electron để khuếch trương graphen lên trên các hạt nóng chảy nhỏ. Điều này đặc biệt

có tác dụng trong trường hợp mà áp suất $\gg 20$ Torr. Để đảm bảo rằng sự phân ly hóa học plasma là đồng nhất, và sự phủ vật liệu cũng đồng nhất, các môi trường của khoang này phải được kiểm soát.

Như được thể hiện trên FIG.3, biên dạng năng lượng chỉ báo rằng năng lượng ban đầu là cao và, sau một thời gian, co lại đến mức thấp hơn trong đó nó duy trì cho đến khi nguồn điện được loại bỏ. Plasma dập tắt và, sau khi khởi động lại, tuân theo chu trình năng lượng một lần nữa. Bằng cách làm giảm thời gian giữa sự đốt cháy plasma ban đầu và khi nó ổn định, plasma duy trì chủ yếu ở khối hệ thống trong đó sự phân ly đồng nhất hơn của các vật liệu có thể diễn ra. Việc giảm thời gian giữa sự đốt cháy plasma ban đầu và thời gian khi nó cân bằng có thể được hoàn thành bằng cách kiểm soát tần số và chu kỳ hoạt động của xung.

Một kỹ thuật để kiểm soát các nhiệt độ electron trong lò phản ứng vi sóng có xung được thể hiện và được mô tả dựa trên FIG.4.

FIG.4 minh họa kỹ thuật kiểm soát nhiệt độ electron 400 được sử dụng để khuếch trương graphen lên trên các hạt nóng chảy nhỏ. Một tùy chọn là, một hoặc nhiều biến thể của kỹ thuật kiểm soát nhiệt độ electron 400 hoặc khía cạnh bất kỳ của chúng có thể được triển khai trong ngữ cảnh kiến trúc và chức năng của các phương án triển khai được mô tả trong bản mô tả này. Kỹ thuật kiểm soát nhiệt độ electron 400 hoặc khía cạnh bất kỳ của chúng có thể được triển khai trong môi trường bất kỳ.

FIG.4 minh họa các khía cạnh liên quan đến sự khuếch trương một vài lớp của graphen lên trên các hạt cỡ nano nóng chảy thay vì trộn các cacbon vào trong khối bùn nóng chảy. Cụ thể, hình vẽ được thể hiện tương ứng với đóng góp của nó cho việc kiểm soát nhiệt độ plasma thông qua sự kiểm soát tần số xung vi sóng.

Kiểm soát nhiệt độ plasma thông qua sự kiểm soát tần số xung

Như được minh họa ở FIG.3 nêu trên, biên dạng năng lượng chỉ báo rằng năng lượng ban đầu cao và, sau một thời điểm, co lại đến mức thấp hơn trong đó nó duy trì cho đến khi nguồn điện được loại bỏ. Plasma dập tắt và, sau khi khởi động lại, tuân theo chu trình năng lượng một lần nữa. Bằng cách làm giảm thời gian giữa sự đốt cháy

plasma ban đầu và khi ổn định, plasma duy trì chủ yếu ở khối hệ thống trong đó sự phân ly đồng nhất hơn của các vật liệu có thể diễn ra.

Như được thể hiện trên FIG.4, tác dụng này về cơ bản phụ thuộc vào thời điểm của chu kỳ bật/tắt nguồn năng lượng vi sóng. Bằng cách kiểm soát tần số xung, sự phân ly hóa học tối ưu và lớp phủ đồng đều có thể được tạo ra. Ngoài ra, bằng cách cài đặt tần số xung, nhiệt độ trung bình của plasma cũng có thể được kiểm soát.

Kiểm soát nhiệt độ plasma trong mỏ phun plasma vi sóng

Mỏ phun plasma vi sóng tích hợp được đề cập ở đây được sử dụng để hướng đến việc tạo ra cấu trúc compozit cacbon-kim loại pha thứ hai, tích hợp có tính chất cơ, nhiệt và điện tăng cường so với các hợp kim kim loại hiện có và các phương pháp xử lý compozit thông thường. Ngoài ra, mỏ phun plasma vi sóng có thể được sử dụng để tạo ra các lớp phủ và hạt compozit cacbon-kim loại trực tiếp lên trên các thành phần giá trị cao. Hơn nữa, các phương pháp và thiết bị nói trên đáp ứng nhiều mục tiêu năng lượng sạch liên quan đến việc cải thiện sự phân phối điện và hiệu suất máy biến áp và hiệu năng của bộ trao đổi nhiệt.

Việc ứng dụng thực tế mỏ phun plasma vi sóng

Bằng cách sử dụng công nghệ vật liệu mỏ phun plasma vi sóng kết hợp, các vật liệu có thể được lắng đọng và/hoặc được tạo ra một cách kinh tế (như có hiệu quả về mặt chi phí) ở tốc độ nhanh và có thể được áp dụng và trong các kết cấu khác nhau. Ý nghĩa của công nghệ này bao gồm các ngành công nghiệp sản xuất năng lượng khác nhau—đặc biệt là liên quan đến việc truyền dẫn và lưu trữ—ngành công nghiệp vận tải, ngành công nghiệp thiết bị quân sự, cũng như nhiều ngành công nghiệp sản xuất khác. Theo một ví dụ về ứng dụng thực tế cụ thể, các bề mặt kim loại của máy bay có thể được xử lý bằng cách phun plasma để tạo ra vật liệu covetic ở mặt phân cách kim loại-không khí. Nhờ đó, các bề mặt kim loại này trở nên không bị ăn mòn. Ngoài ra, các nguyên tử cacbon gắn bề mặt cho phép các vật liệu khác được liên kết hóa học với các nguyên tử cacbon này và/hoặc bám dính vào các bề mặt. Các vật liệu khác nêu trên mà có thể được liên kết hóa học với các nguyên tử cacbon này có thể được lựa chọn dựa trên các yêu cầu phát sinh trong các ứng dụng thực tế khác nhau.

Theo một ví dụ về ứng dụng thực tế cụ thể khác, các bề mặt kim loại của phương tiện trên cao (như máy bay, máy bay trực thăng, máy bay không người lái, đạn, tên lửa, v.v.) có thể được xử lý bằng việc phun plasma để tạo ra lớp phủ vật liệu covetic đóng vai trò là vật che khuất hồng ngoại (như biện pháp đối phó dò tìm).

FIG.5 minh họa thiết bị mỏ phun plasma kép 500 mà được sử dụng để khuếch trương graphen lên trên các hạt nóng chảy nhỏ. Một tùy chọn là, một hoặc nhiều biến thể của thiết bị mỏ phun plasma kép 500 hoặc khía cạnh bất kỳ của chúng có thể được triển khai trong ngữ cảnh kiến trúc và chức năng của phương án triển khai được mô tả trong bản mô tả này. Thiết bị mỏ phun plasma kép 500 hoặc khía cạnh bất kỳ của chúng có thể được triển khai trong môi trường bất kỳ.

Việc thiết lập trang thiết bị được thể hiện sử dụng: (1) mỏ phun plasma kim loại để cấp kim loại nóng chảy vào bề mặt của lớp nền được gia nhiệt (Al, Cu, Ag, v.v.), và (2) mỏ phun plasma vi sóng để phân phối cacbon được ion hóa và các gốc plasma lên bề mặt được nóng chảy để khuếch trương các vật liệu covetic lên trên các kim loại nóng chảy.

Hệ thống được lồng vào trong môi trường khí trơ hoặc vào trong khoang được kiểm soát không khí để tạo ra sự kiểm soát sự oxy hóa vật liệu tốt hơn. Theo một phương án triển khai, việc thiết lập và vận hành của mỏ trên FIG.5 được thể hiện trong Bảng 1, thông tin chi tiết về mỏ này được đề cập sau đây.

Bảng 1

Bước	Mô tả thiết lập & vận hành
1	Nhận dạng và chọn lọc các vật liệu phản ứng
2	Tích hợp mỏ phun plasma không vi sóng tiêu chuẩn và mỏ phun plasma vi sóng thành mỏ phun plasma kép
3	Xác định các thông số xử lý mỏ phun plasma
4	Vận hành mỏ phun plasma kép để tạo sự khuếch trương graphen trên bề mặt hạt bán nóng chảy

Bước D1: Nhận biết và chọn vật liệu phản ứng

Số lượng kim loại bất kỳ có thể được phun plasma đồng thời cùng với các dạng cacbon nửa bền để tạo ra cấu trúc composít nano-cacbon-kim loại. Các kim loại khác

nhau có độ dẫn điện và nhiệt cao có thể được sử dụng khi tạo ra graphene 2D ở các hàm lượng lớn hơn giới hạn hòa tan nhiệt động. Trong một số trường hợp, hai kim loại khác nhau được chọn, mỗi kim loại có các giới hạn độ hòa tan cacbon khác nhau và/hoặc các điểm nóng chảy khác nhau và/hoặc các mật độ khác nhau và/hoặc các cấu trúc tinh thể khác nhau.

Bước D2: Chọn, chỉnh sửa, xác nhận (các) mỏ phun plasma vi sóng và ‘tiêu chuẩn’

Thiết bị trên FIG.5 có thể (theo các phương án triển khai nhất định) về cơ bản bao gồm mỏ phun plasma ‘tiêu chuẩn’, không có sẵn và mỏ phun plasma vi sóng. Có hai mỏ cho phép hai bước xử lý khác nhau, tức là: (1) sự nóng chảy ban đầu của kim loại, và (2) sự tạo nhân/khuếch trương của các tấm graphene từ nguồn hydrocacbon. Mỗi một mỏ trong số hai mỏ này có thể được kiểm soát độc lập với nhau.

Như được thể hiện trên FIG.5, hai mỏ được sắp xếp để vận hành đồng thời hoặc tuần tự. Cụ thể, plasma vi sóng có nhiệt độ electron thấp và mật độ electron cao của nó có thể được sử dụng để tối ưu hóa sự tạo ra graphene (bao gồm tốc độ tạo nhân ở ngưỡng siêu bão hòa cacbon) trong khi đó mỏ phun plasma tiêu chuẩn có thể được sử dụng để gia nhiệt bột/hạt kim loại đến trạng thái nóng chảy hoặc bán nóng chảy và sau đó gia tốc các hạt này (cùng với cacbon/graphen đã được ion hóa và tạo nhân) về phía lớp nền. Hai dòng chảy độc lập có thể được phối hợp để thực hiện việc khuếch trương graphene ở quy mô nhỏ trên bề mặt hạt bán nóng chảy. Trong một số trường hợp, kết cấu mỏ kép bao gồm phương tiện để duy trì môi trường khí trơ (như khí che phủ) tại hoặc gần dòng thoát của các mỏ phun và trong và xung quanh vùng va chạm ở bề mặt của lớp nền. Đó là vì các chất gây ô nhiễm từ không khí xung quanh (như oxy, nitơ, và hơi ẩm) có thể ảnh hưởng đến liên kết giữa cacbon và các nguyên tử kim loại. Do đó, theo các phương án triển khai nhất định, hệ thống mỏ kép được tạo kết cấu để được lồng vào trong môi trường khí trơ được kiểm soát hoàn toàn (như khoang) để có được sự kiểm soát sự oxy hóa vật liệu hiệu quả.

Bước D3: Cơ sở và xác định các thông số xử lý plasma

Các chất phản ứng (như hydrocacbon) và các khí trơ và các dòng khí được chọn để đảm bảo độ ổn định của plasma và để đảm bảo sự kiểm soát quy trình tạo nhân và khuếch trương bên trong plasma (như các ngưỡng siêu bão hòa đối với hỗn hợp khí và

tốc độ dòng đã cho). Các tốc độ gia tốc và các nhiệt độ của cacbon nửa bên được kiểm soát trong khi di chuyển từ plasma đến lớp nền. Theo đó, các điều kiện xử lý đối với mỏ phun plasma tiêu chuẩn được cài đặt để tạo ra màng mỏng được cố kết mà cacbon có thể va chạm và phản ứng trên đó. Nhiệt độ bề mặt và các môi trường pha khí cục bộ được kiểm soát để thúc đẩy sự tương tác và khuếch trương của pha cacbon nửa bên.

Bước D4: Vận hành mỏ phun plasma kép (kim loại và vi sóng)

Các thông số khác nhau để xử lý cửa sổ của cả mỏ phun plasma kim loại và vi sóng được tạo kết cấu để được kiểm soát độc lập hoặc, theo một số phương án triển khai, kết hợp với nhau. Trước, trong, và sau khi vận hành một hoặc nhiều mỏ phun plasma trong số các mỏ phun plasma kim loại và vi sóng (ở đây được gọi là “mỏ phun plasma kép”), việc xử lý các cửa sổ để tạo ra cacbon-kim loại kết hợp được mô tả đặc điểm. Hơn nữa, một hoặc nhiều thông số hoặc tổ hợp của các thông số được chọn, sự lắng đọng của cacbon-kim loại được quan sát, và sử dụng các kỹ thuật tiên tiến đã biết bất kỳ trong lĩnh vực, các mẫu khi lắng đọng có thể được mô tả đặc điểm đối với các yếu tố phân biệt khác nhau, bao gồm (nhưng không bị giới hạn ở): hình thái (như sử dụng kính hiển vi điện tử quét (SEM)), cấu trúc (như qua nhiễu xạ tia X (XRD) và qua quang phổ Raman), và/hoặc hợp phần vật lý và hóa học.

FIG.6 minh họa thiết bị mỏ phun plasma vi sóng có xung 600 mà có thể được điều chỉnh để khuếch trương graphene lên trên các hạt nóng chảy nhỏ. Theo một ví dụ, một hoặc nhiều biến thể của thiết bị mỏ phun plasma vi sóng có xung 600 (hoặc khía cạnh bất kỳ của chúng) có thể được triển khai trong ngữ cảnh kiến trúc và chức năng của phương án thực hiện được mô tả trong bản mô tả này. Thiết bị mỏ phun plasma vi sóng có xung 600 (hoặc khía cạnh bất kỳ của chúng) có thể được triển khai trong môi trường bất kỳ.

Trong kết cấu này, các phương tiện năng lượng vi sóng điện ngang (TE) có thể được ghép nối lên trên (hoặc, theo một số phương án triển khai, cũng thâm nhập đáng kể vào trong) ống điện môi trung tâm để lan truyền năng lượng vi sóng vào trong và xuyên suốt ống điện môi trung tâm. Khí được cấp vào trong vùng trung tâm (theo ví dụ này) có thể là khí hydrocacbon như metan mà hấp thụ bức xạ vi sóng. Bột kim loại được cấp (như được mang bởi khí mang về cơ bản là khí trơ) để được gia nhiệt bên trong

phần thân (hoặc khoang sơ cấp) của thiết bị mỏ phun plasma vi sóng có xung 600 từ tổ hợp của nhiệt năng thu được và áp dụng từ plasma. Khi tiếp xúc với năng lượng này, bột kim loại nóng chảy khi chạm đến nhiệt độ nóng chảy để sản xuất vật liệu lỏng chảy nhót, hoặc dạng giọt (có khả năng chứa các vật liệu bán rắn), hoặc dạng phân tán có thể tương tự được khác bất kỳ (phần lớn phụ thuộc vào các điều kiện nóng chảy đi kèm).

Khi khí hydrocacbon phân tách thành các dạng nguyên tố cấu thành của nó, thì các gốc cacbon tạo nhân trên các bề mặt tiếp xúc của các giọt kim loại nóng chảy. Sự kết hợp của các cài đặt điều chỉnh năng lượng vi sóng và các cài đặt nhiệt độ chùm nhiệt có thể cho phép các nhiệt độ khác nhau giữa nhiệt độ nóng chảy và nhiệt độ phân hủy/ion hóa plasma ở vùng trung tâm của thiết bị mỏ phun plasma vi sóng có xung 600. Các điều kiện không cân bằng bên trong khoang hoặc vùng trung tâm của thiết bị mỏ phun plasma (chỉ nhiệt độ, áp suất, v.v.) có thể cho phép (hoặc nói cách khác là tạo thuận lợi cho) việc bố trí mạng tinh thể nội bộ (chỉ việc định vị của cấu trúc mạng tổng hợp của các vật liệu cacbon với cấu trúc của (các) kim loại đầu vào bất kỳ sao cho các nguyên tử cacbon và kim loại riêng rẽ có thể được căn thẳng ít nhất một phần) của graphen/carbon, trong khi đó sự làm nguội nhanh tạo ra các điều kiện có lợi cho sự khuếch trương của các vật liệu covetic. Các sơ đồ thể hiện các mạng nội bộ trong đó mạng của cacbon và mạng của kim loại được định hướng sao cho cacbon và các nguyên tử kim loại được căn thẳng ít nhất một phần được thể hiện trên FIG.8A-B, FIG.12, FIG.26C, và FIG.26D và trong phần mô tả tương ứng sau đây.

Mỏ phun plasma vi sóng tích hợp đơn lẻ trên FIG.6 có thể được thiết lập và vận hành như được thể hiện trong Bảng 2 dưới đây, các thông tin chi tiết về mỏ này được mô tả sau đây.

Bảng 2

Bước	Mô tả thiết lập/vận hành
1	Triển khai mỏ phun plasma vi sóng tích hợp đơn lẻ
2	Vận hành mỏ phun plasma vi sóng tích hợp đơn lẻ để tạo ra hợp kim composit kim loại được nạp graphen
3	Mô tả đặc điểm các sản phẩm thu được

Bước S1: Triển khai mở phun plasma vi sóng tích hợp đơn lẻ

FIG.6 minh họa mở phun plasma vi sóng tích hợp đơn lẻ. Mô này có khả năng xử lý các dạng nguyên liệu thô phản ứng rắn, lỏng, và hơi bằng cách sử dụng (ví dụ) khí trơ nhỏ hoặc chân không được bơm chênh lệch để kiểm soát dòng khí. Mô này có thể được triển khai trong môi trường bất kỳ (chỉ các phòng thí nghiệm, viện nghiên cứu, hoặc các vấn đề liên quan đến công nghiệp quy mô lớn, v.v.).

Bước S2: Vận hành mở phun plasma vi sóng tích hợp đơn lẻ để tạo ra hợp kim composit (“covetic”) kim loại được nạp graphen

Năng lượng vi sóng được vận chuyển trong kết cấu dẫn sóng cộng tuyến cùng với hệ thống nạp khí tập trung để hấp thụ năng lượng vi sóng hiệu quả. Nguồn năng lượng vi sóng được sử dụng để gia nhiệt kim loại đến trạng thái bán nóng chảy. Khi CH_4 (hoặc nguồn hydrocacbon khác) phân tách (thành các dạng cấu thành của nó) bên trong ống xả được hướng vào trong ống phân ly khí plasma sóng bề mặt, thì các góc cacbon có thể tạo nhân (như theo phương thức từng lớp được bố trí) trên bề mặt của các giọt kim loại thông qua việc được năng lượng hóa bằng các góc plasma (được hướng lên trên các giọt kim loại). Việc điều chỉnh năng lượng của nhiệt độ chùm nhiệt vi sóng và plasma cho phép kiểm soát độc lập các nhiệt độ giữa sự nóng chảy và sự phân tách/ion hóa plasma xảy ra trong vùng trung tâm của thiết bị mở phun plasma vi sóng có xung 600.

Các điều kiện xử lý được xác định và tối ưu hóa. Các điều kiện xử lý mong muốn được kiểm soát bằng hoặc đối với mở phun plasma vi sóng tích hợp để trực tiếp tạo ra vật liệu composit kim loại được nạp graphen bên trong mở phản ứng plasma một hoặc nhiều giai đoạn. Mở phun plasma có thể được điều biến bên trong các vùng plasma sóng bề mặt khác nhau để tăng cường thời gian cộng hưởng (điều biến) và để tối ưu hóa sự tạo ra cấu trúc kim loại-cacbon mục tiêu.

Ngoài cửa khí quy trình được thể hiện (như để đưa khí quy trình hydrocacbon 605 vào) ở vị trí được minh họa, các cửa bổ sung 604 có thể được bố trí ở các vị trí khác nhau. Các cửa bổ sung này có thể được sử dụng để kiểm soát cách thức khí quy trình được đưa vào trong trường vi sóng, và đưa các khí quy trình khác vào. Theo các ví dụ, khí quy trình có thể là SiH_4 hoặc NH_3 . Theo một số phương án triển khai, nhiều hơn một cửa vào dùng cho khí hoặc nhiều hơn một cửa vào dùng cho hạt (như một dùng cho

cacbon và một dùng cho kim loại) có thể được bao gồm, trong đó vị trí của các cửa vào có thể được định vị ở các vùng khác nhau của mỏ phun plasma.

Việc thiết lập và các điều kiện nêu trên, cũng như các điều kiện khác được tối ưu hóa để có được các điều kiện ở bề mặt lớp nền để cho phép các hạt va chạm được cố kết vào trong màng. Các màng đã lắng đọng được phân tích và mô tả đặc điểm theo các phương pháp được nêu sơ lược ở Bước S3 sau đây.

Bước S3: Xác thực/mô tả đặc điểm của các tính chất kim loại graphene (pha thứ cấp)

Việc mô tả đặc điểm của các cấu trúc composít cacbon-kim loại tích hợp đã lắng đọng được thực hiện bằng cách sử dụng một vài kỹ thuật. Ví dụ, phổ quang điện tử tia X (XPS) và/hoặc SEM-EDS có thể được sử dụng để xác định thành phần hóa học, các năng lượng liên kết (phát hiện cacbon thang nano) và phân bố. Phổ tán xạ năng lượng tia X (EDS) và/hoặc SEM, và/hoặc quang phổ Raman, và/hoặc XRD cũng có thể được sử dụng để xác định hình thái và/hoặc để đo kích thước hạt và các khía cạnh cấu trúc. Các tính chất điện và nhiệt cũng như độ bền kéo và môđun kéo của vật liệu composít có thể được đánh giá bằng cách sử dụng các kỹ thuật đã biết bất kỳ.

Các kết quả

Các kỹ thuật nêu trên sử dụng mỏ phun plasma vi sóng để liên tục tạo ra các composít chất nền kim loại. Việc xử lý đòi hỏi sự tạo nhân và sự tạo ra vật liệu của vùng khuếch trương bên trong plasma được theo sau bởi vùng gia tốc và tác động để cố kết các vật liệu lên trên lớp nền. Mỗi vùng mang đến sự kiểm soát độc nhất đối với việc tổng hợp/phối trộn và tích hợp các vật liệu khác nhau; tức là, sự phối trộn có chọn lọc và độc nhất các hạt hợp kim bên trong plasma, sau đó, thông qua việc kiểm soát động lượng (chủ yếu là động học) và các năng lượng nhiệt trong khi tác động lên trên lớp nền, cho phép quy trình cộng hợp độc nhất để kiểm soát các thông số cố kết như độ xốp, mật độ khiếm khuyết, ứng suất dư, gradien hóa và nhiệt, sự biến đổi pha, và tính dị hướng.

Các vật liệu khác nhau được chọn để sử dụng trên phạm vi động học khuếch trương rộng bên trong môi trường vận hành plasma. Cụ thể, các nguồn khí hydrocacbon khác nhau với các tỷ lệ cụ thể của cacbon với oxy và hydro, và các nguồn hạt kim loại (hoặc hợp kim kim loại) rắn có các độ hòa tan cacbon, các điểm nóng chảy, và các cấu

trúc tinh thể khác nhau có thể được xử lý thông qua hệ thống xử lý mỏ phun plasma năng lượng xung. Như vậy, các thông số xử lý plasma cụ thể có thể được nhận biết về sự nóng chảy bề mặt ban đầu đi kèm của hạt cùng với sự tạo nhân/khuếch trương và kết hợp graphen 2D và được phún xạ kim loại lại tại bề mặt kim loại.

Khi kết hợp graphen vào trong kim loại từ mỏ phun plasma vi sóng, các vật liệu/màng đã lắng đọng được mô tả đặc điểm đối với các tính chất “giống covetic”. Theo các ví dụ, các tính chất giống covetic này được mô tả đặc điểm dưới dạng (ví dụ): (1) thành phần hóa học (như để phát hiện các tạp chất và để phát hiện các dạng cacbon); (2) sự phân bố cacbon (như kẽ— chỉ các vị trí của các nguyên tử cacbon hoặc các dạng bên trong chất nền kim loại hoặc mạng, trong hạt và giữa các hạt); (3) độ dẫn điện; và, (4) độ bền cơ học của các vật liệu. Việc mô tả đặc điểm này có thể bao gồm các so sánh giữa kim loại được nạp graphen so với kim loại ban đầu không pha. Ngoài ra, và hoàn toàn chỉ là ví dụ, bằng cách sử dụng mỏ phun plasma vi sóng, các vật liệu đã lắng đọng có thể có tỷ lệ của cacbon với kim loại nằm hoàn toàn trong khoảng từ 3% đến 90% (kể cả hai giá trị này). Trong một số tình huống, tỷ lệ của cacbon với kim loại nằm hoàn toàn trong khoảng từ 10% đến 40% (kể cả hai giá trị này). Trong một số tình huống, tỷ lệ của cacbon với kim loại nằm hoàn toàn trong khoảng từ 40% đến 80% (kể cả hai giá trị này). Trong một số tình huống, tỷ lệ của cacbon với kim loại nằm hoàn toàn trong khoảng từ 80% đến 90% (kể cả hai giá trị này). Trong một số tình huống, tỷ lệ của cacbon với kim loại lớn hơn 90% (kể cả giá trị này). Tỷ lệ cacbon với kim loại có thể bị ảnh hưởng (hoặc ảnh hưởng thêm) bởi các thông số hoặc đặc tính (như nhiệt độ, độ dày, tinh thể đồng nhất, v.v.) để xác định quy trình phủ.

FIG.7 là sơ đồ 700 minh họa quy trình phủ. Hình vẽ này tham chiếu đến lớp nền kim loại, lớp nền này được đưa vào phun mỏ plasma các vật liệu covetic, mà do đó tạo ra lớp phủ cacbon phức tổng hợp. Lớp nền kim loại có thể bao gồm một hoặc nhiều kim loại bất kỳ trong số đồng, nhôm, hoặc các vật liệu kim loại dạng khối khác. Các vật liệu covetic có thể bao gồm một hoặc nhiều loại trong số cacbon, graphen, nano-onion, ống nano cacbon (CNTs), vật liệu được cấy cacbua, v.v..

Sự phun mỏ plasma nhằm để phủ các vật liệu đầu vào với các vật liệu lắng đọng, và có thể được vận hành bằng cách sử dụng năng lượng xung. Như được thể hiện, các

vật liệu được lắng đọng (như bằng cách phun xạ từng lớp) có thể là một hoặc nhiều loại bất kỳ trong số cacbon, kim loại (như Al, Cu, Ti, Ta, v.v.), và/hoặc oxit hoặc nitrua.

Một vài ưu điểm bắt nguồn từ việc sử dụng của các mô nêu trên. Chủ yếu trong số đó là lợi thế về khả năng mở rộng và tính linh hoạt của quy trình phối trộn composít kim loại-cacbon ổn định độc nhất trong các kết cấu/thiết kế khác nhau. Các kết cấu /thiết kế này nằm trong khoảng từ lớp phủ màng mỏng dày đặc hoàn toàn đến dải dày hoặc hạt để sau đó nấu chảy lại và đúc/tạo ra các thành phần hợp kim kim loại được thiết kế. Mỗi trong số các dạng này nằm hoàn toàn trong phạm vi nói trên thể hiện các tính chất cơ, nhiệt và điện tăng cường triển vọng (và mong muốn) ngoài mong đợi so với các dạng phối trộn hợp kim kim loại ban đầu hiện có. Ngoài ra, khả năng điều chỉnh hàm lượng và sự phân bố của graphen 2D được liên kết cộng hóa trị trong chất nền hợp kim kim loại cao hơn ngưỡng hòa tan nhiệt động học và sự tạo ra từng lớp trong môi trường plasma không cân bằng, cho phép loại vật liệu composít mới có thể được thiết kế để tương ứng với ứng dụng cụ thể và/hoặc tương ứng với các yêu cầu đặc tính cụ thể. Hơn nữa, điều này có thể được thực hiện với chi phí giảm đáng kể so với các kỹ thuật khác.

Các đặc tính cơ, nhiệt và điện tăng cường có thể áp dụng cho rất nhiều ứng dụng sử dụng hợp kim đồng và nhôm. Ví dụ, các ứng dụng như vậy bao gồm (nhưng không giới hạn ở): dây dẫn và cáp truyền tải điện cao áp, bộ trao đổi theo dõi nhiệt vi điện tử và bộ trao đổi nhiệt, và nhiều ứng dụng sử dụng chất dẫn điện màng mỏng như pin, pin nhiên liệu và quang điện. Cụ thể, sự kết hợp của quy trình mô phun plasma vi sóng và sự kích hoạt sản xuất hợp kim cacbon-kim loại giúp tiết kiệm năng lượng đáng kể trong sản xuất cũng như tăng hiệu suất nhiệt và giảm tổn thất điện trong hiệu năng ứng dụng cuối.

Các kỹ thuật phun plasma nêu trên chỉ minh họa một dạng phương pháp tạo ra vật liệu covetic. Một dạng khác bao gồm bước phun các hạt cacbon lên trên hạt kim loại nóng chảy nhỏ. Dạng như vậy và các thể loại khác nhau của dạng đó được thể hiện và đề cập dựa trên FIG.8A đến FIG.8B, FIG.9, FIG.10, FIG.11, FIG.12, FIG.13, và FIG.14., cũng như trong phần đề cập của các hình vẽ ở đây.

FIG.8A đến FIG.8B là các sơ đồ minh họa quy trình phun plasma 800 được sử dụng để phun các hạt cacbon lên trên các hạt nóng chảy nhỏ. Một tùy chọn là, một hoặc

nhiều biến thể của quy trình phun plasma 800 (hoặc khía cạnh bất kỳ của chúng) có thể được thực hiện trong ngữ cảnh kiến trúc và chức năng của phương án thực hiện được mô tả trong bản mô tả này. Quy trình phun plasma 800 hoặc khía cạnh bất kỳ của chúng có thể được thực hiện trong môi trường bất kỳ.

Các kỹ thuật phun plasma đã trình bày được sử dụng trong các quy trình phủ khác nhau, trong đó vật liệu đã gia nhiệt được phun lên trên bề mặt. Nguyên liệu thô (chẳng hạn như tiền chất phủ) được gia nhiệt bằng phương tiện điện (chẳng hạn như plasma hoặc hồ quang) và/hoặc phương tiện hóa học (chẳng hạn như qua ngọn lửa đốt). Việc sử dụng các kỹ thuật phun plasma như vậy có thể tạo ra lớp phủ có độ dày nằm trong khoảng từ 20 μm đến 3 mm, tùy vào quy trình và nguyên liệu thô. Lớp phủ này có thể được áp dụng trên một diện tích lớn và với tốc độ lắng đọng cao. Bằng cách sử dụng các kỹ thuật nêu trên, tốc độ lắng đọng cao hơn nhiều so với mức có thể đạt được bằng các quy trình phủ thông thường như mạ điện hoặc lắng đọng hơi vật lý và hóa học.

Ngoài (hoặc theo cách khác) vật liệu làm ví dụ ở trên, các loại vật liệu phủ có sẵn để phun plasma bao gồm kim loại, hợp kim, gốm sứ, nhựa và vật liệu compozit. Chúng được nạp vào trong mỏ phun ở dạng bột hoặc dạng dây, sau đó được gia nhiệt đến trạng thái nóng chảy hoặc bán nóng chảy và được gia tốc hướng tới các lớp nền dưới dạng hạt có kích thước micromet. Kỹ thuật đốt cháy hoặc phóng điện hồ quang có thể được sử dụng làm nguồn năng lượng để phun plasma. Các lớp phủ thu được được tạo ra bởi sự tích tụ của nhiều lớp hạt phun. Trong nhiều ứng dụng, bề mặt của lớp nền không gia nhiệt lên đáng kể, do đó tạo điều kiện thuận lợi cho việc phủ nhiều chất, bao gồm hầu hết các chất dễ cháy.

FIG.9 là hình ảnh hiển vi điện tử quét 900 thể hiện hiệu quả phun các hạt cacbon (như chẳng hạn như với kích thước hạt từ 20 nm đến 40 micromet) lên trên các hạt kim loại nóng chảy nhỏ. Các hạt cacbon được phủ lên trên các hạt kim loại nóng chảy nhỏ có thể được sử dụng trong các ứng dụng chuyên biệt khác nhau. Ví dụ, compozit nhôm-graphit plasma có thể được thiết kế riêng để cung cấp lớp phủ cho động cơ tuabin. Các giải pháp thay thế bao gồm sử dụng hợp kim nhôm và titan. Tốc độ khuếch trương của vật liệu phủ phun plasma này là theo dạng parabol. Vật liệu phủ phun plasma kết tủa trong thời gian ngắn, sự kết tủa đó phần lớn không phụ thuộc vào nhiệt độ. Để tạo ra bề

mặt vật liệu, một số quy trình nhất định bao gồm việc gia nhiệt sơ bộ vật liệu đó. Trong một số phương án triển khai, việc nổ mìn bằng hạt sạn cũng được thực hiện để tạo ra bề mặt vật liệu. Theo một số phương án triển khai, một vài phần của hạt được phun lên trên bề mặt này vẫn đủ nóng để tạo ra liên kết covetic ở bề mặt của lớp nền. Trong các trường hợp khác, các hạt nóng chảy nhỏ sẽ ở một nhiệt độ để tạo ra liên kết kim loại-kim loại.

Việc sử dụng các kỹ thuật mỏ phun plasma vi sóng được bộc lộ trong bản mô tả này cho phép tạo ra các vật liệu cải tiến so với khi sử dụng các mỏ thông thường. Cụ thể, các giới hạn kiểm soát công suất và các ràng buộc về kết cấu khác vốn có đối với các mỏ phun plasma thông thường làm hạn chế khả năng của mỏ phun plasma thông thường trong việc kiểm soát độc lập nguyên liệu đầu vào và các điều kiện khác cần thiết để tạo ra cacbon có hiệu quả trong việc tạo ra các vật liệu covetic có chất lượng đủ cao và đồng nhất.

FIG.10 thể hiện biểu đồ minh họa biên dạng nhiệt độ khuếch trương graphen 1000 và sơ đồ pha nhị phân. Một tùy chọn là, một hoặc nhiều biến thể của biên dạng nhiệt độ khuếch trương graphen 1000 hoặc khía cạnh bất kỳ của chúng có thể được thực hiện trong ngữ cảnh kiến trúc và chức năng của phương pháp triển khai được mô tả trong bản mô tả này. Biên dạng nhiệt độ khuếch trương graphen 1000 hoặc khía cạnh bất kỳ của chúng có thể được thực hiện trong môi trường bất kỳ. Hình vẽ này cũng thể hiện sơ đồ pha nhị phân, trong đó trục x là hàm lượng cacbon trong kim loại được chọn (như đồng, như được thể hiện) như được trình bày dưới dạng phần trăm nguyên tử. Các nhiệt độ trong biên dạng nhiệt độ trong hình vẽ cũng được thể hiện trong sơ đồ pha. Các kim loại khác nhau có thể được sử dụng (như bạc, thiếc, v.v.). Trong một số trường hợp, các hợp kim được tạo ra.

Ý tưởng chung đằng sau sự khuếch trương của một lớp graphen (SLG) hoặc vài lớp graphen (FLG) trên kim loại nóng chảy là để hòa tan các nguyên tử cacbon bên trong kim loại chuyển tiếp nóng chảy ở một nhiệt độ nhất định, và sau đó cho phép cacbon đã hòa tan sẽ kết tủa (chỉ việc tạo ra chất rắn từ dung dịch) ở nhiệt độ thấp hơn.

Sơ đồ này mô tả sự khuếch trương của graphen từ niken nóng chảy bằng cách (ví dụ): (1) niken nóng chảy khi tiếp xúc với than chì (như nguồn cacbon), (2) hòa tan

cacbon bên trong phần nóng chảy ở nhiệt độ cao và (3) giảm nhiệt độ để khuếch trương graphen.

Như đã minh họa, việc giữ chất nóng chảy tiếp xúc với nguồn cacbon ở nhiệt độ nhất định sẽ làm phát sinh sự hòa tan và bão hòa các nguyên tử cacbon trong chất nóng chảy dựa trên sự chuyển tiếp pha nhị phân của kim loại-cacbon. Khi hạ nhiệt độ, độ hòa tan của cacbon trong kim loại nóng chảy sẽ giảm và lượng cacbon dư sẽ kết tủa trên bề mặt của chất nóng chảy.

FIG.11 là hình vẽ mặt cắt ngang của thiết bị ngọn lửa plasma (thông thường) 1100. Hình này được biểu diễn để phân biệt cách sử dụng của thiết bị ngọn lửa plasma kế thừa so với cách sử dụng mỏ phun plasma vi sóng được bộc lộ ở đây. Cụ thể, mặc dù việc sử dụng thiết bị ngọn lửa plasma kế thừa có thể tạo ra kim cương, hoặc các vật liệu giống kim cương trên bề mặt kim loại, quy trình này đòi hỏi thời gian đáng kể để hòa tan vật liệu của cacbon và khuếch tán để các vật liệu cuối cùng kết tủa lên trên bề mặt kim loại. Trong quá trình tạo ra vật liệu compozit kim loại-cacbon như được bộc lộ trong bản mô tả này theo các phương án thực hiện được bộc lộ ở đây, graphen được mong đợi là được khuếch trương ở kẽ và khóa giữa các lớp (hoặc ở các vị trí mạng tinh thể hoặc ma trận) của kim loại hoặc vật liệu compozit chứa kim loại. Tuy nhiên, để làm được như vậy, nhiệt độ phải được điều biến ở tốc độ cao. Thật không may, các mỏ phun plasma kế thừa không đem đến đủ sự kiểm soát nhiệt độ và các điều kiện khác cần để giảm kích thước của cấu trúc cacbon kể xuống thang nanomet (có thể được mong muốn kết hợp với việc đạt được vật liệu covetic như mong muốn ở đây).

Ngược lại, lò phản ứng vi sóng có xung (liên quan đến các phương án triển khai được bộc lộ ở đây như được đề cập ở trên) và các quy trình tương ứng được thể hiện và được mô tả trên FIG.12 để đem đến đủ sự kiểm soát chi tiết đối với nhiệt độ và các điều kiện khác cần để giảm kích thước của các cấu trúc cacbon kể xuống thang nanomet.

FIG.12 minh họa lưu đồ quy trình vi sóng có xung 1200 được sử dụng khi graphen “khuếch trương”, chỉ sự lắng đọng hệ thống từng lớp hoặc phủ graphen trên các bề mặt tiếp xúc gần như phẳng của các hạt kim loại nóng chảy. Một tùy chọn là, một hoặc nhiều biến thể của lưu đồ quy trình vi sóng có xung 1200 hoặc khía cạnh bất kỳ của chúng có thể được triển khai trong ngữ cảnh kiến trúc và chức năng của phương

pháp triển khai được mô tả trong bản mô tả này. Lưu đồ quy trình vi sóng có xung 1200 hoặc khía cạnh bất kỳ của chúng có thể được triển khai trong môi trường bất kỳ.

Khi sử dụng lưu đồ quy trình vi sóng có xung 1200 được thể hiện, graphen được khuếch trương lên trên các hạt nóng chảy nhỏ. Điều này được thực hiện nhờ các tương tác bên trong lò phản ứng vi sóng xung xảy ra xung quanh cửa vào 1204 (chẳng hạn như nơi bột kim loại và khí mang được đưa vào khoang phản ứng). Ngoài cửa vào 1204, cửa khí quy trình 1202 và các cửa bổ sung (chẳng hạn như cửa bổ sung 1203₁ và cửa bổ sung 1203₂) được bố trí ở các độ cao khác nhau ở phía bên của thiết bị lò phản ứng. Ống dẫn sóng chạy ngang ít nhất là khoảng cách từ vị trí của cửa khí quy trình 1202 ở phía bên của lò phản ứng đến vị trí của cửa vào 1204 ở phía bên của lò phản ứng. Chi tiết về cách tạo và sử dụng các cửa để đưa và tiếp tục cung cấp vật liệu vào lò phản ứng như vậy để khuếch trương graphen lên trên các hạt nóng chảy nhỏ được bộc lộ thêm dưới đây. Cụ thể hơn, các bộ phận nhất định của lò phản ứng trên FIG.12 được thể hiện và được mô tả dựa trên FIG.13.

FIG.13 là hình vẽ phối cảnh của thiết bị dẫn sóng phun plasma vi sóng xung 1300 thông thường mà được sử dụng để khuếch trương graphen lên trên các hạt nóng chảy nhỏ. Một tùy chọn là, một hoặc nhiều biến thể của thiết bị dẫn sóng phun plasma vi sóng xung 1300 hoặc khía cạnh bất kỳ của chúng có thể được triển khai trong ngữ cảnh của kiến trúc và chức năng của phương pháp triển khai được mô tả trong bản mô tả này. Thiết bị dẫn sóng phun plasma vi sóng xung 1300 hoặc khía cạnh bất kỳ của chúng có thể được triển khai trong môi trường bất kỳ.

Theo phương án triển khai này, các bộ phận phân phối vi sóng và nguồn điện xung được tích hợp để tạo thành lò phản ứng khí “dẫn hướng bề mặt” (hoặc dạng tương tự). Như được thể hiện, tổ hợp của các bộ phận này được tạo kết cấu để tạo thuận lợi cho sự khuếch trương graphen lên trên các hạt nóng chảy nhỏ bằng cách sử dụng mỏ phun plasma vi sóng.

Phương thức thay thế là thực hiện việc vi hàn bằng cách sử dụng nguồn plasma khí tro vonfram (TIG) để làm nóng chảy một phần hoặc toàn bộ kim loại. Kỹ thuật hàn vi mô như vậy được trình bày và mô tả dựa vào Fig. 14.

FIG.14 là sơ đồ minh họa của kỹ thuật hàn vi mô 1400 được sử dụng để khuếch trương graphene lên trên các hạt nóng chảy nhỏ. Một tùy chọn là, một hoặc nhiều biến thể của kỹ thuật hàn vi mô 1400 hoặc khía cạnh bất kỳ của chúng có thể được triển khai trong ngữ cảnh kiến trúc và chức năng của phương pháp triển khai được mô tả trong bản mô tả này. Kỹ thuật hàn vi mô 1400 hoặc khía cạnh bất kỳ của chúng có thể được triển khai trong môi trường bất kỳ.

Đơn vị kiểm soát và cấp điện của máy hàn TIG công suất thấp, lưu lượng thấp với phần ngăn plasma tùy chỉnh có thể được sử dụng một cách hiệu quả để gia nhiệt các hạt kim loại thuộc mọi loại. Như được thể hiện, ống xả, khi được lồng vào ống phân ly khí plasma sóng bề mặt, cho phép nhiệt độ duy trì đủ cao cho sự khuếch trương của graphene. Cách thức khuếch trương này bao gồm việc kiểm soát các gốc plasma bao gồm hydrocacbon và các khí bổ sung khác tạo ra trong các điều kiện không cân bằng đem đến nhiều cơ hội điều chỉnh mà có thể được khai thác bằng nhiều kết cấu khác nhau của thiết bị phun plasma vi sóng. FIG.15, FIG.18A, FIG.18B, FIG.18C và FIG.18D, cũng như các hình vẽ khác và phần mô tả tương ứng bộc lộ các kết cấu làm ví dụ của thiết bị phun plasma.

FIG.15 là sơ đồ minh họa thiết bị phun plasma trong kết cấu đồng trục 1500. Một tùy chọn là, một hoặc nhiều biến thể của kết cấu đồng trục 1500 hoặc khía cạnh bất kỳ của chúng có thể được triển khai trong ngữ cảnh kiến trúc và chức năng của phương pháp triển khai được mô tả trong bản mô tả này. Kết cấu đồng trục 1500 hoặc khía cạnh bất kỳ của chúng có thể được triển khai trong môi trường bất kỳ.

Theo phương án triển khai kiểu đồng trục, việc phân phối năng lượng vi sóng đạt được thông qua sóng TEM được nạp vào ăngten với phần bên ngoài của bộ phận đồng trục là ống thạch anh mà bên ngoài nó là các hạt kim loại dạng bột chảy. Khí được đưa vào vùng trung tâm theo ví dụ này là khí hydrocacbon như metan, trong đó nó hấp thụ bức xạ vi sóng. Bột được gia nhiệt bằng năng lượng vi sóng thoát ra khỏi vùng trung tâm và bằng cách gia nhiệt cảm ứng bên ngoài, làm cho bột kim loại (ở dạng hạt) nóng chảy gần phần nghiêng hoặc phần chóp của khoang phản ứng được trình bày. Khi CH_4 phân tách (thành các loại cấu thành của nó, cacbon, hydro và/hoặc các dẫn xuất của nó), các gốc cacbon tạo nhân trên bề mặt của các giọt kim loại nóng chảy thông qua năng

lượng của các gốc plasma. Việc điều chỉnh chu kỳ làm việc vi sóng, cũng như điều chỉnh quá trình gia nhiệt cảm ứng, cũng như điều chỉnh các đặc tính của plasma, tạo điều kiện cho việc duy trì các nhiệt độ khác nhau giữa vùng nóng chảy và vùng phân tách/ion hóa plasma. Hơn nữa, nhiệt độ không cân bằng cho phép (tạo điều kiện) sự định vị mạng tinh thể nội bộ của graphene/cacbon, và sự làm nguội nhanh tạo ra các điều kiện có lợi cho sự khuếch trương thêm của các vật liệu covetic.

FIG.16 là sơ đồ minh họa thiết bị phun plasma 1600 thể hiện sự tiến triển của các vật liệu bằng cách xử lý qua chuỗi các điều kiện năng lượng không cân bằng. Một tùy chọn là, một hoặc nhiều biến thể của thiết bị phun plasma 1600 (hoặc khía cạnh bất kỳ của chúng) có thể được triển khai trong ngữ cảnh kiến trúc và chức năng của phương pháp triển khai được mô tả trong bản mô tả này. Thiết bị phun plasma 1600 hoặc khía cạnh bất kỳ của chúng có thể được triển khai trong môi trường bất kỳ.

Hình vẽ này mô tả sự tiến triển của vật liệu khi chúng đi qua thiết bị. Cụ thể, hình vẽ này mô tả các vùng trong đó xảy ra các thay đổi tiến triển khác nhau sao cho ở vùng gần đầu mút, graphene được khuếch trương trên các hạt nóng chảy kim loại nhỏ. Vật liệu này được lắng đọng trên lớp nền.

FIG.17 minh họa hệ thống plasma sóng bề mặt 1700 để khuếch trương graphene trên các hạt nóng chảy. Một tùy chọn là, một hoặc nhiều biến thể của hệ thống plasma sóng bề mặt 1700 hoặc khía cạnh bất kỳ của chúng có thể được triển khai trong ngữ cảnh kiến trúc và chức năng của phương pháp triển khai được mô tả trong bản mô tả này. Hệ thống plasma sóng bề mặt 1700 hoặc khía cạnh bất kỳ của chúng có thể được triển khai trong môi trường bất kỳ.

Trong kết cấu được thể hiện, khí cấp được nạp vào trong vùng trung tâm của thiết bị. Theo ví dụ này, khí hydrocacbon như metan được sử dụng. Khí hydrocacbon hấp thụ bức xạ vi sóng, cung cấp nguồn nhiệt để gia nhiệt bột kim loại. Do đó, bột kim loại được gia nhiệt từ cả: (1) năng lượng vi sóng thoát ra khỏi vùng trung tâm; và, (2) việc gia nhiệt cảm ứng bên ngoài, để làm nóng chảy và trở nên nóng chảy gần phần đầu mút. Khi khí hydrocacbon phân tách, các gốc cacbon tạo nhân trên bề mặt của các giọt kim loại nóng chảy qua năng lượng của các gốc plasma.

FIG.18A1 minh họa kết cấu trường trực 1810 của mỏ phun plasma. Việc tạo ra các vật liệu covetic đã được đề cập bằng cách sử dụng một vài thiết bị khác nhau và các quy trình tương ứng. Bất kỳ trong số các thiết bị và quy trình tương ứng nêu trên có thể được điều chỉnh để đạt được các điều kiện cụ thể để tạo ra vật liệu covetic. Trong kết cấu trường trực cụ thể được thể hiện, các quy trình bao gồm tạo ra điện trường 1804 giữa các điện cực để tạo ra dòng điện thông qua sự nóng chảy của các vật liệu kim loại và cacbon. Cụ thể, và như được thể hiện, mỏ phun plasma được tạo kết cấu cụ thể có trường được kiểm soát ngoại vi trong đó các hạt kim loại nóng chảy tạo ra plasma, nhờ đó trở thành điện cực meta. Điện cực ở phía còn lại của trường này được tạo ra bởi tấm khuếch trương 1803 được trình bày. Các vật liệu covetic được gia tốc thông qua vùng gia tốc 1821 và sau đó được lắng đọng lên trên bề mặt. Hợp kim được tạo ra và các vật liệu covetic tiếp tục được lắng đọng lên trên tấm khuếch trương và/hoặc lên trên các vật liệu được lắng đọng trong vùng tác động 1823. Các kỹ thuật để lắng đọng này tạo ra vật liệu trong đó tải lượng cacbon là đồng nhất và có hàm lượng cao.

Các vật liệu đầu vào có thể được chọn và thay đổi để đạt được các tính chất cụ thể của vật liệu được thể hiện. Ví dụ, và như được thể hiện, các đầu vào mỏ phun plasma có thể bao gồm các khí đầu vào 1812 khác nhau cũng như các kim loại đầu vào và/hoặc các hạt cacbon 1818. Các đầu vào nêu trên có thể được đưa vào trong một hoặc nhiều cửa vào 1862. Các đầu vào nói trên có thể được đưa vào một hoặc nhiều cửa vào 1862. Trong một số trường hợp, các kim loại đầu vào và/hoặc các hạt cacbon bị cuốn theo dòng khí đầu vào 1812. Ngoài ra, tấm khuếch trương có thể làm thay đổi kích thước và thành phần của nó trong quá trình lắng đọng đang tiếp diễn. Ví dụ, và như được minh họa, tấm khuếch trương 1803 ban đầu có thể là lớp nền 1816, phần trên cùng của lớp nền này được lắng đọng các vật liệu covetic nóng trong dòng hơi của mỏ phun mà làm nóng chảy ít nhất một phần lớp nền khi các vật liệu covetic được lắng đọng. Các vật liệu covetic nóng đã lắng đọng nguội từ trạng thái nóng chảy hoặc nóng chảy một phần để tạo thành các lớp đã nguội 1824.

Theo phương thức này, số lượng lớp bất kỳ có thể được tạo ra. Nhiệt độ ở lớp nền và/hoặc tại hoặc ở gần lớp trên cùng có thể được kiểm soát sao cho khi lớp vật liệu tiếp theo tiếp đất trên kim loại nóng chảy của lớp vừa mới lắng đọng trước đó, lớp mới

được lắng đọng khuếch trương theo chiều ngang để tạo ra graphen đơn lớp trên bề mặt của kim loại nóng chảy này. Cơ chế này khác biệt với các kỹ thuật khác ít nhất là ở chỗ, trái ngược với các phương pháp nấu chảy kim loại thông thường 103, trong đó cacbon kết tủa ra khỏi bùn kim loại nóng chảy, việc áp dụng các phương pháp mỏ phun plasma 104 được bộc lộ ở đây giúp làm nguội trong khoảng thời gian ngắn sao cho không có đủ thời gian để cacbon kết tủa ra khỏi chất nền. Do đó, các liên kết covetic vẫn nguyên vẹn trên toàn bộ lớp. Một lát sau, sau khi làm nguội tạo ra chất rắn kim loại và cacbon phân tán tốt, thì một lớp khác được phun ở phía trên lớp đó, v.v., nhờ đó tạo thành các lớp của graphen đơn lớp mà được khuếch trương, hút và làm nguội nhanh để tạo ra vật liệu covetic đúng nghĩa với tải lượng cacbon cực cao trong chất nền. Theo một ví dụ, khi sử dụng các phương pháp nấu chảy kim loại thông thường 103 (xem FIG.1A), tải lượng cacbon có thể đạt 6% cacbon kim loại. Ngược lại, khi sử dụng các phương pháp mỏ phun plasma 104 (xem FIG.1A), dễ dàng đạt được tải lượng cacbon 60%. Trong một số trường hợp, việc kiểm soát chặt chẽ đầu vào và các thông số xử lý của mỏ phun plasma và môi trường của nó cho phép tải lượng cacbon đạt đến 90% cacbon trong vật liệu thu được.

Kết quả thử nghiệm sử dụng mỏ phun plasma đã cho thấy rằng các lớp covetic chịu tải cao, có độ đồng đều cao có thể được tạo ra bằng ít nhất hai phương pháp làm nguội nhanh (chẳng hạn như 'splat'). Phương pháp thứ nhất đưa các hạt cacbon vào để bao phủ các hạt kim loại (chẳng hạn như trong plasma) và hỗn hợp nóng thu được sẽ được phun lên trên lớp nền lạnh hơn nhiều. Phương pháp thứ hai tạo ra graphen trong plasma và sau đó đưa kim loại nóng chảy bao phủ graphen vào. Trong cả hai trường hợp, liên kết covetic thực (chỉ sự kết hợp của hóa học cộng hóa trị và kim loại) diễn ra khi ở trong chùm plasma, và quá trình làm nguội nhanh chất phun đóng vai trò hút hỗn hợp vào mạng kim loại-hữu cơ.

Độ sâu hoặc độ dày của các lớp đã được làm nguội có thể được làm cho dày hơn hoặc mỏng hơn bằng cách kiểm soát khoảng cách giữa ngọn lửa plasma 1814 và lớp nền và/hoặc bằng cách kiểm soát các nhiệt độ ở lớp nền (như cao hơn hoặc thấp hơn môi trường xung quanh) và/hoặc bằng cách kiểm soát các áp suất trong và xung quanh lò phản ứng.

FIG.18B minh họa kết cấu trường xuyên tâm 1820 của mỏ phun plasma. Trong kết cấu này, các hạt nóng chảy tạo thành plasma bên trong mỏ, plasma này sẽ trở thành điện cực meta. Điện cực còn lại được tạo ra bởi mặt bên của vách bên trong.

Các kết cấu nêu trên trên FIG.18A và FIG.18B chỉ là các ví dụ. Có thể có các kết cấu khác liên quan đến các vật liệu đầu vào khác nhau và các kết cấu cửa vào khác nhau mà không vượt ra ngoài tính tổng quát của mỏ phun plasma được bộc lộ trong bản mô tả này. Hơn nữa, các kết cấu khác nhau liên quan đến các vật liệu đầu vào khác nhau và các kết cấu cửa vào khác nhau có thể đạt được cùng một kết quả dự tính. Ví dụ, hai kết cấu khác nhau được điều chỉnh để có được cùng một vật liệu thu được được thể hiện và mô tả dựa trên FIG.18C và FIG.18D. Cụ thể, các kết cấu làm ví dụ trên FIG.18C và FIG.18D có thể được sử dụng cho việc lắng đọng trong mỏ phun plasma đối với các vật liệu màng gồm lên trên các hạt chứa cacbon (như các hạt chứa graphen).

Thật vậy, sự lắng đọng màng mỏng của các vật liệu chứa cacbon (như lắng đọng hơi hóa học ở áp suất khí quyển (APECVD) và/hoặc các biến thể khác của lắng đọng hơi hóa học (CVD)) hữu ích ở nhiều lĩnh vực xử lý vật liệu. Các composít và lớp phủ khác nhau liên quan đến các vật liệu chứa cacbon như vậy có thể có các tính chất vật lý được cải thiện (như độ bền, chống chịu ăn mòn, v.v.). Các đặc tính hình thái của các cacbon 2D và 3D khác nhau mang đến các tính chất vật lý cải thiện cho composít và lớp phủ nhờ kết cấu cấp độ phân tử trong vật liệu chứa cacbon. Trong một số trường hợp, việc sử dụng cacbon 2D và 3D trong composít và lớp phủ làm tăng đáng kể tính chống chịu của vật liệu chứa cacbon thu được đối với nhiệt độ cao; tuy nhiên, trong một số trường hợp, nhiệt độ cao này tăng lên lớn hơn $\sim 2100^{\circ}\text{C}$, đủ cao để đốt cháy chính các cacbon 2D và 3D. Thật không may, việc phá hủy các cacbon 2D và 3D kéo theo việc loại bỏ lợi ích đạt được ban đầu bởi các cacbon trong composít hoặc lớp phủ. Do đó, các kỹ thuật lắng đọng (chẳng hạn như kết cấu mỏ phun plasma) là cần thiết để tạo ra composít hoặc lớp phủ chống chịu được nhiệt độ thậm chí cao hơn so với nhiệt độ đốt cháy của cacbon.

FIG.18C minh họa kết cấu như vậy, hoàn toàn chỉ là một ví dụ không giới hạn. Bằng cách điều chỉnh các đầu vào và các điều kiện khác nhau trong lò phản ứng, các vật liệu chứa graphen có thể được phủ lớp hấp thụ nhiệt bằng silic biến đổi hữu cơ

(ORMOSIL). Sự lắng đọng của vật liệu gồm ORMOSIL lên trên vật liệu chứa graphen có thể đạt được thông qua một vài phương pháp bao gồm thông qua quy trình lắng đọng hơi hóa học tăng cường plasma phản ứng, trong khí quyển bằng cách sử dụng tiền chất chứa silic 1841 (như hexametyl di-siloxan) và khí phản ứng như oxy. Hỗn hợp đặc biệt này của tiền chất chứa silic và oxy được làm cho có tính phản ứng trong plasma. Sự phân ly phân tử xảy ra trong ngọn lửa plasma dẫn đến sự lắng đọng oxit silic trên các bề mặt như tấm khuếch trương 1803 nêu trên. Để thực hiện điều này, các điều kiện trong lò phản ứng được kiểm soát sao cho gồm silic biến tính hữu cơ được lắng đọng lên trên các bề mặt của các hạt chứa cacbon khi chúng tạo ra trong lò phản ứng. Việc kiểm soát sự khuếch trương trong lò phản ứng và sự lắng đọng trong lò phản ứng (như bằng cách kiểm soát các quy trình APECVD) tạo ra lớp phủ thạch anh mỏng xung quanh các hạt chứa cacbon, mà theo đó được lắng đọng trên lớp nền. Lớp phủ thạch anh mỏng này đóng vai trò là lớp chống cháy để bảo vệ các hạt chứa cacbon không bị cháy ở nhiệt độ cao.

FIG.18D minh họa kết cấu thay thế, hoàn toàn chỉ là một ví dụ không giới hạn. Như được thể hiện, vật liệu chứa kim loại và/hoặc cacbon được đưa vào trong lò phản ứng. Năng lượng vi sóng 1822 được kiểm soát để đạt đến ít nhất nhiệt độ để phân ly các vật liệu chứa cacbon (như T(c-dis) trên FIG.10). Tiền chất chứa silic 1841 (như HMDSO, HMDSN, v.v.) được đưa vào trong ngọn lửa plasma và nhiệt độ được hạ xuống trong ngọn lửa plasma sau đó. Khi nhiệt độ được hạ xuống, các hạt cacbon bắt đầu hình thành, được phủ bằng oxit silic. Sau đó, các hạt cacbon được phủ bằng oxit silic này được lắng đọng trên lớp nền.

Theo một phương án triển khai, lớp mỏng có độ dày khoảng 10 nm của các vật liệu 3D này có thể được lắng đọng trên lớp nền, mà sẽ không cháy hoặc bắt lửa ngay cả ở nhiệt độ 1200°C. Điều này là do cacbon nguyên sinh (chẳng hạn như graphen) được kết tinh, sao cho nó không phải là vật liệu vô định hình. Thay vào đó, nó đã được giảm xuống trạng thái mà đơn giản là nó sẽ không cháy nữa.

Trong một trường hợp sử dụng, các kỹ thuật mủ phun plasma đã nói ở trên có thể được sử dụng để sản xuất ra các loại vật liệu hàn mới không eutecti. Hoặc, như một

trường hợp sử dụng khác, mỏ phun plasma có thể phun trực tiếp lớp phủ vật liệu lên lớp nền để ngăn vật liệu bên dưới bị oxy hóa.

Ngoài việc tạo thành vật liệu không cháy ngay cả ở nhiệt độ 1200°C trong áp suất khí quyển, việc đặt thạch anh xung quanh vật liệu thường mang lại những lợi thế rất lớn trong các ứng dụng.

Bên cạnh silic biến đổi hữu cơ, các chất hữu cơ khác có thể được sử dụng để phủ các hạt cacbon hoặc các lớp cacbon. Các đặc tính của lớp phủ này có thể được kiểm soát. Ví dụ, các lỗ trên bề mặt của vật liệu phun lên có thể được điều chỉnh để trở nên nhẵn bằng thủy lực.

Mỏ phun plasma có thể được sử dụng để tạo ra graphen hấp thụ nhiệt, tráng thủy tinh, không bắt lửa, bao gồm graphen và silic, trong đó silic phủ lên graphen để graphen có thể chịu được nhiệt độ cao hơn 1600°C . Graphen hấp thụ nhiệt, tráng thủy tinh, không bắt lửa sẽ hấp thụ năng lượng hồng ngoại.

Một phương pháp cụ thể để sản xuất lớp phủ silic biến đổi hữu cơ bao gồm các bước (ví dụ): (1) đưa tiền chất chứa silic vào thiết bị mỏ phun plasma, (2) kết hợp tiền chất chứa silic này với khí mang có các hạt cacbon bị cuốn vào trong khí tiền chất và (3) phủ các hạt cacbon này bằng silic.

Các đặc tính của vật liệu chống cháy và che khuất hồng ngoại là kết quả của kết cấu mỏ phun plasma trên FIG.18C và/hoặc FIG.18D có thể được điều chỉnh, ít nhất một phần, bằng cách kiểm soát các đường dẫn thời gian-nhiệt độ thông qua lò phản ứng. Tổng quát hơn, các đặc tính của vật liệu là kết quả của kết cấu mỏ phun plasma trên FIG.18A, FIG.18B, FIG.18C hoặc FIG.18D có thể được điều chỉnh, ít nhất một phần, bằng cách kiểm soát (như tạo xung) năng lượng vi sóng bên trong lò phản ứng.

FIG.19 là sơ đồ 1900 minh họa năng lượng theo thời gian trong khi bật xung và tắt xung. Cụ thể hơn, biểu đồ này trình bày một chu kỳ thời gian hoàn chỉnh, từ thời điểm $T = 0$ đến 50 micro giây khi vi sóng được bật liên tục và sau đó phần còn lại của chu kỳ được thể hiện mô tả thời điểm vi sóng được tắt. Các đường cong biểu đồ mô tả (1) sự thay đổi mật độ, và (2) sự thay đổi nhiệt độ trong chu kỳ. Tại thời điểm $T = 0$, nhiệt độ ở điểm cực tiểu (như được mô tả ở điểm bắt đầu của biểu đồ). Nhiệt độ tăng

nhanh, sau đó giảm xuống, trong thời gian đó mật độ plasma đạt giá trị tương đối ổn định. Khi tắt vi sóng ở thời điểm $T = 50$ micro giây, cả mật độ plasma và nhiệt độ electron theo thời gian đều giảm nhanh chóng. Thời gian xung và chu kỳ làm việc có thể được kiểm soát để đạt được mật độ và nhiệt độ cụ thể tại bất kỳ thời điểm nào.

FIG.20A1 minh họa các hình ảnh cho thấy liên kết hữu cơ-kim loại diễn ra khi kết hợp cacbon và đồng bằng cách sử dụng mỏ phun plasma. Như được thể hiện, cacbon 2052 được nhúng sâu vào trong đồng 2054. Như thường được hiểu và đề cập ở đây, hóa học kim loại hữu cơ chỉ việc nghiên cứu các hợp chất kim loại hữu cơ, các hợp chất hóa học chứa ít nhất một liên kết hóa học giữa nguyên tử cacbon của phân tử hữu cơ và kim loại, bao gồm các kim loại kiềm, kim loại kiềm thổ và kim loại chuyển tiếp, và đôi khi được mở rộng để bao gồm cả các kim loại như Bo, silic và thiếc. Ngoài các liên kết với các đoạn hoặc phân tử organyl, các liên kết với cacbon 'vô cơ', như cacbon monoxit (cacbonyl kim loại), xyanua hoặc cacbua, thường cũng được coi là kim loại hữu cơ. Các hợp chất liên quan như hydrua kim loại chuyển tiếp và phức chất photphin kim loại có thể được đưa vào thảo luận về các hợp chất kim loại hữu cơ, mặc dù nói một cách chính xác, chúng không nhất thiết phải là kim loại hữu cơ.

Trong hóa học hữu cơ kim loại, các hợp chất đồng hữu cơ chứa các liên kết hóa học cacbon với đồng, và có thể có các tính chất vật lý, tổng hợp và các phản ứng độc nhất. Các hợp chất đồng hữu cơ có thể đa dạng về cấu trúc và khả năng phản ứng nhưng vẫn bị hạn chế phần nào ở trạng thái oxy hóa thành đồng (I), như được ký hiệu là Cu^+ . Là một tâm kim loại d^{10} , nó có liên quan đến $\text{Ni}(0)$, nhưng do ở trạng thái oxy hóa cao hơn, nên nó tham gia vào ít liên kết mạch chính pi hơn. Các dẫn xuất hữu cơ của $\text{Cu}(II)$ và $\text{Cu}(III)$ có thể được gọi là chất trung gian nhưng hiếm khi được phân lập hoặc thậm chí không quan sát được. Về mặt hình học, đồng (I) chấp nhận cấu trúc đối xứng, phù hợp với lớp vỏ điện tử hình cầu của nó. Thông thường, một trong ba hình học tọa độ có thể được áp dụng: tọa độ 2 tuyến tính, tọa độ 3 tam giác và tọa độ 4 tứ diện. Các hợp chất đồng hữu cơ tạo ra các phức với nhiều loại phối tử mềm như alkyl phosphin (R_3P), thioete (R_2S) và xyanua (CN^-).

Bằng bất kỳ một hoặc nhiều kỹ thuật nói trên, cacbon được mô tả trên FIG.20A1 và FIG.20A2 được liên kết hóa học với đồng - trái ngược với việc chỉ đơn thuần là liên

kết với đồng để kết dính vào đó thông qua lực van der Waals (như đề cập đến tương tác phụ thuộc vào khoảng cách giữa các nguyên tử hoặc phân tử). Không giống như liên kết ion hoặc liên kết cộng hóa trị, lực van der Waals không phải là kết quả của liên kết hóa điện tử; chúng tương đối yếu và do đó dễ bị xáo trộn hơn. Hơn nữa, lực van der Waals nhanh chóng biến mất ở khoảng cách xa hơn giữa các phân tử tương tác. Thay vào đó, điều mong muốn là liên kết kim loại hữu cơ giữa kim loại và cacbon.

FIG.20A2 minh họa các hình ảnh là hợp phần được phân cấp của vật chất được phủ vào trong vật liệu nền và thể hiện ba vùng tính chất vật liệu. Vùng kim loại khối 2066 là vùng tính chất vật liệu thứ nhất của ba vùng tính chất vật liệu này. Như được thể hiện, vùng tính chất vật liệu thứ nhất chứa kim loại để tạo ra tinh thể thứ nhất, sự tạo ra tinh thể thứ nhất về cơ bản có các liên kết kim loại giữa các nguyên tử kim loại có trong vùng tính chất vật liệu thứ nhất. Vùng tính chất vật liệu thứ nhất này gần như liên kết với vùng tính chất vật liệu thứ hai mà chồng ít nhất một phần lên vùng tính chất vật liệu thứ nhất. Vùng vật liệu covetic 2064 bao gồm ít nhất một vài nguyên tử cacbon để tạo ra tinh thể thứ hai, trong đó sự tạo ra tinh thể thứ hai có ít nhất một vài liên kết cộng hóa trị giữa một vài trong số các nguyên tử cacbon có trong vùng tính chất vật liệu thứ hai và các nguyên tử kim loại có trong vùng tính chất vật liệu thứ nhất. Vùng bề mặt phía trên 2062 là vùng tính chất vật liệu thứ ba mà chồng ít nhất một phần lên vùng tính chất vật liệu thứ hai. Vùng bề mặt phía trên này bao gồm các nguyên tử cacbon khác được định hướng để tạo ra tinh thể thứ ba. Sự tạo ra tinh thể thứ ba được mô tả đặc điểm là có ít nhất một vài liên kết cộng hóa trị giữa các nguyên tử trong số các nguyên tử cacbon khác có trong vùng tính chất vật liệu thứ ba. Theo các phương án triển khai khác nhau, có một vài nguyên tử kim loại ở vùng bất kỳ trong số các vùng này, và có một vài nguyên tử cacbon ở vùng bất kỳ trong số các vùng này, tuy nhiên, phương án triển khai này được mô tả đặc điểm bởi vùng có hàm lượng kim loại cao hơn 2074 tiếp giáp với vùng kim loại khối 2066. Theo các phương án triển khai khác nhau, có thể có một số nguyên tử cacbon ở bất kỳ vùng nào và có thể có một số nguyên tử kim loại ở bất kỳ vùng nào, tuy nhiên, phương án triển khai này được đặc trưng bởi vùng có hàm lượng cacbon cao hơn 2072 tiếp giáp với vùng bề mặt phía trên 2062.

FIG.20B là biểu đồ tiến triển vật liệu 20B00 minh họa một vài kết cấu phân lớp xuất hiện khi thêm cacbon vào nhôm dạng khối. Theo các phương án triển khai này, các vật liệu được phun lên lớp nền hoặc lớp cacbua covetic giàu cacbon hiện có để tạo liên kết cacbon với cacbon thông qua quá trình nung kết cacbon và/hoặc đóng gói nóng chảy kim loại, từ đó tạo ra các vật liệu kèm theo để tạo thành màng composít. Biểu đồ tiến triển vật liệu 20B00 chỉ là một ví dụ về vật liệu tổ hợp (cacbua silic) được phun lên vật liệu khối nhôm. Quy trình này có thể được điều chỉnh để tạo ra màng covetic hoặc giống covetic được lắng đọng trên các vật liệu khối. Các vật liệu thu được sau đó có thể được phủ để tạo ra lớp trên cùng được chức năng hóa. Một kết cấu khả thi của thiết bị phun vật liệu kết hợp lên lớp nền được nêu ra trên FIG.21A.

FIG.21A minh họa thiết bị phun hỗn hợp các vật liệu được nấu chảy lên trên lớp nền. Hình vẽ này minh họa lò phản ứng vi sóng bao gồm nhiều vùng bên trong một bình chứa. Năng lượng vi sóng xung được phân phối vào bình chứa. Khí quy trình hydrocacbon 605 được cung cấp thông qua cửa vào. Năng lượng vi sóng gia nhiệt khí quy trình đến nhiệt độ đủ cao để tạo thành plasma. Sự giãn nở của các vật liệu trong bình chứa tạo ra một chùm plasma. Việc bổ sung liên tục các vật liệu vào bình chứa kết hợp với sự giãn nở đã nói ở trên dẫn đến hiệu ứng mở phun trong và xung quanh chùm. Kết quả là do nhiệt độ cao bên trong và xung quanh chùm plasma, cacbon phân tách khỏi hydro, do đó tạo ra một số loại hydrocacbon khác nhau (chẳng hạn như CH_3 , CH_2). Khi nhiệt độ tiếp tục tăng (chẳng hạn như trong vùng thứ nhất 2104, như được thể hiện), tất cả hoặc gần như tất cả các nguyên tử cacbon trở nên phân tách khỏi hydro. Bằng cách sử dụng bất kỳ kỹ thuật nào đã biết (chẳng hạn như sử dụng bộ tách khí-rắn), các loại chỉ chứa hydro sẽ được tách ra khỏi các loại cacbon rắn.

Tại mặt phân cách giữa vùng thứ nhất 2104 của bình chứa và vùng thứ hai 2106 của bình chứa, composít kim loại nóng chảy hoặc kim loại nóng chảy, hoặc gốm-kim loại nóng chảy, hoặc chất nền kim loại, hoặc hỗn hợp kim loại thuộc loại bất kỳ được đưa vào thông qua cửa vào thứ hai vào bình chứa (như được thể hiện). Vị trí của cửa vào thứ hai được chọn dựa trên kích thước của chùm plasma và/hoặc nhiệt độ của kim loại nóng chảy tại điểm đầu vào của bình chứa. Cụ thể hơn, kim loại nóng chảy 2108 được đưa vào lò phản ứng tại vị trí mà kim loại nóng chảy trộn với các loại cacbon. Khi

hỗn hợp chảy (như với vận tốc cao) qua bình chứa, thì hỗn hợp này nguội đến nhiệt độ thấp hơn. Hỗn hợp chảy thoát khỏi bình chứa với vận tốc cao sao cho hỗn hợp cacbon và kim loại nóng chảy được phun ra khỏi cửa thoát 2110. Hỗn hợp này được lắng đọng (như qua việc phun vật liệu được phun 2112) lên lớp nền đích 2116. Các cơ chế khác nhau để kiểm soát tính đồng nhất của vật liệu được phun 2112 và/hoặc vật liệu lắng đọng thu được 2114 được thể hiện và thảo luận dựa trên các hình vẽ từ Fig.23A đến Fig.23D.

Nhiệt độ ở vùng thứ hai đủ thấp để ít nhất một số cacbon kết tủa ra khỏi hỗn hợp. Tuy nhiên, phần lớn cacbon phân ly vẫn ở trong hỗn hợp với kim loại nóng chảy. Khi kim loại nóng chảy được trộn với cacbon chạm đến lớp nền đích 2116, nó nguội đi thành chất rắn. Trong quá trình chuyển tiếp từ hỗn hợp nóng chảy sang dạng cặn rắn, cacbon bị giữ lại giữa các lớp kim loại và cacbon. Ở nhiệt độ nhất định, cacbon tạo liên kết cộng hóa trị với kim loại, do đó tạo thành vật liệu covetic. Vật liệu covetic này có một loạt các tính chất cơ, nhiệt, điện và ma sát do lực cố kết tăng lên (như liên kết cộng hóa trị) giữa chất nền kim loại và cacbon.

Các vật liệu covetic như vậy là kết quả của việc sử dụng năng lượng vi sóng xung để kiểm soát sự phân bố năng lượng của các thành phần của vật liệu ở vùng thứ nhất và vùng thứ hai của lò phản ứng. Cụ thể hơn, sự phân bố năng lượng của các thành phần của vật liệu trong vùng thứ nhất và vùng thứ hai của lò phản ứng có thể được kiểm soát một phần bằng cách tạo xung vi sóng và một phần bằng cách nấu chảy trước các hạt kim loại trong môi trường bên ngoài khoang của lò phản ứng (như để đưa kim loại đã nóng chảy hoàn toàn hoặc nóng chảy một phần vào khoang của lò phản ứng). Các kỹ thuật đã biết bất kỳ có thể được sử dụng, đơn lẻ hoặc kết hợp để làm nóng chảy các hạt kim loại. Như vậy, mức độ và/hoặc hỗn hợp của các hạt nóng chảy hoàn toàn hoặc nóng chảy một phần có thể kiểm soát được.

FIG.21B minh họa phương pháp phun các vật liệu covetic lên trên lớp nền. Phương pháp này có thể được sử dụng kết hợp với thiết bị trên FIG.21A. Như được thể hiện, phương pháp này được thực hiện bằng cách sử dụng lò phản ứng vi sóng có cửa vào đối với khí quy trình, cửa vào đối với kim loại nóng chảy, và cửa thoát. Trước khi vận hành, các lò phản ứng vi sóng được tạo kết cấu (thao tác 21B02). Tại thao tác

21B10, cửa vào dùng để đưa khí quy trình hydrocacbon vào trong vùng thứ nhất của lò phản ứng. Bằng cách sử dụng năng lượng vi sóng, nhiệt độ ở vùng thứ nhất của lò phản ứng được nâng lên sao cho khí quy trình hydrocacbon phân tách thành các dạng cacbon và hydro trước khi chạm đến kim loại nóng chảy. Một cửa vào khác dùng để đưa kim loại nóng chảy vào trong vùng thứ hai của lò phản ứng (thao tác 21B20). Nhiệt độ tăng cao trong vùng thứ hai được duy trì cho đến khi cacbon đã phân ly trộn với kim loại nóng chảy (thao tác 21B30). Chùm plasma nêu trên có tác dụng trong việc dịch chuyển hỗn hợp vào trong vùng thứ ba của lò phản ứng (thao tác 21B40). Việc dịch chuyển ra xa khỏi nguồn năng lượng vi sóng có tác dụng giảm nhiệt độ của hỗn hợp cho đến khi một vài cacbon ngưng tụ khỏi hỗn hợp (thao tác 21B50). Tuy nhiên, mặc dù các nhiệt độ giảm xuống, tác động của mỏ phun plasma nhằm để dịch chuyển hỗn hợp qua cửa thoát ở tốc độ cao (thao tác 21B60). Như vậy, hỗn hợp nóng chảy được phun lên trên lớp nền (thao tác 21B70).

FIG.21C là sơ đồ minh họa quy trình phun plasma được sử dụng để phun màng. Như được thể hiện, các gốc cacbon, gốc thiom đa vòng, tấm graphen và các hạt kim loại được trộn lẫn ở nhiệt độ cao trong lò phản ứng plasma (như để chỉ vùng thứ nhất 2104 được thể hiện). Sự tạo nhân xảy ra ở các nhiệt độ cao này, và khi nhiệt độ bên trong lò phản ứng giảm (như để chỉ vùng thứ hai 2106 được thể hiện), sự khuếch trương và lắp ráp bắt đầu. Một cơ chế khuếch trương có thể có được minh họa bởi các hạt nhôm có kích thước nhỏ hơn micromet được phủ bởi vài lớp graphen. Các hạt nhôm có kích thước nhỏ hơn micromet này được giữ cùng nhau với tổ hợp của các liên kết kim loại, liên kết cộng hóa trị và liên kết covetic. Cụ thể hơn, và như được thể hiện ở thang 2 nm, các nguyên tử cacbon được gắn vào các nguyên tử nhôm. Các nguyên tử cacbon được bố trí thành mặt phẳng graphen cố kết nằm trong chất nền nhôm. Việc đề cập nêu trên liên quan đến nhôm chỉ là một ví dụ. Các kim loại khác có thể được sử dụng. Trên thực tế, mặt phẳng graphen cố kết có thể được đặt không chỉ trong mạng kim loại lập phương tâm mặt (FCC), mà còn trong mạng tinh thể kim loại lập phương tâm khối (BCC) hoặc trong mạng kim loại hình lục giác đóng kín (HCC).

Các hạt được phủ ở trên sau đó được nung kết để tạo thành các hạt có đường kính theo bậc 100 micromet. Sau đó, các hạt bán nóng chảy này được tăng tốc qua lò

phản ứng và tác động vào lớp nền (như trong đường đi qua thứ nhất), hoặc lên trên lớp đã lắng đọng trước đó của các hạt đã tác động (như trong đường đi qua thứ hai hoặc thứ N).

FIG.22A minh họa thiết bị bọc các hạt cacbon với kim loại nóng chảy. Kết cấu của thiết bị trên FIG.22A khác với kết cấu của thiết bị trên FIG.21A ít nhất ở chỗ việc đưa kim loại nóng chảy vào được kiểm soát bằng cách sử dụng thiết bị nấu chảy 2209. Kim loại nóng chảy được kiểm soát để tạo ra kim loại nóng chảy để bọc các hạt cacbon khi kim loại nóng chảy được đưa vào trong lò phản ứng.

FIG.22B minh họa phương pháp bọc các hạt cacbon bằng kim loại nóng chảy. Phương pháp này khác với phương pháp trên FIG.21B ít nhất ở chỗ, trong thao tác 22B30, nhiệt độ ở các vùng khác nhau của lò phản ứng được duy trì sao cho một số dạng hạt cacbon tạo ra từ các nguyên tử cacbon phân ly. Ở thao tác 22B50, ít nhất một số hạt cacbon đó được bao bởi kim loại nóng chảy. Một số liên kết được tạo ra giữa các nguyên tử cấu thành của các hạt cacbon và các nguyên tử của kim loại nóng chảy. Ở thao tác 21B60, các hạt cacbon bọc kim loại di chuyển qua cửa thoát, làm giảm nhiệt độ hơn nữa. Khi các hạt được bọc kim loại được lắng đọng lên trên lớp nền (thao tác 21B70), các liên kết tiếp theo được tạo ra giữa cacbon bọc kim loại và kim loại của lớp nền.

FIG.23A, FIG.23B, FIG.23C, và FIG.23D minh họa các kỹ thuật lắng đọng làm ví dụ, theo một số phương án triển khai.

Như được thể hiện trên FIG.23A, vật liệu lắng đọng có dạng cong được đặc trưng bởi vùng giữa có chiều cao lớn hơn và vùng cuối có chiều cao thấp hơn. Trong một số trường hợp, đây là hình dạng mong muốn cho một điểm vật liệu lắng đọng. Trong các trường hợp khác, mong muốn có thể phun các vật liệu được lắng đọng trên diện tích lớn hơn. Điều này có thể được thực hiện bằng cách di chuyển lớp nền so với bình phun, hoặc bằng cách di chuyển bình phun so với lớp nền. FIG.23B minh họa lớp nền mềm dẻo 2310 được đặt trên một cuộn tiếp liệu. Lớp nền mềm dẻo có thể được kéo lên và bao quanh cuộn tiếp nhận. Như vậy, và trong kết cấu trên FIG. 23B, việc phun làm lắng đọng các vật liệu covetic một cách đồng đều lên trên lớp nền chuyển động. Khi chuyển

động tương đối giữa vật liệu được phun 2112 và lớp nền được kiểm soát, các vật liệu lắng đọng tạo thành có độ dày đồng đều.

Theo một số trường hợp, mong đợi là có một mẫu hình không phẳng, nhưng đồng đều trên bề mặt của vật liệu lắng đọng. Trong tình huống như vậy, việc chuyển động của lớp nền có thể được bù bậc qua một loạt các vị trí riêng rẽ, do đó tạo ra mẫu hình trên FIG.23C. Ngoài ra, hoặc theo cách khác, ăngten có rãnh có thể được bố trí giữa vật liệu được phun 2112 và lớp nền. Ăngten có rãnh hoạt động bằng cách phân tán tia phun đồng đều lên khoảng cách bên của ăngten có rãnh. Bằng cách sử dụng ăngten có rãnh như vậy, một điểm duy nhất của vật liệu được phun 2112 có thể có độ dày và độ đồng đều bề mặt về cơ bản như thể hiện trên Fig.23D.

FIG.24A và FIG.24B minh họa các kỹ thuật thông thường để lắng đọng các vật liệu lên trên lớp nền. Như được thể hiện trên FIG.24A, phần kết tụ cacbon được duy trì cùng nhau qua việc sử dụng chất liên kết (như polyme). Điều này dẫn đến sự liên kết yếu tại bề mặt phân cách giữa phần kết tụ cacbon và lớp nền. FIG.24B minh họa việc phủ các vật liệu cacbon lên trên lớp nền bằng cách sử dụng chất liên kết. Sự lắng đọng thông thường bằng cách sử dụng chất liên kết sẽ bị bong tróc. Hơn nữa, ngay cả khi bề mặt của lớp nền được xử lý sơ bộ về mặt cơ học và/hoặc được xử lý sơ bộ bằng cách lắng đọng vật liệu liên kết, thì các tương tác giữa lớp nền và phần kết tụ cacbon vẫn yếu.

Như đã mô tả ở đây, các lớp phủ dựa trên sự lắng đọng của các vật liệu lên trên lớp nền bằng cách sử dụng chất liên kết và/hoặc sử dụng các kỹ thuật phủ (như được thể hiện và được mô tả dựa trên FIG.24A và FIG.24B) bị bong tróc, đặc tính độ bền thấp và các đặc tính cơ học không mong muốn khác. Các cải tiến dựa trên kỹ thuật phun plasma được thể hiện và được đề cập trên FIG.25A và FIG.25B.

FIG.25A và FIG.25B minh họa các kỹ thuật lắng đọng làm ví dụ dẫn đến sự liên kết cộng hóa trị tại bề mặt của lớp nền, theo một số phương án triển khai. Cụ thể, và như được thể hiện, khi các kỹ thuật được bộc lộ ở đây được sử dụng, các vật liệu covetic được tạo ra bằng các liên kết cộng hóa trị giữa cacbon và lớp nền. Như vậy, không cần có chất liên kết hoặc sử dụng chất liên kết. Hơn nữa, nhiều liên kết được tạo ra ở mặt phân cách giữa lớp nền và vật liệu covetic là các liên kết cộng hóa trị mạnh. Trong một

trường hợp cụ thể, trong đó lớp nền là nhôm, các liên kết cộng hóa trị được tạo ra giữa các nguyên tử ở trong cấu trúc lập phương tâm mặt của nhôm và các nguyên tử của cacbon ở trong cấu trúc lục giác. Sơ đồ của liên kết mặt phân cách được minh họa trên FIG.25B.

FIG.26A, FIG.26B, FIG.26C, và FIG.26D thể hiện các sơ đồ giản lược minh họa cách mà các liên kết cộng hóa trị được tạo ra giữa các vị trí trong dạng hình vuông của cấu trúc lập phương tâm mặt của nhôm và các vị trí trong dạng hình lục giác xuất hiện trong một số cấu trúc tinh thể nhất định của cacbon.

FIG.26A là hình vẽ trực giao thể hiện các dạng hình vuông của cấu trúc lập phương tâm mặt của nhôm. FIG.26B là hình vẽ trực giao thể hiện các dạng hình lục giác xuất hiện trong một số cấu trúc tinh thể nhất định của nhôm.

FIG.26C minh họa một sự xếp chồng có thể có của các dạng lục giác xảy ra trong một số cấu trúc tinh thể nhất định của cacbon ở trên đỉnh của dạng hình vuông của cấu trúc lập phương tâm mặt của nhôm. FIG. 26D minh họa các liên kết cộng hóa trị được tạo ra ở các vị trí nhất định. Ví dụ về cấu trúc lập phương tâm mặt của nhôm chỉ là một ví dụ. Các kim loại khác có cấu trúc tinh thể khác cũng khả thi.

FIG.26E là một ví dụ về vật liệu covetic phân lớp 26E00, trong đó cấu trúc giống như graphen được kẹp giữa các lớp vật liệu kim loại. Lớp dưới của vật liệu kim loại là lớp nền. Lớp trên của vật liệu kim loại được tạo ra từ vật liệu được làm nguội đã được nấu chảy trước đó lúc ở trong lò phản ứng. Cấu trúc giống như graphen được kẹp giữa các lớp vật liệu kim loại được giữ lại giữa hai lớp kim loại do sự hình thành liên kết kim loại-kim loại giữa hai lớp kim loại đó. Ngoài các liên kết kim loại, các liên kết khác cũng được tạo ra để bao bọc vật liệu giống graphen giữa các lớp kim loại. Ở một số vị trí, có các khiếm khuyết trong mạng tinh thể cacbon. Các loại liên kết khác nhau được tạo ra giữa hoặc gần các khiếm khuyết như vậy.

Kỹ thuật bất kỳ hoặc tất cả các kỹ thuật nêu trên để tạo ra các vật liệu covetic có thể được sử dụng trong nhiều ứng dụng liên quan đến nhiều loại lớp nền khác nhau. Hơn nữa, sự chuyển động tương đối giữa bình phun và lớp nền có thể được kiểm soát để tạo ra các chất lắng đọng ở độ dày bất kỳ. Các kỹ thuật đã biết bất kỳ có thể được sử dụng để kiểm soát sự chuyển động tương đối này. Ví dụ, cửa thoát có thể được di chuyển

trên lớp nền tĩnh. Điều này có thể được thực hiện bằng cách sử dụng thiết bị cầm tay hoặc thiết bị kiểm soát bằng robot mà được di chuyển so với lớp nền tĩnh. Trong một số trường hợp, lớp nền có thể chịu điện áp phân cực sao cho ít nhất một số vật liệu mà được phun ra khỏi cửa thoát được hút tĩnh điện vào bề mặt của lớp nền. Điều này có khả năng áp dụng trong các ứng dụng mà lớp nền không phẳng đồng đều. Ví dụ, các ứng dụng mà lớp nền không phẳng đồng đều có thể bao gồm: (1) các bộ phận được định hình được sử dụng trong máy móc chịu các điều kiện khắc nghiệt về ăn mòn, (2) cánh tua bin, (3) các bộ phận của máy trao đổi nhiệt, v.v., nhiều trong số các ứng dụng này được đề cập sau đây.

Trong các tình huống khác, các đặc tính (như độ dày, độ đồng đều bên, v.v.) của phần lắng đọng có thể được tăng cường thông qua việc sử dụng và/hoặc kết hợp các kỹ thuật lắng đọng hơi hóa học khác nhau. Hoàn toàn chỉ là một ví dụ, các khía cạnh hoặc các thông số liên quan đến kỹ thuật lắng đọng hơi hóa chất được tăng cường plasma đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật có thể được kiểm soát để tối ưu hóa các đặc tính của các lớp lắng đọng của các vật liệu covetic. Theo một ví dụ khác, thay vì lắng đọng các vật liệu covetic lên trên bề mặt để tạo ra màng hoặc lớp phủ, các vật liệu covetic có thể được tạo thành các hạt (như bằng cách phun vào môi trường nhiệt độ thấp hơn) và thu gom các hạt dưới dạng bột. Các kỹ thuật khác nhau liên quan đến việc sản xuất và sử dụng các vật liệu covetic dạng bột được đề cập ngắn gọn sau đây.

Các vật liệu covetic dạng bột

Theo một số phương án triển khai, thay vì tạo ra các vật liệu covetic dưới dạng màng hoặc lớp phủ trên hoặc trong lớp nền, các vật liệu covetic có thể được phân phối dưới dạng bột vật liệu covetic. Vật liệu covetic dạng bột như vậy có thể được thu gom khi nó thoát khỏi lò phản ứng, được làm lạnh đến nhiệt độ thấp hơn điểm nóng chảy của vật liệu covetic và được thu gom dưới dạng bột. Do đó, bột có thể được xử lý (như được lưu trữ và được vận chuyển, được rót, được trộn, v.v.) ở nhiệt độ phòng. Sau đó, bột có thể được nấu chảy lại và ép thành hình dạng hoặc được nấu chảy lại và phun lại. Theo các ví dụ, các thành phần để sử dụng trong môi trường ăn mòn cao có thể được tạo ra từ các vật liệu covetic dạng bột như vậy bằng cách sử dụng kỹ thuật ép phun hoặc ép đùn. Nhiều thiết bị có thể được sử dụng, riêng biệt hoặc kết hợp để tạo ra và vận chuyển

bột vật liệu covetic. Thiết bị làm ví dụ được thể hiện và được mô tả dựa vào FIG.27A và FIG.27B.

FIG.27A minh họa thiết bị làm ví dụ 27A00 để sản xuất vật liệu covetic dạng bột 2710 sử dụng vùng làm mát 2702 để làm mát vật liệu được phun 2112 khi bình phun được ép đi qua cửa thoát 2110 của lò phản ứng vi sóng. Một hoặc nhiều kỹ thuật làm mát bất kỳ trong tổ hợp bất kỳ có thể được sử dụng để hạ nhiệt độ của vật liệu covetic ở vùng làm mát 2702 xuống nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ nóng chảy của vật liệu covetic. Vùng làm mát 2702 có thể chứa một hoặc nhiều thiết bị để làm mát. Ví dụ, và như được thể hiện, thùng thu gom 2704 có thể được lắp khớp với một hoặc nhiều thiết bị để gây ra hiệu ứng lốc xoáy trong thùng thu gom, nhờ đó làm tăng thời gian hạ nhiệt độ của vật liệu covetic. Trong một số trường hợp, thời gian để làm mát vật liệu covetic được kiểm soát (như bằng cách tăng hoặc giảm thời gian) để cho phép vật liệu covetic này nung với độ liên kết đồng đều ở mức cao. Trong một số trường hợp, việc kiểm soát thời gian trong khi đó vật liệu covetic được làm lạnh cho phép vật liệu covetic kết tinh thành các cấu trúc tinh thể đồng đều ở mức cao, trong khi vẫn ở dạng bột. Theo một số phương án triển khai, máy khuấy trộn dạng xe lật cơ học có thể được lắp khớp giữa cửa thoát 2110 của lò phản ứng vi sóng và thùng thu gom 2704. Máy khuấy trộn dạng xe lật có thể được làm sạch hoặc được thay thế định kỳ.

Theo cách khác, hoặc ngoài ra, và trong các trường hợp trong đó để thuận tiện và/hoặc cần thiết cho việc chứa và/hoặc vận chuyển vật liệu covetic dạng bột trong chất lưu, thiết bị tầng sôi có thể được sử dụng. Ví dụ, để tránh sự kết tụ các hạt dạng bột, vật liệu covetic dạng bột có thể được giữ trong chất lưu. Theo một số phương án, thiết bị tầng sôi có thể được lắp khớp giữa cửa thoát 2110 của lò phản ứng vi sóng và thùng thu gom 2704. Một phương án triển khai của thiết bị tầng sôi như vậy được thể hiện và được mô tả dựa vào FIG.27B.

FIG.27B minh họa thiết bị tầng sôi làm ví dụ 27B00 để làm mát và xử lý các vật liệu covetic dạng bột trong chất lưu.

Như được thể hiện, hỗn hợp kim loại nóng chảy và cacbon được ép đi qua cửa thoát của lò phản ứng và đi vào phần bên trên của tầng sôi 2750. Khi hỗn hợp kim loại nóng chảy và cacbon bị ép ra khỏi cửa thoát, nó được làm mát theo phương thức để tạo

ra các hạt. Các hạt được tác động bởi trọng lực hướng xuống (như theo hướng đi xuống, như được thể hiện) trong khi đồng thời chất lưu quy trình 2754 bị ép từ đáy của tầng sôi để tạo ra lực hướng lên. Do đó, các hạt gia tốc về phía đáy của tầng sôi với tốc độ gia tốc chậm hơn tốc độ của trọng lực cục bộ. Động lực của dòng chảy có thể được điều biến một phần bởi dạng hình học của tầng sôi. Ví dụ, và như được thể hiện, chiều dài của tầng sôi có thể tạo thành phần thân hình côn 2762 trong đó đầu thứ nhất của phần thân hình côn có kích thước thứ nhất là $D1$ và trong đó đầu thứ hai của phần thân hình côn có kích thước thứ hai là $D2$, và trong đó $D1 > D2$. Nhiệt độ trong các phần khác nhau của tầng sôi có thể được kiểm soát một phần bằng nguồn điện 2752 mà cấp điện cho cuộn dây (như được thể hiện) và/hoặc nguồn nhiệt 2760 để gia nhiệt chất lưu quy trình 2754 trước khi chất lưu quy trình này đi vào đáy của tầng sôi.

Áp suất và tốc độ dòng chảy và các điều kiện khác trong tầng sôi và tại các mặt phân cách môi trường của tầng sôi có vai trò làm cho hỗn hợp bột và chất lưu hoạt động cùng nhau như là chất lưu. Hỗn hợp này có nhiều tính chất và đặc tính của chất lưu, chẳng hạn như khả năng chảy tự do dưới tác động của trọng lực, và/hoặc được bơm bằng các công nghệ xử lý chất lưu.

Theo phương án triển khai trên FIG.27B, tầng sôi có nhiều cửa được đặt ở các độ cao khác nhau của phần thân dạng côn. Điều này có nghĩa là bột thứ nhất trong chất lưu 2756₁ chảy ra ở nhiệt độ/áp suất cụ thể, trong khi đó bột thứ hai trong chất lưu 2756₂ chảy ra ở nhiệt độ/áp suất cụ thể thứ hai khác. Các dòng chảy qua nhiều cửa có thể được kiểm soát sao cho thùng thu gom có thể nhận được bất kỳ tỷ lệ hoặc lượng bột thứ nhất trong chất lưu 2756₁ và bột thứ hai trong chất lưu 2756₂.

Phương pháp tạo ra các vật liệu covetic

Bảng 1 thể hiện một số ví dụ không giới hạn của các phương pháp tạo ra các vật liệu covetic dạng bột.

Bảng 1: các phương pháp ví dụ cho các vật liệu covetic dạng bột.

Các phương pháp ví dụ	Chỉ định
Phương pháp ví dụ 1	Sản xuất các vật liệu kim loại hữu cơ sau khi phân ly khí quy trình hydrocacbon trong mỏ phun plasma dựa trên lò phản ứng vi sóng
Phương pháp ví dụ 2	Khuếch trương các dạng thù hình cacbon trên các hạt đầu vào trong lò phản ứng vi sóng
Phương pháp ví dụ 3	Phủ các vật liệu đầu vào sau khi phân ly các khí quy trình thay thế trong mỏ phun plasma dựa trên lò phản ứng vi sóng

Phương pháp ví dụ 1

Theo một số phương án triển khai của phương pháp 1, cacbon có cấu trúc (như các dạng thù hình cacbon) được tạo ra ở vùng thứ nhất của lò phản ứng vi sóng (như thông qua sự phân ly của khí quy trình hydrocacbon). Ở vùng thứ hai mà ở nhiệt độ thấp hơn so với vùng thứ nhất, cacbon có cấu trúc được thêm kim loại để tạo thành vật liệu cacbon được kim loại hóa (như vật liệu kim loại hữu cơ). Vật liệu cacbon được kim loại hóa này được làm nguội thêm đến nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ nóng chảy của kim loại. Theo một số phương án triển khai, vật liệu cacbon được kim loại hóa ban đầu ở dạng các hạt cacbon được thêm kim loại. Các hạt được làm lạnh thêm để tạo thành bột. Bột có thể được thu gom và được vận chuyển đến cơ sở ứng dụng. Bột bao gồm vật liệu cacbon được kim loại hóa có liên kết covetic có thể được nấu chảy lại và được sử dụng kết hợp với các kỹ thuật đã biết bất kỳ để tạo ra thành phần từ bột. Hoàn toàn chỉ là ví dụ, các thành phần có thể được tạo ra từ bột bằng cách sử dụng kỹ thuật ép khuôn, sau đó là nấu chảy lại, ép đẳng nhiệt tiếp theo là nấu chảy lại, rèn nóng, đúc phun kim loại, nung kết bằng lazer, v.v..

Phương pháp ví dụ 2

Theo phương pháp 2 này, một hoặc nhiều khí hydrocacbon (hoặc trong một số trường hợp là khí và chất lỏng) được đưa vào trong hệ thống. Hoàn toàn chỉ là ví dụ, khí và/hoặc chất lỏng có thể được đưa vào trong hệ thống bao gồm metan, etan, metylaxetylen-propadien propan (MAPP) và hexan. Trong vùng thứ nhất 2104 ở nhiệt độ thứ nhất, các nguyên tử cacbon bị phân ly khỏi các nguyên tử khác (như bị phân ly khỏi hydro). Kim loại nóng chảy 2108 được đưa vào trong lò phản ứng dưới dạng các hạt kim loại. Sau đó, ở vùng thứ hai 2106, cacbon được tạo ra ở vùng thứ nhất kết hợp

với các hạt kim loại. Các cacbon này có thể khuếch trương trên bề mặt của các hạt kim loại và/hoặc khuếch trương ở bên trong các hạt kim loại. Theo một số phương án triển khai, và trong một vài điều kiện, sự khuếch trương cacbon bao gồm sự khuếch trương của cacbon 2D trên hoặc trong các hạt kim loại. Trong các trường hợp khác và/hoặc trong các điều kiện khác, sự khuếch trương cacbon bao gồm sự khuếch trương của cacbon 3D trên hoặc trong các hạt kim loại. Trong các trường hợp khuếch trương bất kỳ nêu trên, sự khuếch trương có thể diễn ra ở mức tối đa được cho phép bởi mạng tinh thể. Ví dụ, kim loại nóng chảy có thể là nhôm với cấu trúc tinh thể lập phương tâm mặt (FCC) và cacbon có thể tạo ra dung dịch rắn với nhôm với hàm lượng cụ thể. Theo một số phương án triển khai, cacbon tạo thành dung dịch với kim loại lên đến hàm lượng được xác định bởi các tính chất kim loại (như cấu trúc tinh thể) và sau đó kết tủa ra khỏi dung dịch cacbon-kim loại để tạo ra cacbon 2D hoặc 3D trên và/hoặc trong các hạt kim loại.

Sự khuếch trương theo phương pháp 2 này được thực hiện trong các điều kiện nhiệt không cân bằng. Cụ thể, các điều kiện nhiệt khác nhau để kiểm soát (ví dụ): (1) nhiệt độ thứ nhất (như nhiệt độ cao hơn) ở vùng thứ nhất mà cần để kiểm soát sự phân ly ở trên, và (2) nhiệt độ thứ hai (chẳng hạn như nhiệt độ thấp hơn) ở vùng thứ hai để kiểm soát sự nóng chảy vô tính của các bột kim loại và/hoặc sự hình thành và tính chất của các hạt kim loại-cacbon trong vùng thứ hai. Nhiệt độ ở hai vùng này có thể được kiểm soát độc lập. Bằng cách sử dụng phương pháp này, các vật liệu được phun là các vật liệu covetic đúng nghĩa có đặc tính covetic đúng nghĩa.

Phương pháp ví dụ 3

Trong các ví dụ không giới hạn khác nữa, các vật liệu và/hoặc lớp phủ trên các hạt đầu vào có thể được tạo ra hoặc lắng đọng từ các vật liệu hỗn hợp như trimetylamin (TMA), trimetyl glyxin (TMG) và metylaxetylen-propadien propan. Các hạt có thể được làm lạnh và thu gom dưới dạng bột. Một số ví dụ về các hạt mà có thể được tạo ra từ các vật liệu đích trong vùng thứ nhất là cacbon theo pha, cacbua silic, oxit kim loại, nitrua kim loại hoặc kim loại. Trong một số trường hợp, các hạt đầu vào là kim loại và màng hợp chất (như oxit kim loại hoặc kim loại nitrua) được phủ trên các hạt đầu vào kim loại này, trong khi đó trong các trường hợp khác, các hạt đầu vào chứa vật liệu hợp

chất và lớp phủ kim loại được lắng đọng trên các hạt đầu vào. Một số ví dụ về các hạt có thể được tạo ra từ các khí đầu vào trong vùng thứ nhất là các dạng thù hình của cacbon (như cacbon nguyên sơ), silic, ZnO, AlOx và NiO.

Trong một số phương án triển khai, khí, bao gồm khí hoặc cồn phi hydrocacbon khác nhau được đưa vào vùng thứ nhất và vùng thứ nhất này bao gồm thiết bị phún xạ và nguồn điện, trong đó thiết bị phún xạ được kết cấu để tạo ra nhiều loại ion từ vật liệu đích đã chọn. Vật liệu đích và các loại ion kết hợp để tạo ra nhiều hạt. Nguồn điện có thể là AC, DC, RF hoặc nguồn điện phún xạ từ trường xung công suất cao (HIPIMS) và có thể được tạo kết cấu để tạo ra nhiều loại ion từ vật liệu đích bằng cách điều chỉnh công suất, điện áp, tần số, tốc độ lặp, và/hoặc các đặc tính khác của nguồn điện.

FIG.27C là sơ đồ minh họa quy trình phun plasma được sử dụng để sản xuất vật liệu covetic dạng bột.

Trình tự xử lý vật liệu dạng bột

Phần mô tả trực quan về trình tự xử lý vật liệu dạng bột làm ví dụ từ bước phá vỡ hydrocacbon và tạo nhân cho hạt (như vùng thứ nhất 2104 được thể hiện), đến sự khuếch trương graphen (như vùng thứ hai 2106 được thể hiện), làm mát các hạt bán nóng chảy (trong vùng làm mát được thể hiện) và thu gom vật liệu covetic dạng bột (như trong vùng thu gom và vào trong thùng thu gom 2104) được thể hiện trên Fig. 27C. Các cơ chế làm nền tảng cho hiệu quả của trình tự xử lý vật liệu dạng bột làm ví dụ sẽ được mô tả ngắn gọn.

Khi không có tiền chất kim loại (cho dù là dạng kim loại hữu cơ hay dạng hạt), plasma vi sóng phân ly metan để tạo ra các gốc cacbon (cũng như các gốc thiom đa vòng/axetylen), sau đó sẽ lần lượt tạo ra các cấu trúc graphen vài lớp (FL) (hoặc phiến mỏng xếp chồng). Tuy nhiên, khi có mặt tiền chất kim loại trong vùng plasma (như chỉ các lò phản ứng trên FIG.21A và FIG.22A), kim loại (hoặc từ hạt hoặc nhân của kim loại hữu cơ) có thể đóng là vị trí hạt cho sự khuếch trương cacbon không đồng nhất (như cacbon ở dạng gốc ion hóa, nhân graphen, hoặc gốc thiom đa vòng (axetylen)).

Khi sử dụng các kim loại có độ hòa tan thấp, như Al hoặc Cu, các tấm graphen có thể khuếch trương (như qua adatom/monome hoặc dưới dạng cụm) lên trên bề mặt của kim loại. Các đặc tính của sự khuếch trương phụ thuộc ít nhất một phần vào tính

đối xứng và sự giảm thiểu tối đa năng lượng tự do mặt phân cách ở bề mặt kim loại. Do đó, sự khuếch trương cacbon xảy ra ở hạt kim loại cùng với các sự kiện tái phún xạ nguyên tử kim loại trên bề mặt để tạo ra các cấu trúc kim loại/carbon trộn lẫn và/hoặc phân lớp. Như được biết trong lĩnh vực kỹ thuật này, bán kính của hạt kim loại (như độ cong bề mặt), có thể ảnh hưởng đến độ hòa tan cacbon trong hạt kim loại. Ví dụ, bán kính nhỏ hơn (như tương ứng với độ cong cao hơn) làm tăng độ hòa tan trên trạng thái cân bằng (ở bề mặt phẳng), làm tăng độ hòa tan mà theo đó có thể tác động đến độ dày của các lớp graphen.

Ngay khi các vật liệu covetic dạng bột 2710 được thu gom trong thùng thu gom, các vật liệu covetic dạng bột này có thể được xử lý thêm bằng cách sử dụng các kỹ thuật thông thường (như các kỹ thuật đúc phun, các kỹ thuật khác sử dụng kim loại dạng bột).

Các kỹ thuật sản xuất sử dụng các vật liệu covetic dạng bột

FIG.28 minh họa phương pháp sản xuất các bộ phận từ vật liệu covetic dạng bột bằng cách sử dụng kỹ thuật đúc phun. Như được thể hiện, phương pháp này được bắt đầu khi kết hợp một tập hợp các đặc tính cho bộ phận cần được sử dụng trong ứng dụng và/hoặc môi trường cụ thể (thao tác 2810), sau đó chọn vật liệu covetic dạng bột cụ thể dựa trên ít nhất một trong các đặc tính dùng cho ứng dụng hoặc môi trường đó (thao tác 2820). Việc lựa chọn này có thể dựa trên tính chất cơ học mong muốn cho bộ phận này và/hoặc dựa trên đặc tính chống ăn mòn mong muốn của bộ phận đó trong môi trường tương ứng với mục đích sử dụng của nó và/hoặc các đặc tính mong muốn khác. Việc lựa chọn này có thể dựa trên nhiều đặc tính mong muốn và trong một số trường hợp, công cụ lựa chọn đã giải quyết vấn đề tối ưu hóa dựa trên tập hợp các đặc tính và hàm mục tiêu.

Ngay khi vật liệu covetic được chọn (thao tác 2820), thì vật liệu covetic dạng bột được chọn 2825 được nấu chảy (thao tác 2830) và được đưa vào trong khuôn đúc (thao tác 2840). Nhiệt độ định trước và áp suất định trước được duy trì bên trong khuôn đúc trong khoảng thời gian định trước (thao tác 2850) sau khoảng thời gian đó nhiệt độ và áp suất bên trong khuôn đúc là khoảng 30°C và khoảng áp suất khí quyển (thao tác 2860). Bộ phận này được gỡ ra khỏi khuôn đúc (thao tác 2870) và được triển khai trong ứng dụng dự định (thao tác 2880).

Như đã đề cập ở đây, việc lựa chọn vật liệu covetic cụ thể có thể dựa trên nhiều đặc tính mong muốn, một số đặc tính có thể được sử dụng như một biến số của hàm mục tiêu. Trong một số trường hợp, việc lựa chọn vật liệu covetic cụ thể có thể dựa trên một đặc tính đặc biệt chiếm ưu thế (chẳng hạn như độ bền cơ học, trọng lượng, độ chống ăn mòn, v.v.). Trong một số trường hợp, các đặc tính được quan tâm là tỷ lệ của các đặc tính khác, chẳng hạn như độ bền trên trọng lượng, nhiệt dung riêng trên trọng lượng, v.v.). Trong một số trường hợp, đặc tính chiếm ưu thế này phải tuân theo một cách tối đa (hoặc tối thiểu) một hoặc nhiều ràng buộc đối với các đặc tính khác.

Như vậy, vật liệu covetic dạng bột có thể được triển khai trong phạm vi ứng dụng rộng. Trong nhiều trường hợp, bộ phận thu được làm từ vật liệu covetic dạng bột hoạt động tốt hơn các bộ phận làm từ vật liệu khác. Một số ứng dụng làm ví dụ có liên quan đến một vài đặc tính chiếm ưu thế nhất định được thể hiện và đề cập dựa vào FIG.29 sau đây.

FIG.29 minh họa các tính chất khác nhau của vật liệu covetic. Các tính chất được thể hiện bao gồm các thuộc tính cơ học, tính dẫn nhiệt, khả năng chống oxy hóa, độ bền, khả năng chống làm mềm ở nhiệt độ cao, khả năng chống mài mòn và tính dẫn điện. Các thông số riêng biệt và/hoặc tổ hợp của các thông số này sẽ chiếm ưu thế khi chọn vật liệu covetic cụ thể cho ứng dụng cụ thể.

Hoàn toàn chỉ là ví dụ, khả năng chống oxy hóa có thể là thông số chiếm ưu thế khi lựa chọn vật liệu covetic để sử dụng trong chế tạo van chống ăn mòn. Một ví dụ khác, khi chọn vật liệu covetic cụ thể để sử dụng trong sản xuất cánh cho tuabin động cơ máy bay, thì các thuộc tính cơ học như tỷ lệ độ bền trên trọng lượng, tuân theo giới hạn độ bền tối thiểu có thể là thuộc tính cơ học chiếm ưu thế. Cánh này cũng có thể cần phải có độ bền chống mài mòn rất cao.

Thông thường, vật liệu covetic không chỉ có các đặc tính nêu trên mà còn ít đặc hơn so với kim loại hoặc hợp kim được sử dụng để sản xuất bột covetic. Mật độ thấp hơn thường tương ứng với trọng lượng thấp hơn cho bộ phận được tạo thành so với cùng bộ phận đó được làm từ kim loại hoặc hợp kim không có tải lượng cacbon. Như vậy, các bộ phận của xe tải (như các bộ phận của cabin, như được minh họa), các bộ phận của ô tô (như tấm chắn cửa, tấm lợp, v.v.), bộ phận của xe máy, bộ phận của xe

đạp cũng như các bộ phận khác nhau (như các bộ phận kết cấu) của các phương tiện trên cao, và/hoặc tàu thủy, và/hoặc các phương tiện hoặc nền tảng trong không gian có thể tận dụng tỷ lệ trọng lượng trên sức bền của vật liệu covetic thấp hơn so với kim loại hoặc hợp kim cơ sở được sử dụng để sản xuất vật liệu covetic.

Theo một ví dụ khác, các vật liệu covetic thường có tính dẫn nhiệt ưu việt, do đó các bộ phận kết cấu tạo thành từ vật liệu covetic có thể được sử dụng trong các ứng dụng nhiệt độ cao (chẳng hạn như tản nhiệt cho thiết bị điện tử, thiết bị trao đổi nhiệt công nghiệp, v.v.).

Một ví dụ khác nữa, vật liệu covetic thường có khả năng chống ăn mòn ưu việt. Cụ thể hơn, các tấm covetic nhiều lớp tạo ra bằng các kỹ thuật nêu trên có khả năng chống ăn mòn cực cao, ngay cả ở lớp trên cùng (như ở mặt phân cách giữa bộ phận đó với môi trường). Tính chất này được quan tâm đặc biệt khi các bộ phận làm bằng vật liệu covetic phải chịu môi trường khắc nghiệt.

Theo một ví dụ khác nữa, các vật liệu covetic có thể được điều chỉnh để có độ nhẵn bề mặt. Cụ thể hơn, các tấm covetic nhiều lớp được làm bằng các kỹ thuật nêu trên có độ nhẵn bề mặt cực cao. Tính chất nhẵn bề mặt này được quan tâm đặc biệt khi các vật liệu covetic đóng vai trò là tấm chắn nhiệt, như có thể được yêu cầu trong các ứng dụng mà ma sát ở bề mặt (như ma sát được tạo ra khi chất lưu đi qua bề mặt với tốc độ cao) sinh ra nhiệt không mong muốn ở bề mặt. Bằng cách sử dụng các kỹ thuật được bộc lộ ở đây, hợp phần cụ thể của vật liệu covetic và/hoặc bằng cách sử dụng các kỹ thuật cụ thể được bộc lộ ở đây để lắng đọng vật liệu covetic có thể tạo ra bề mặt nhẵn thủy lực, mà theo đó có thể được sử dụng trong các phương tiện trên máy bay và/hoặc các phương tiện trong không gian.

Theo các phương án triển khai nhất định, một tập hợp các đặc tính có thể có ưu thế hơn các đặc tính khác. Ví dụ, bề mặt của phương tiện trong không gian (như vệ tinh) có thể được yêu cầu là gần như không phản xạ đối với khoảng bức xạ nam châm điện (như gần như không phản xạ với ánh sáng nhìn thấy), trong khi cùng lúc đó, bề mặt của phương tiện trong không gian có thể được yêu cầu sẽ cách nhiệt (như không dẫn nhiệt). Các kỹ thuật điều chỉnh nêu trên phù hợp với các trường hợp này trong đó đặc tính mong muốn cụ thể (như tính không phản xạ) chiếm ưu thế trong việc điều chỉnh mô

phun plasma để tạo ra bề mặt gần như không phản xạ, ngay cả khi sử dụng các tính chất khác.

Các tính chất như được thể hiện và mô tả dựa trên FIG. 29 chỉ là ví dụ. Các tính chất bổ sung và/hoặc tổ hợp của các tính chất đó có thể được yêu cầu hoặc mong muốn trong các ứng dụng khác nhau, và các tính chất bổ sung đó được thể hiện trong vật liệu thu được dựa trên việc điều chỉnh các đầu vào và kiểm soát của mỏ phun plasma. Hoàn toàn chỉ là ví dụ về các tính chất bổ sung nêu trên, các tính chất này và/hoặc tổ hợp của các tính chất này có thể bao gồm hoặc liên quan đến số đo độ bền trên trọng lượng và/hoặc mật độ cụ thể, và/hoặc độ cứng cơ học, và/hoặc độ bền tuyệt đối, và/hoặc độ bền uốn, v.v..

Trong bản mô tả nêu trên, sáng chế đã được mô tả dựa vào các phương án triển khai cụ thể của sáng chế. Tuy nhiên, hiển nhiên là các sửa đổi và thay đổi khác nhau có thể được thực hiện mà không vượt ra ngoài nguyên lý và phạm vi rộng hơn của sáng chế. Ví dụ, các lưu đồ được mô tả ở trên được mô tả dựa vào thứ tự cụ thể của các hoạt động xử lý. Tuy nhiên, thứ tự cụ thể của nhiều trong số các hoạt động xử lý được mô tả có thể được thay đổi mà không ảnh hưởng đến phạm vi hoặc hoạt động của sáng chế. Bản mô tả và hình vẽ cần được xem là mang ý nghĩa minh họa chứ không mang ý nghĩa giới hạn.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Lò phản ứng bao gồm

cửa vào được tạo kết cấu để nhận khí quy trình hydrocacbon;

khoang phản ứng được ghép nối với cửa vào và có kích thước được xác định bởi diện tích mặt cắt ngang và độ dài, khoang phản ứng được tạo kết cấu để sinh ra plasma và các hạt chứa cacbon dựa ít nhất một phần vào khí quy trình hydrocacbon;

thiết bị nấu chảy được ghép nối với khoang phản ứng và được tạo kết cấu để sản xuất vật liệu covetic trong khoang phản ứng dựa trên việc quán quanh các hạt chứa cacbon với kim loại; và

cửa ra được ghép nối với khoang phản ứng, cửa ra được tạo kết cấu để xuất ra vật liệu covetic.

2. Lò phản ứng theo điểm 1, lò phản ứng này còn bao gồm mạch được tạo kết cấu để phát năng lượng vi sóng bên trong khoang phản ứng.

3. Lò phản ứng theo điểm 2, trong đó khoang phản ứng được tạo kết cấu để sinh ra plasma và các hạt chứa cacbon để phản hồi sự kích thích của khí quy trình hydrocacbon bằng năng lượng vi sóng.

4. Lò phản ứng theo điểm 1, trong đó kim loại là một hoặc nhiều loại trong số nhôm, đồng, hoặc bạc.

5. Lò phản ứng theo điểm 1, trong đó diện tích mặt cắt ngang của khoang phản ứng giảm dần dọc theo độ dài của khoang phản ứng ra khỏi cửa vào.

6. Lò phản ứng theo điểm 1, trong đó khoang phản ứng bao gồm:

vùng thứ nhất ở gần với cửa vào và được duy trì ở nhiệt độ tương đối cao; và

vùng thứ hai ở gần với cửa ra và được duy trì ở nhiệt độ tương đối thấp.

7. Lò phản ứng theo điểm 6, trong đó việc tạo ra các hạt chứa cacbon là dựa ít nhất một phần vào chênh lệch giữa nhiệt độ tương đối cao ở vùng thứ nhất và nhiệt độ tương đối thấp ở vùng thứ hai.

8. Lò phản ứng theo điểm 1, lò phản ứng này còn bao gồm mỏ được ghép nối với cửa ra.
9. Lò phản ứng theo điểm 8, trong đó mỏ là một hoặc nhiều loại trong số mỏ plasma kim loại hoặc mỏ plasma vi sóng.
10. Lò phản ứng theo điểm 8, trong đó mỏ được tạo kết cấu để phát một hoặc nhiều hạt cacbon được ion hóa hoặc các gốc plasma vào trong một phần của khoang phản ứng ở gần cửa ra.
11. Lò phản ứng theo điểm 10, trong đó vật liệu covetic bao gồm ít nhất một vài hạt cacbon được ion hóa hoặc gốc plasma.
12. Lò phản ứng theo điểm 10, trong đó mỏ được tạo kết cấu để tạo ra graphene từ các hạt cacbon được ion hóa.
13. Lò phản ứng theo điểm 10, trong đó các hạt cacbon được ion hóa bao gồm một hoặc nhiều dạng cacbon nửa bền.
14. Lò phản ứng theo điểm 13, trong đó khoang phản ứng được tạo kết cấu để tạo ra cấu trúc composit nano cacbon-kim loại dựa ít nhất một phần vào một hoặc nhiều dạng cacbon nửa bền.
15. Lò phản ứng theo điểm 1, lò phản ứng này còn bao gồm cặp điện cực được tạo kết cấu để sinh ra điện trường bên trong khoang phản ứng.
16. Lò phản ứng theo điểm 15, trong đó điện trường được tạo kết cấu để sinh ra dòng điện qua kim loại.

1/49

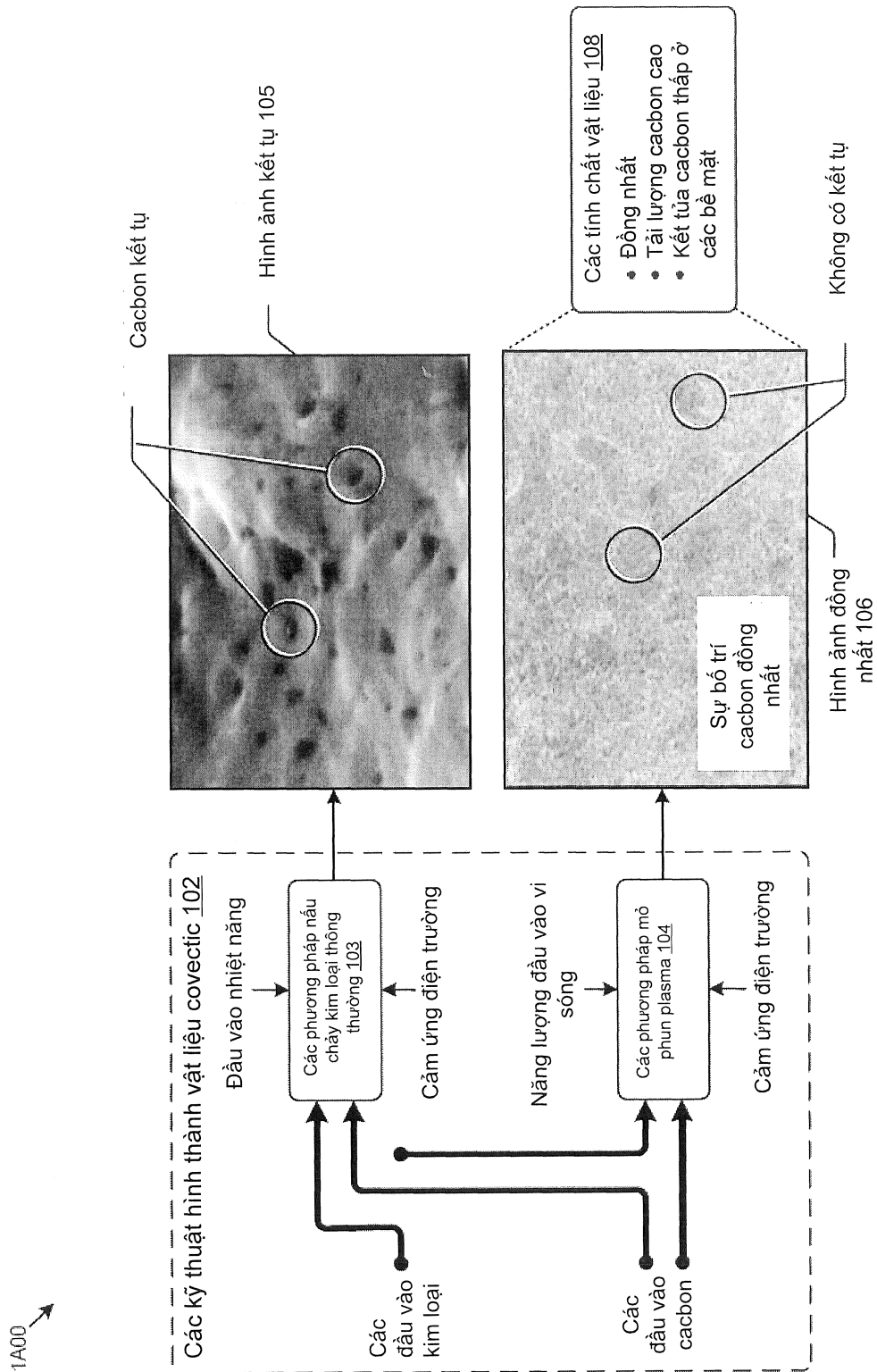
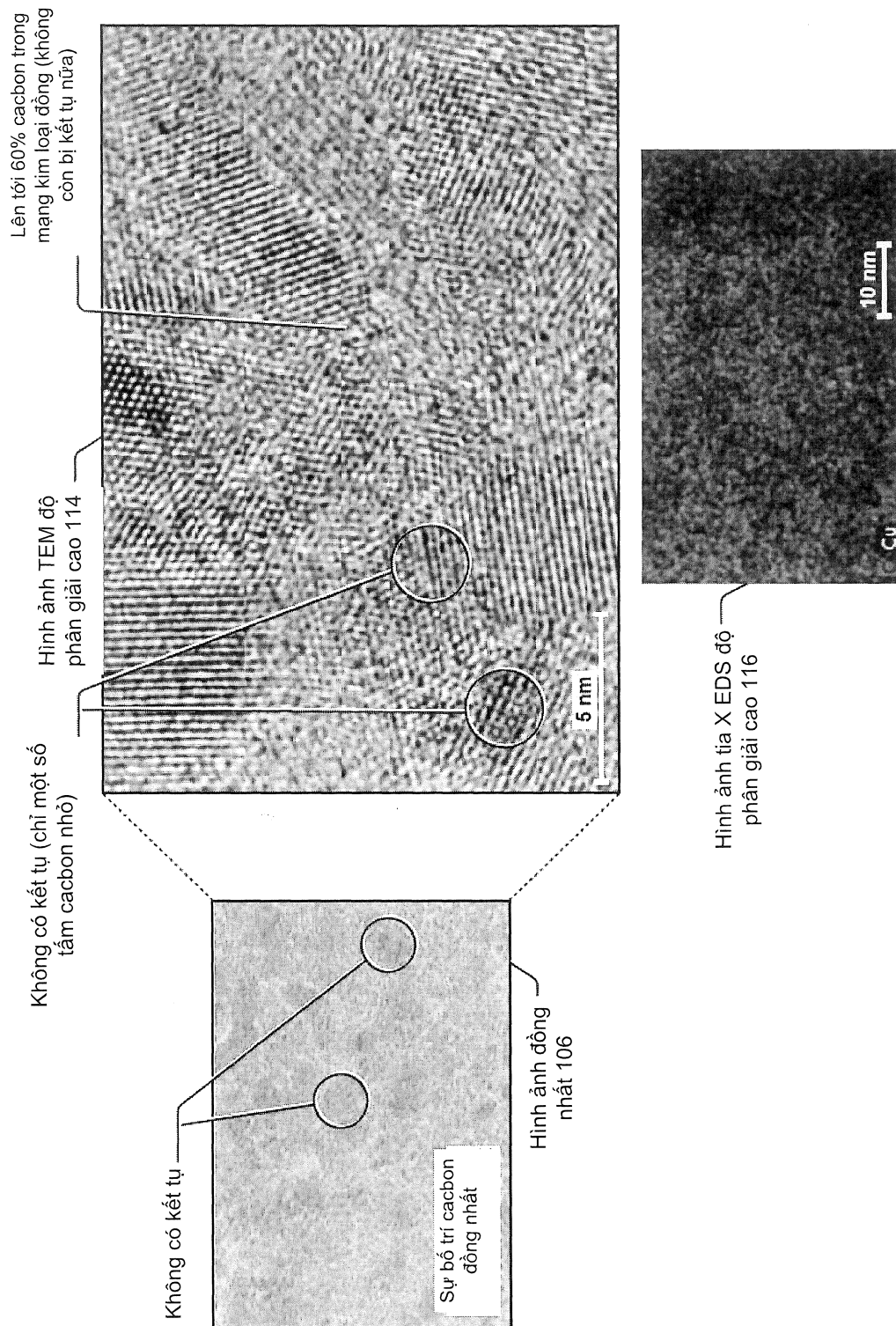


FIG. 1A

2/49

**FIG. 1B**

200 

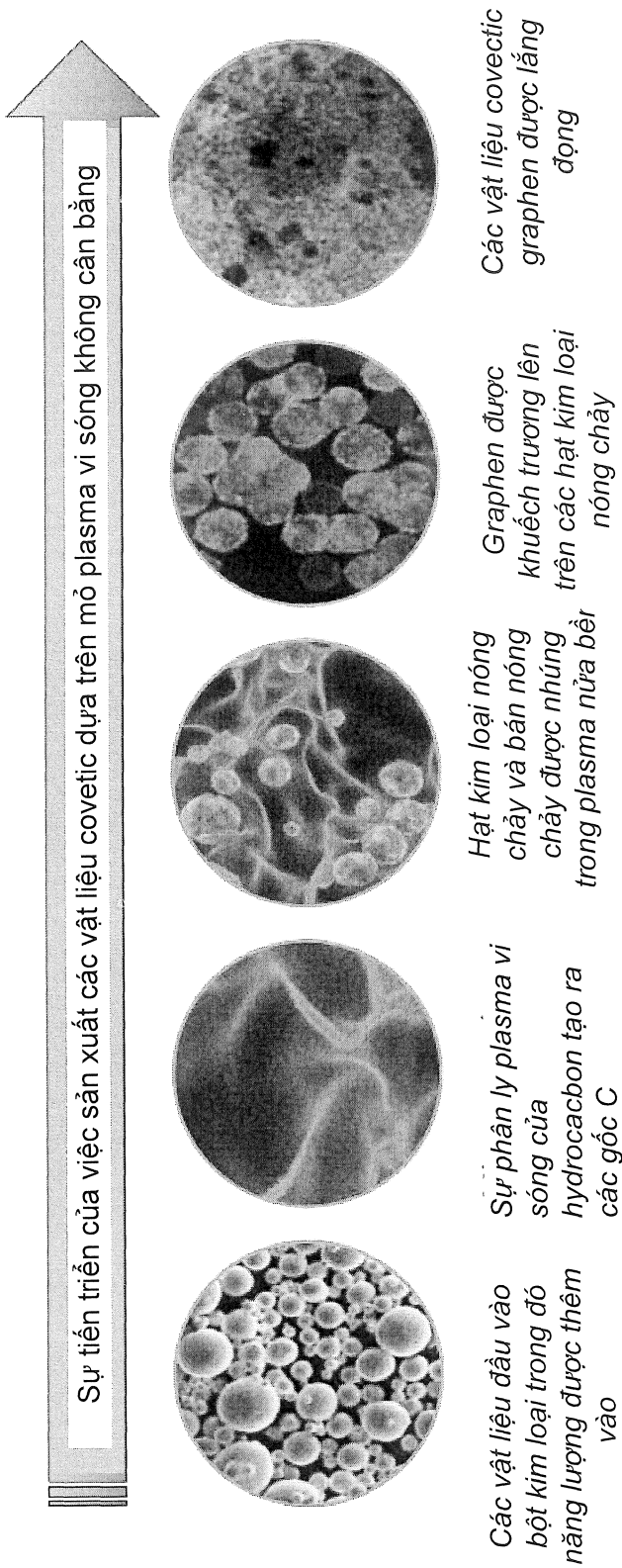
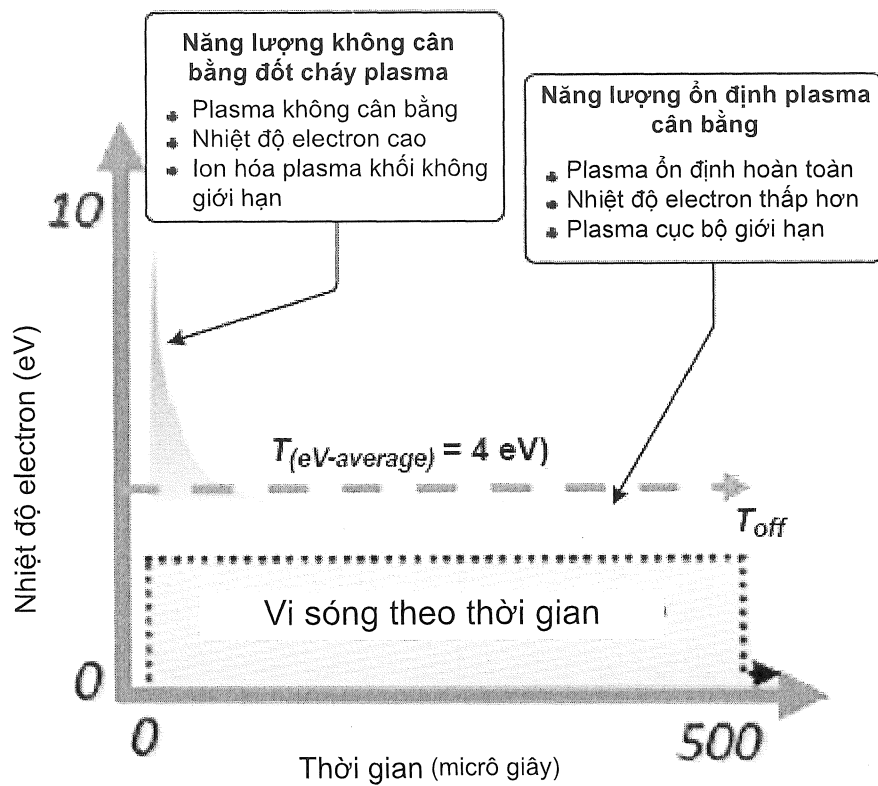


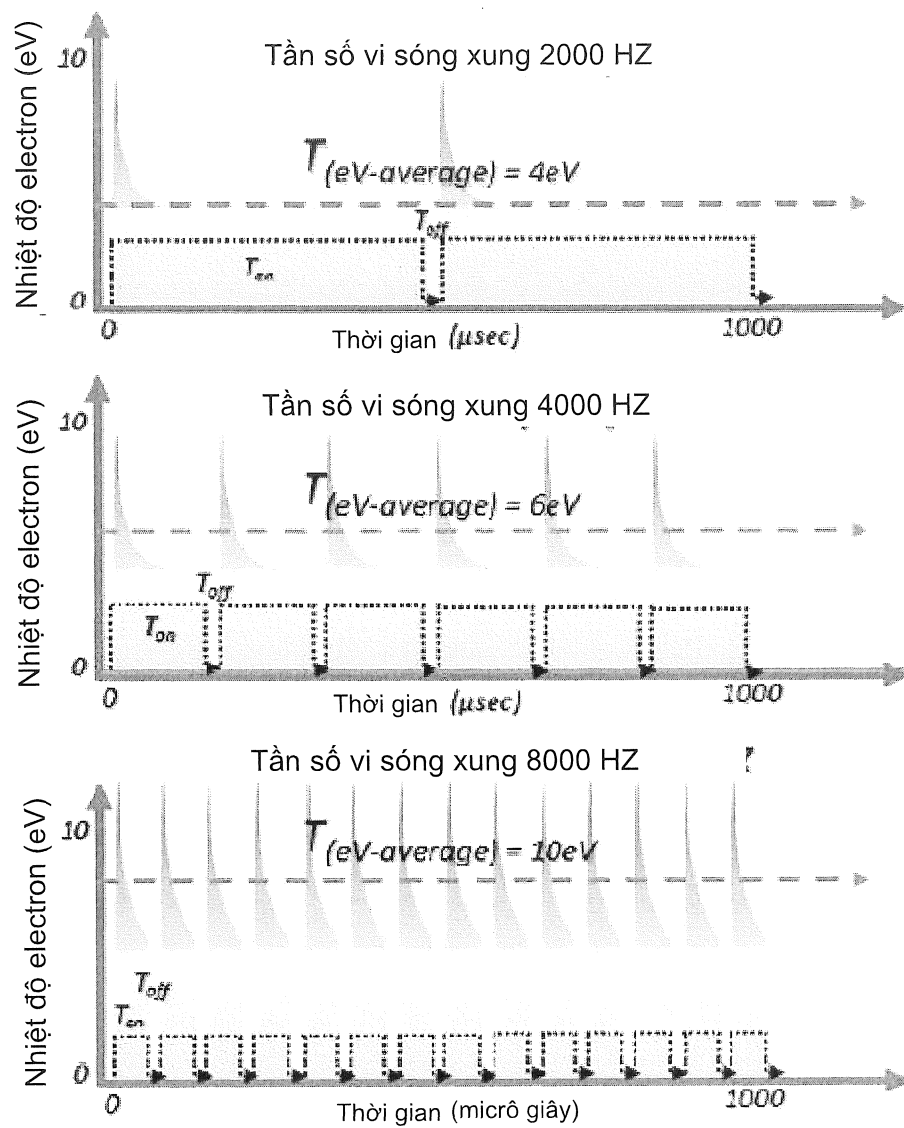
FIG. 2

4/49

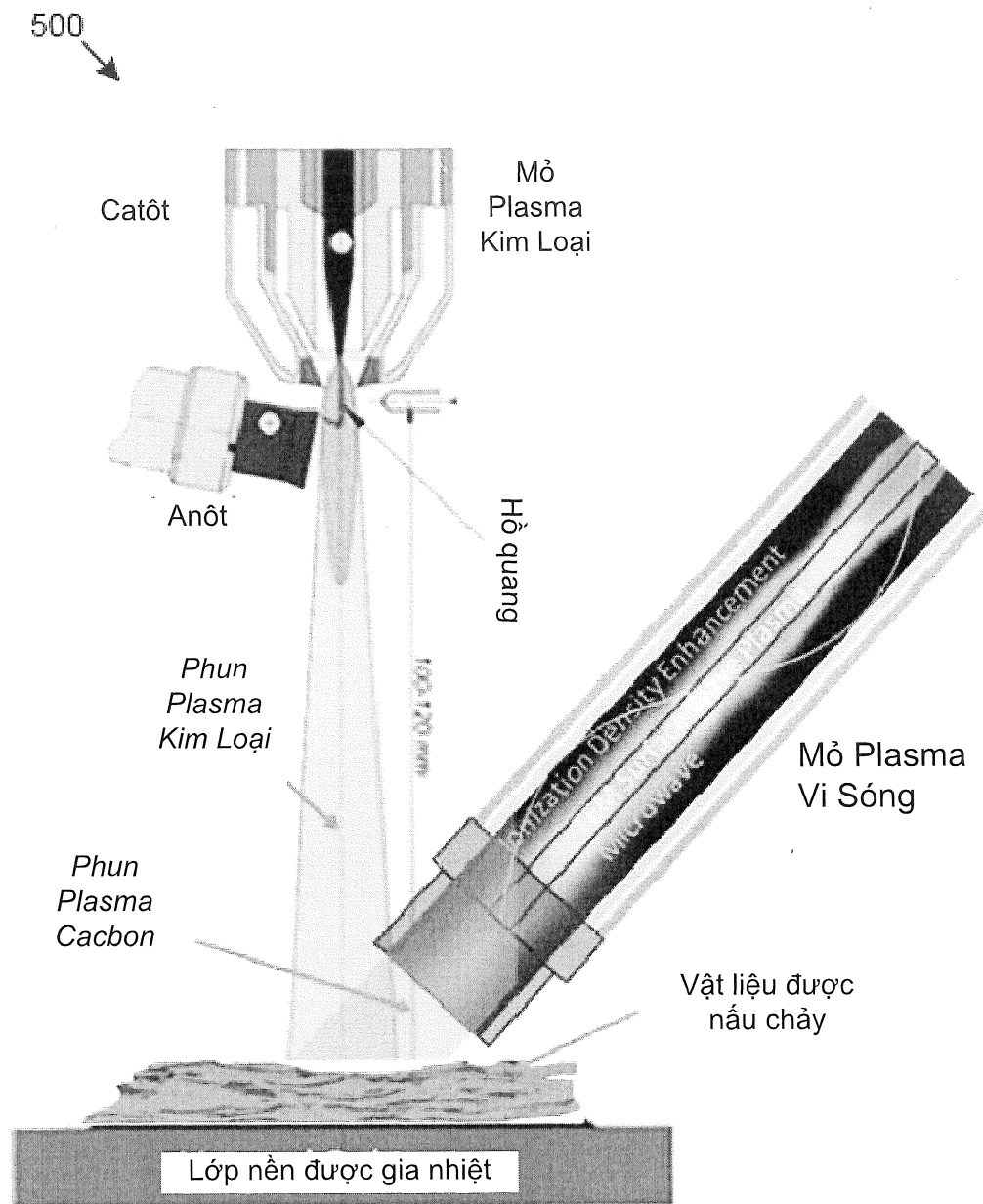
300

**FIG. 3**

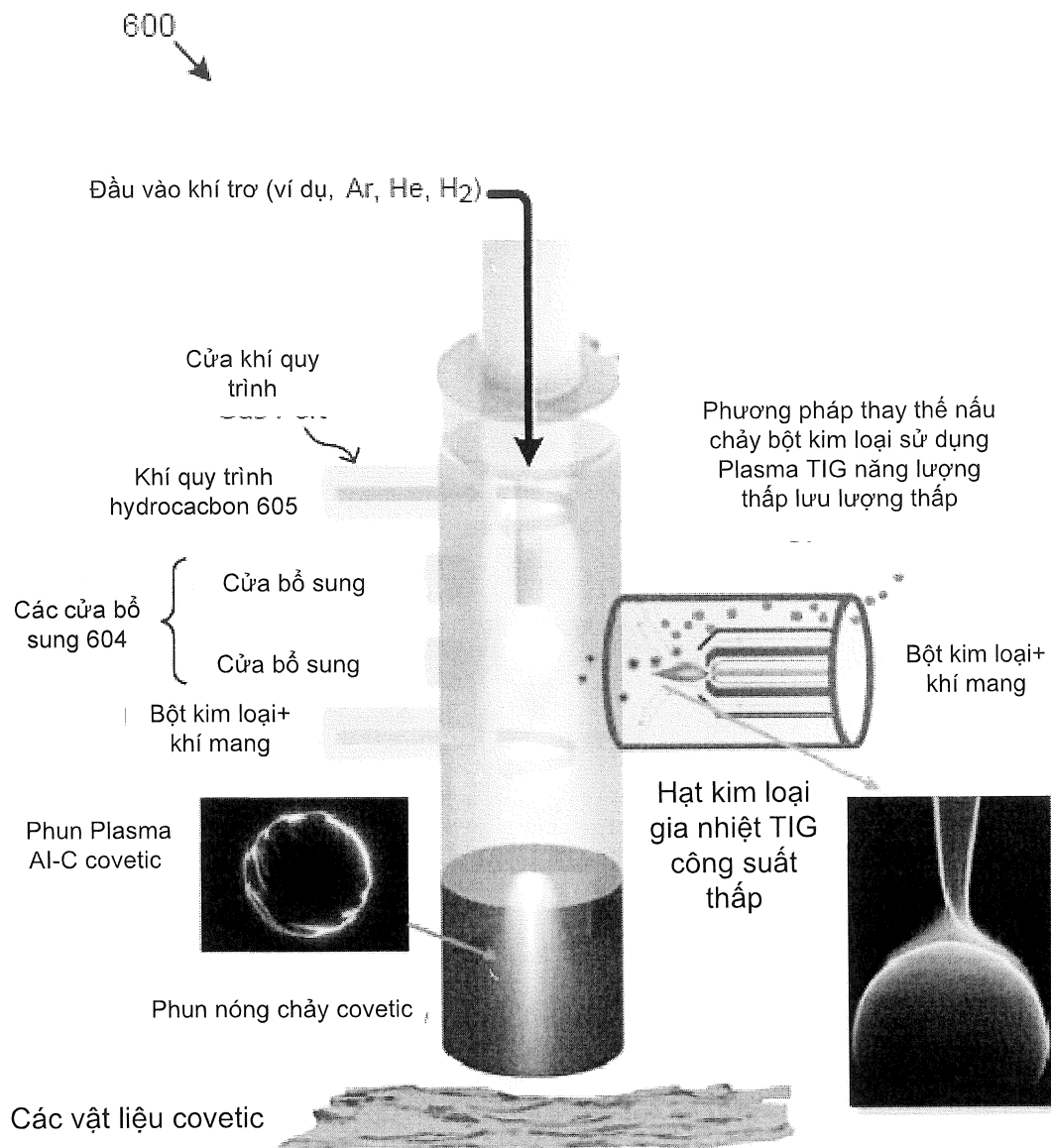
5/49

400
↘**FIG. 4**

6/49

**FIG. 5**

: 7/49

**FIG. 6**

8/49

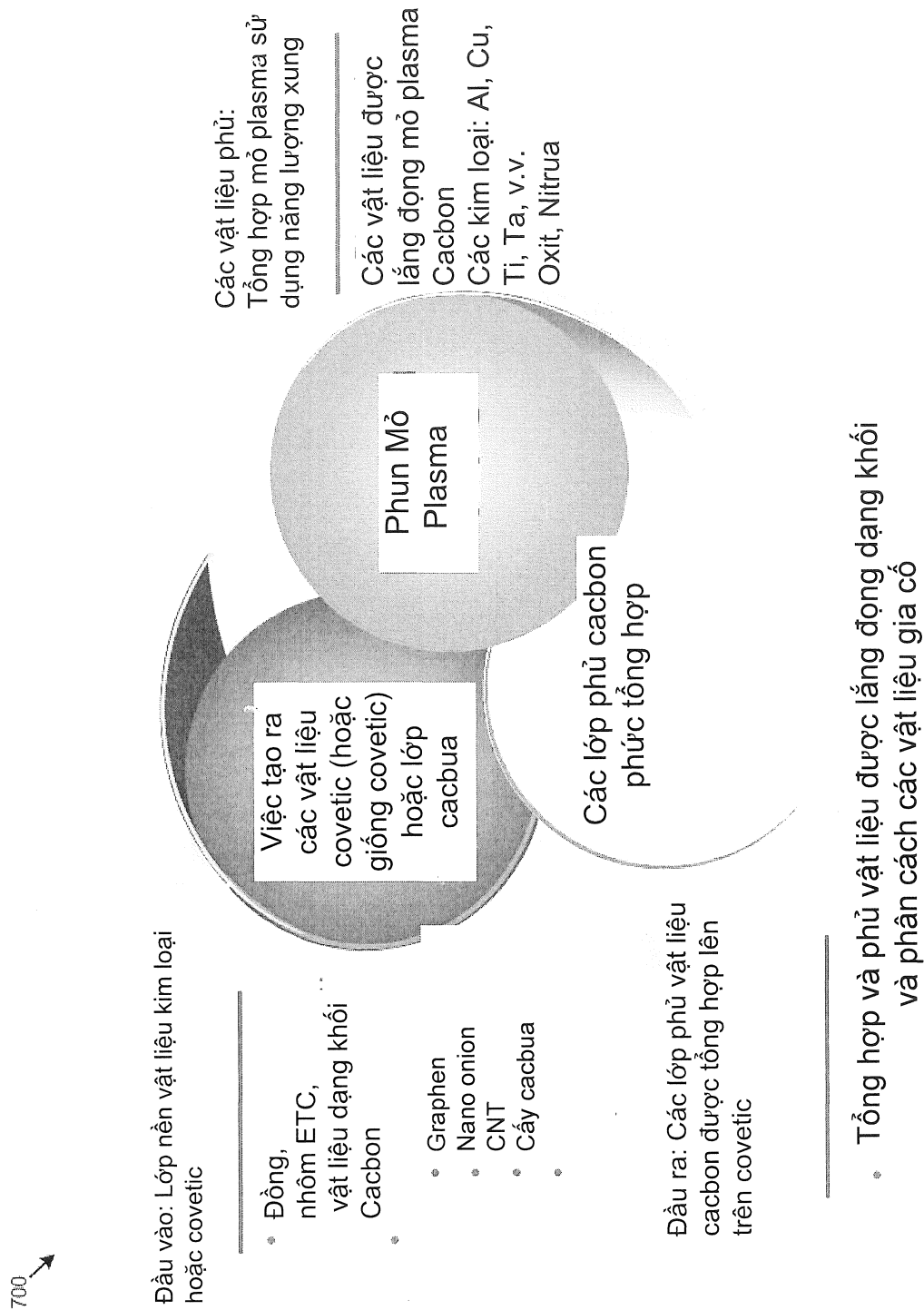


FIG. 7

800A →

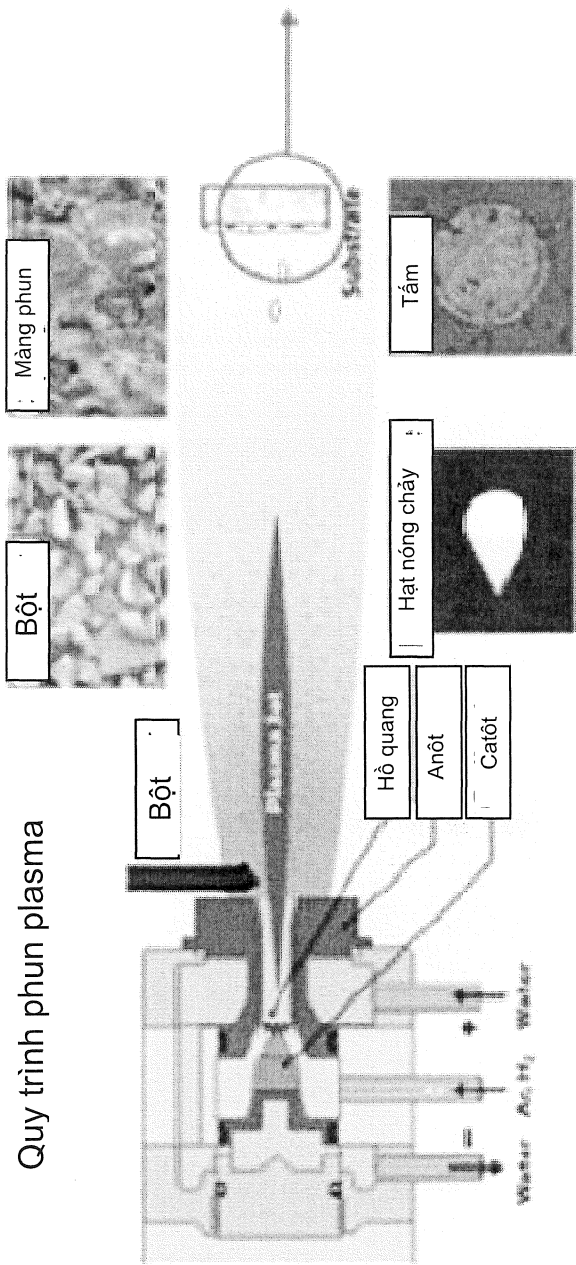


FIG. 8A

10/49

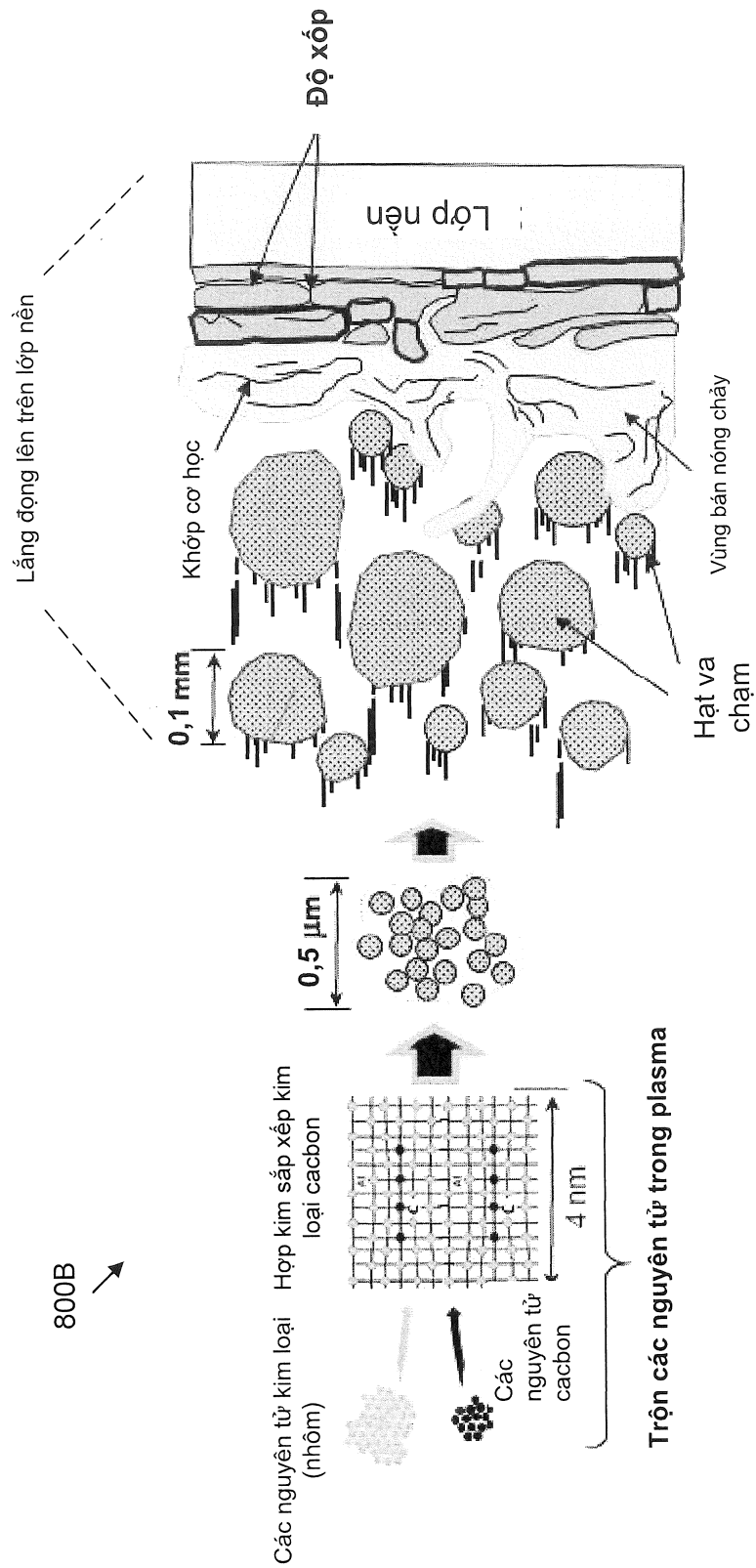
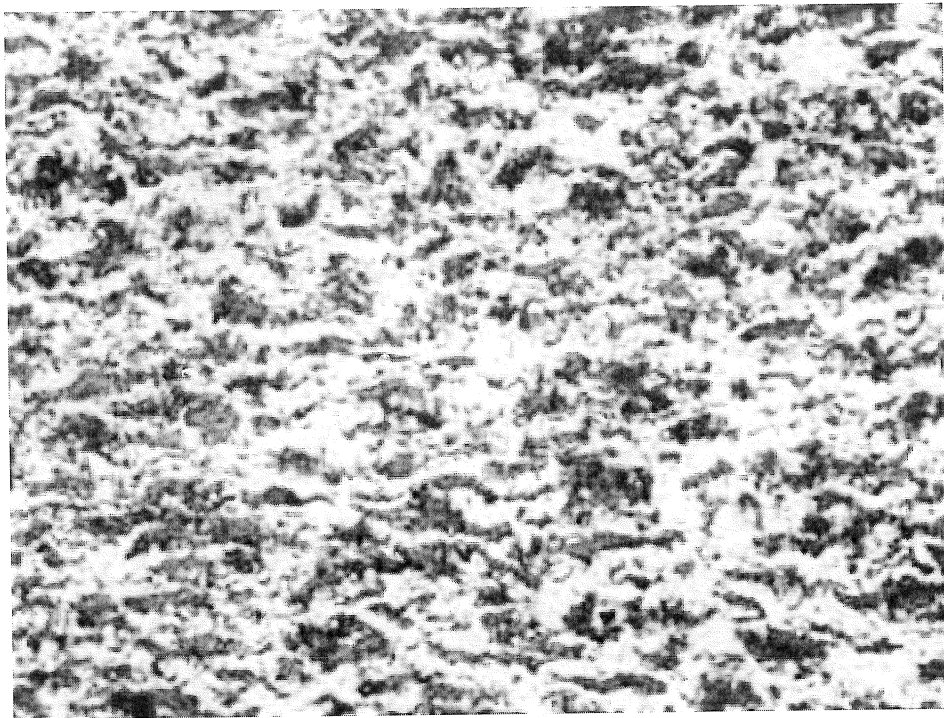


FIG. 8B

11/49

900
↓*FIG. 9*

12/49

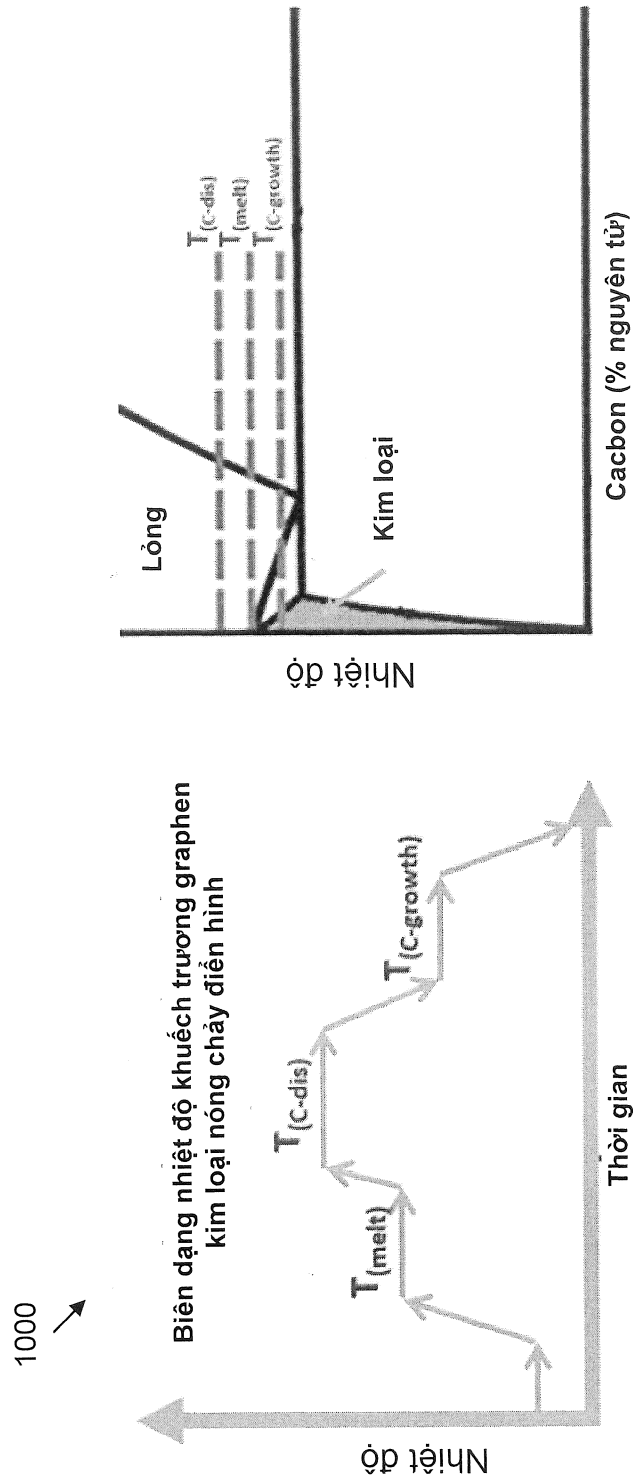
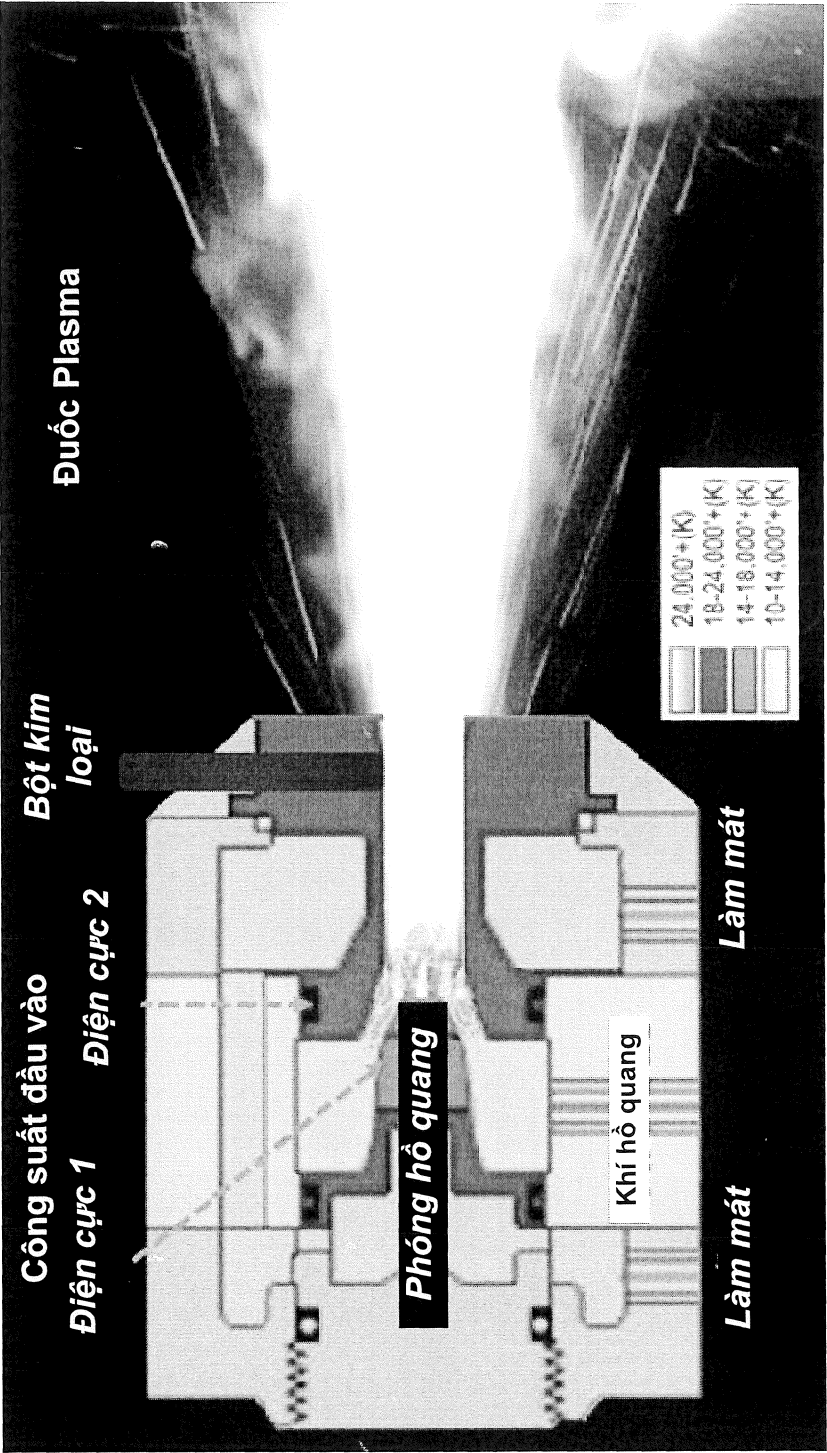


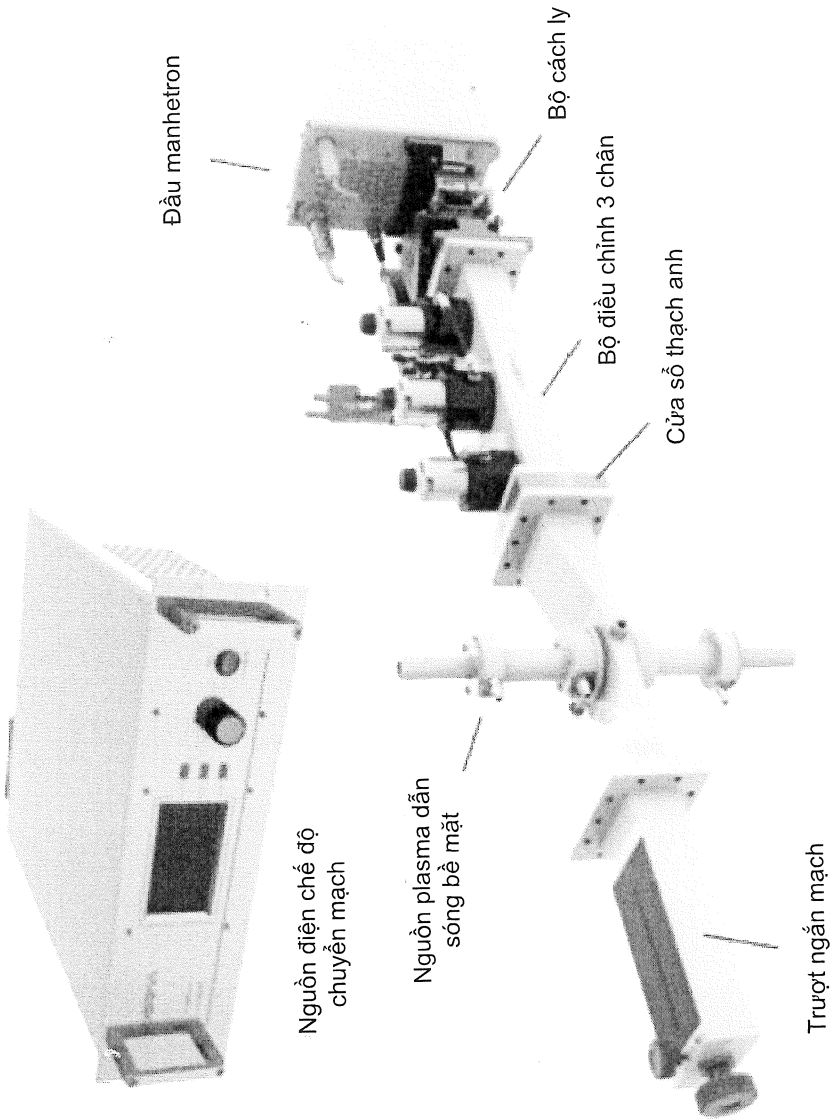
FIG. 10

1100



(Tình trạng kỹ thuật)
FIG. 11

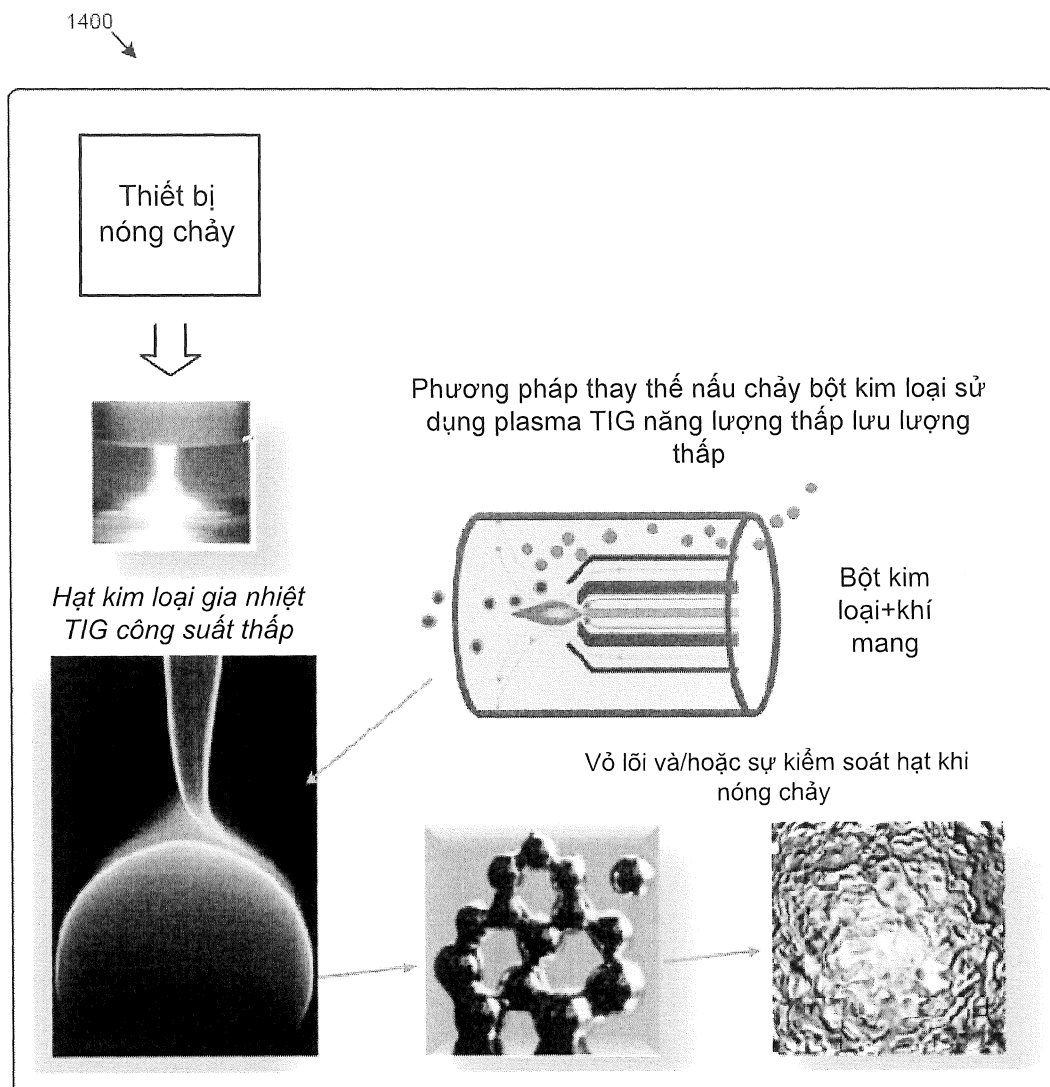
1300



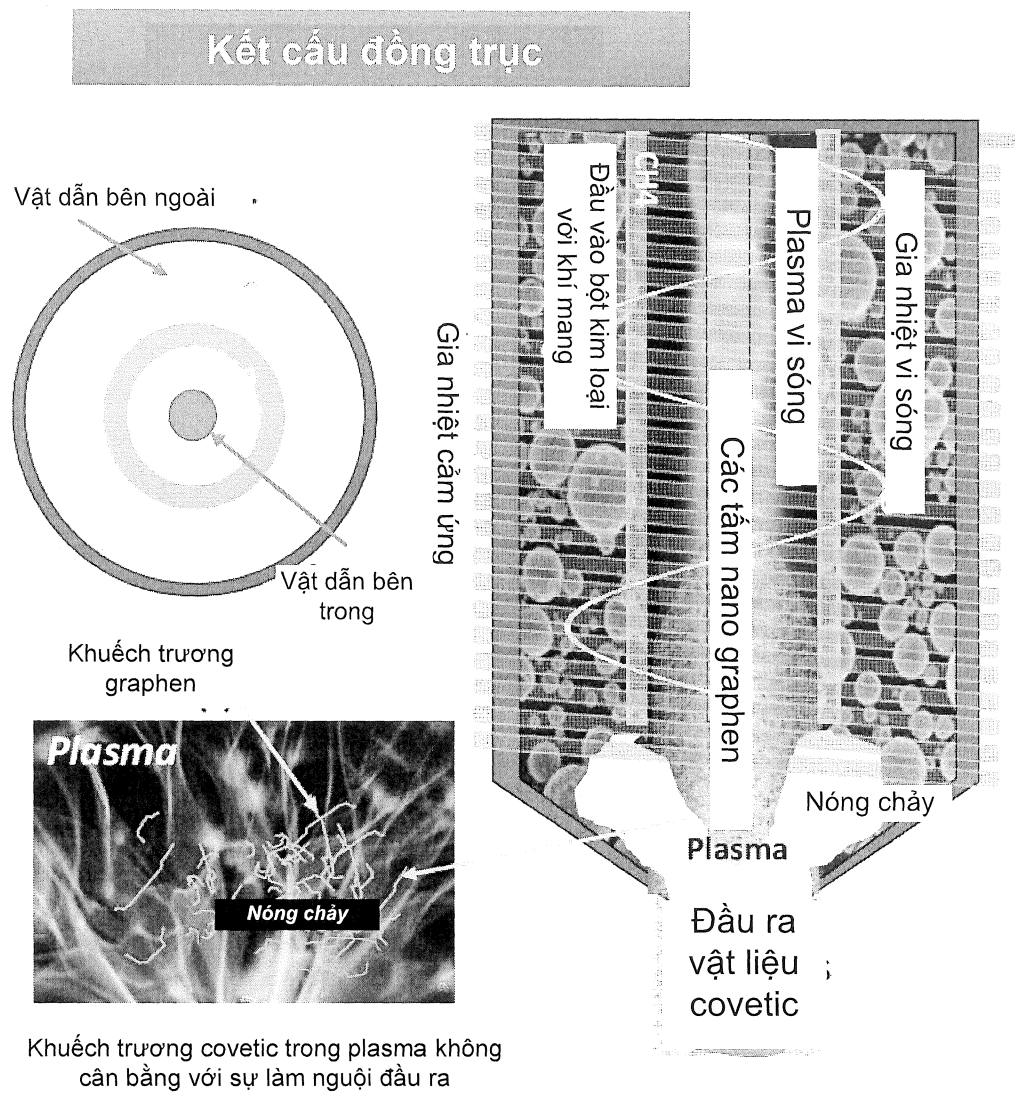
(Tình trạng kỹ thuật)

FIG. 13

16/49

**FIG. 14**

17/49

**FIG. 15**

1600

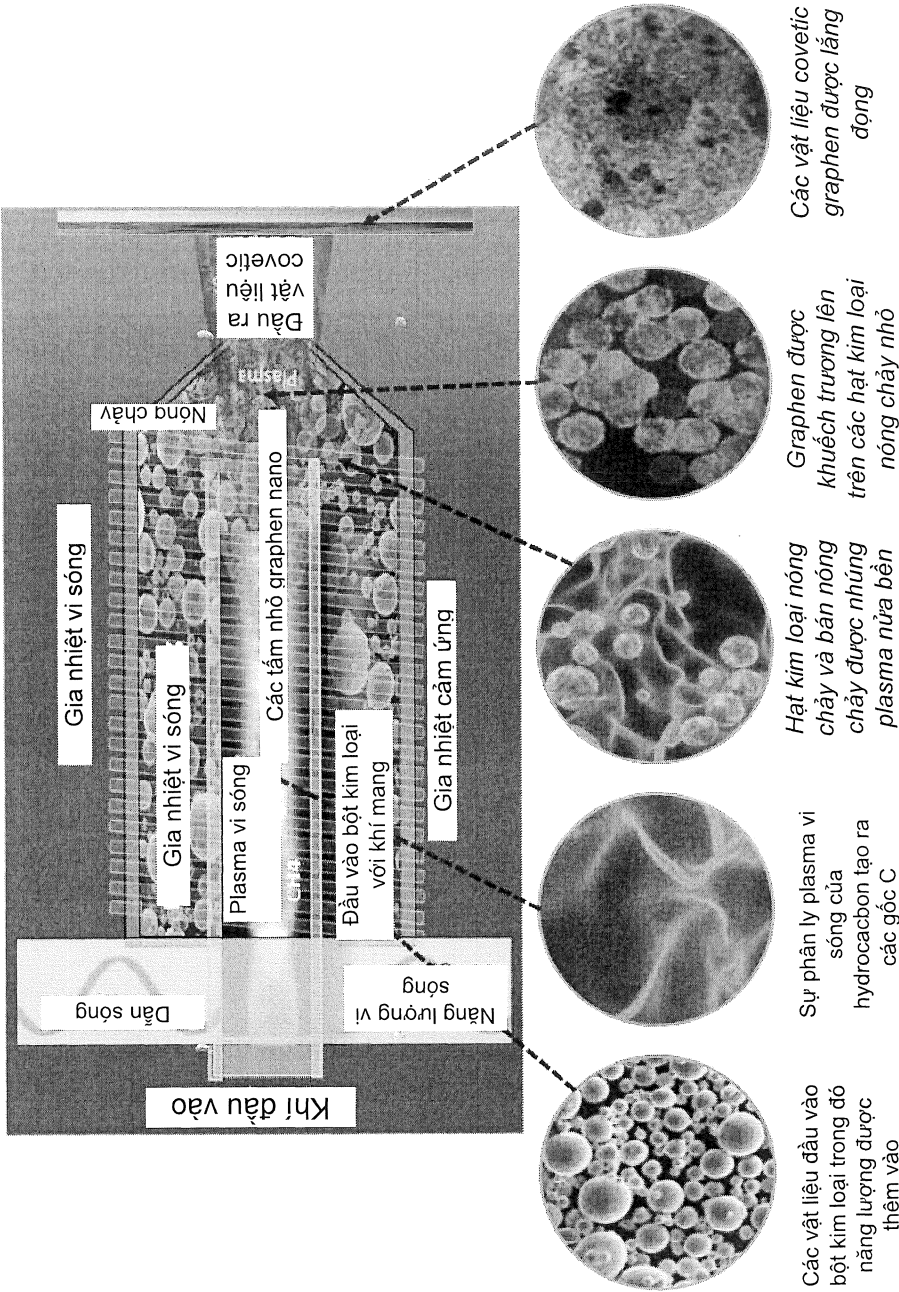


FIG. 16

19/49

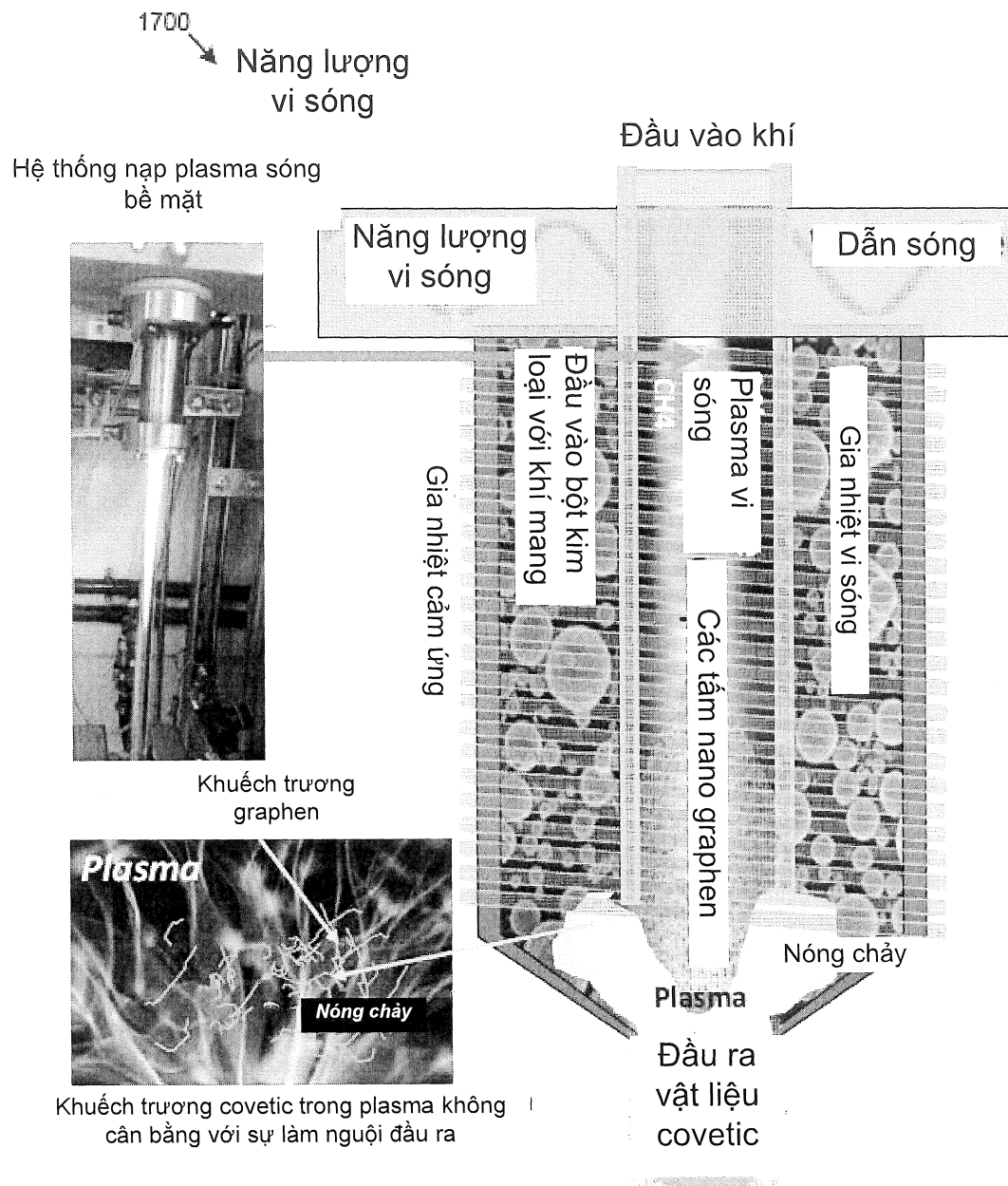
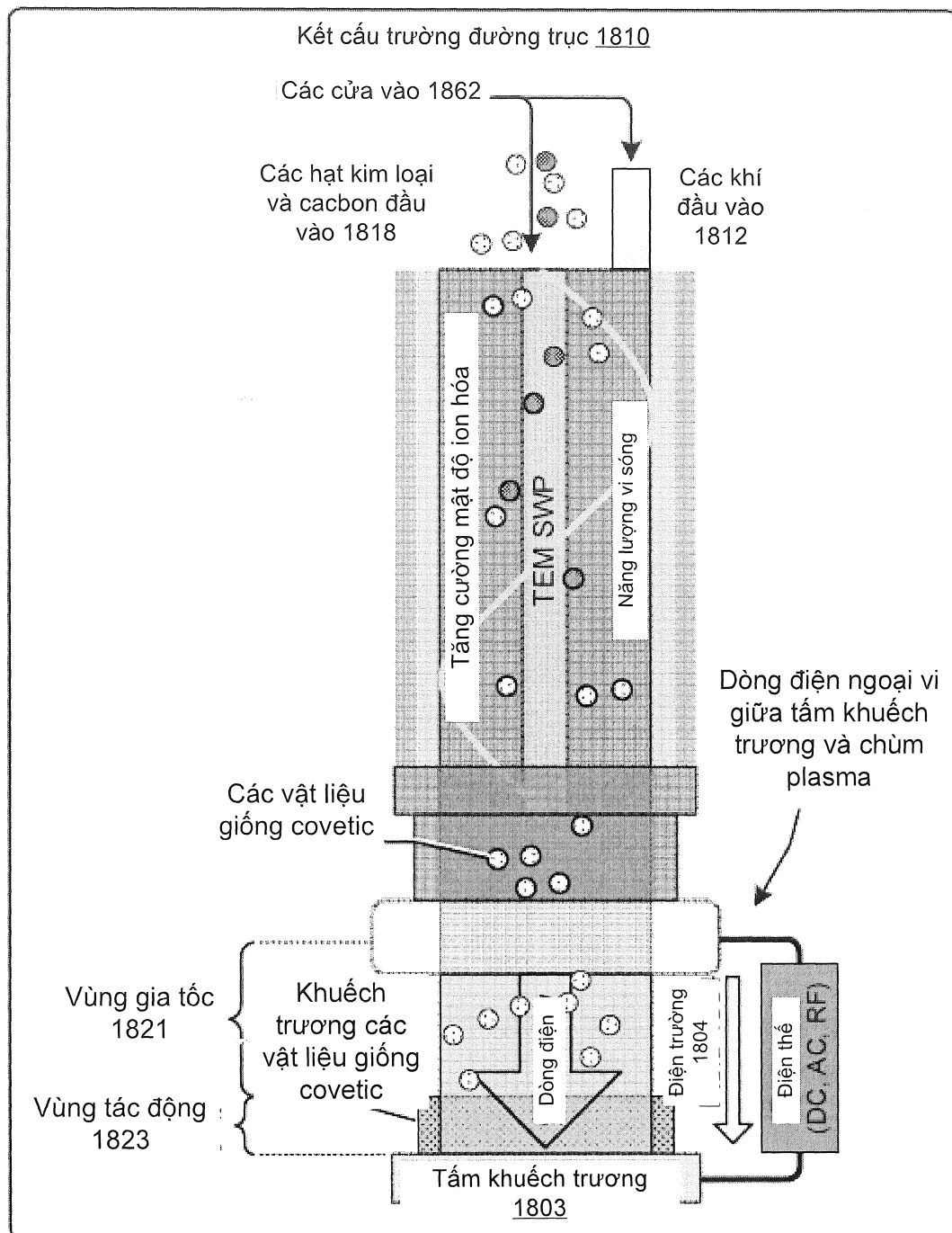


FIG. 17

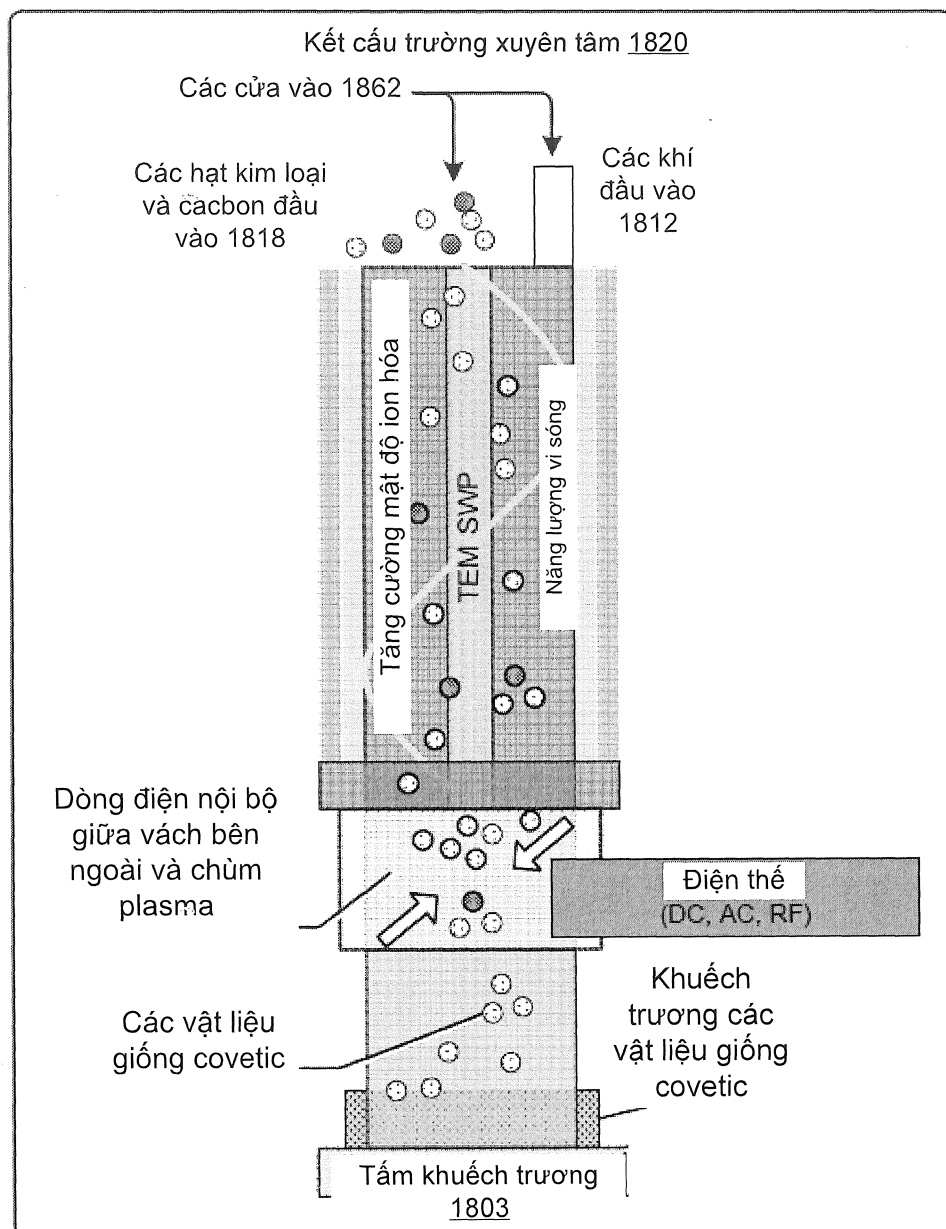
20/49

**FIG. 18A1**

21/49

**FIG. 18A2**

22/49

**FIG. 18B**

23/49

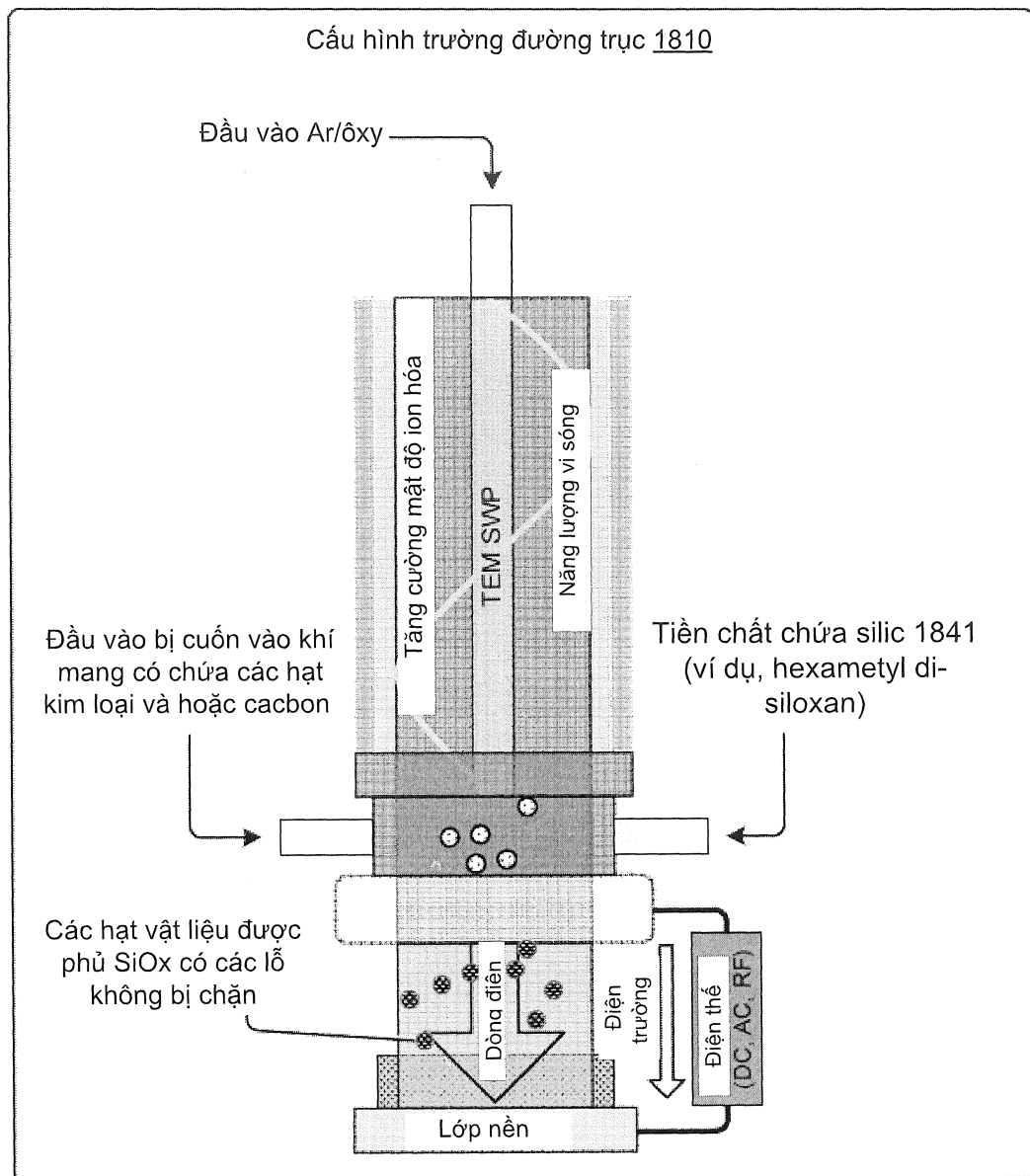


FIG. 18C

24/49

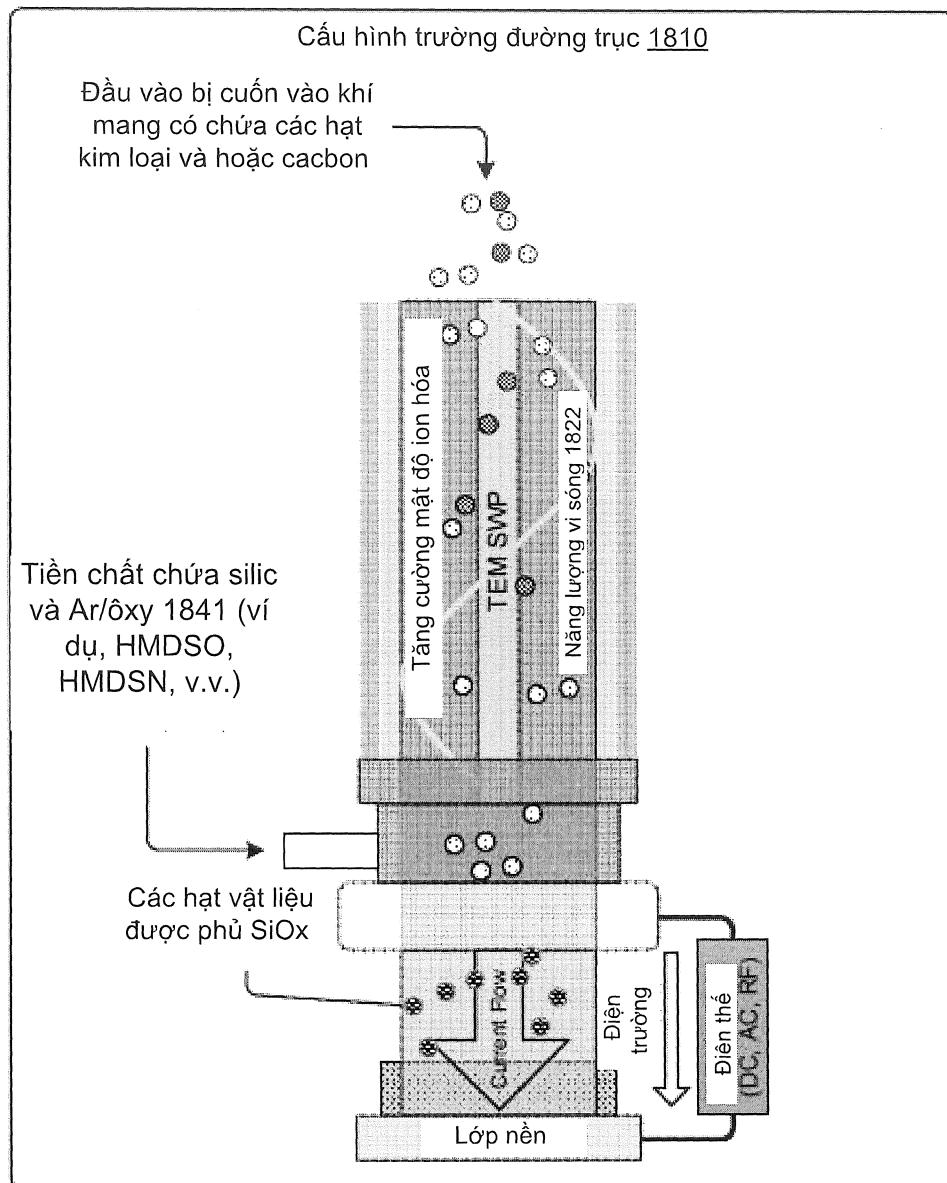
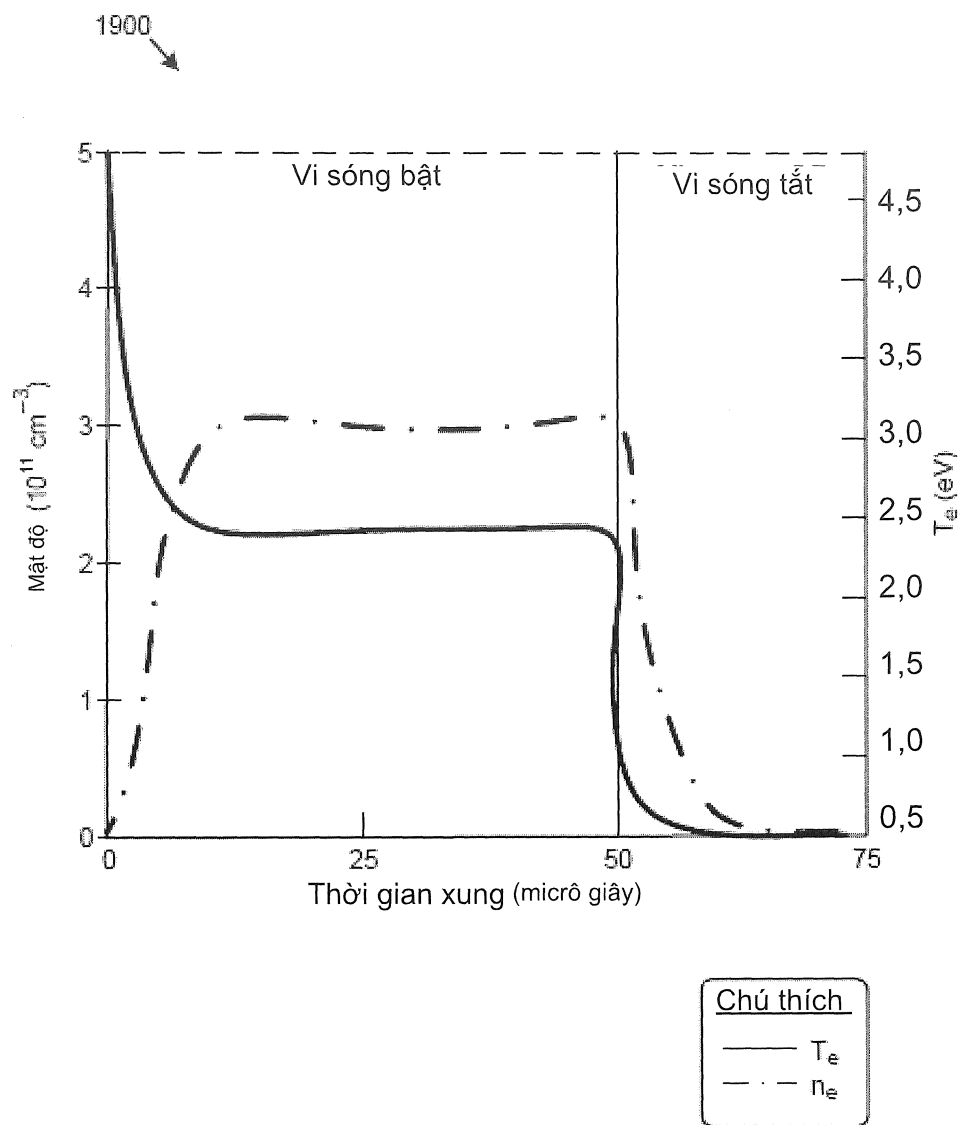


FIG. 18D

25/49

**FIG. 19**

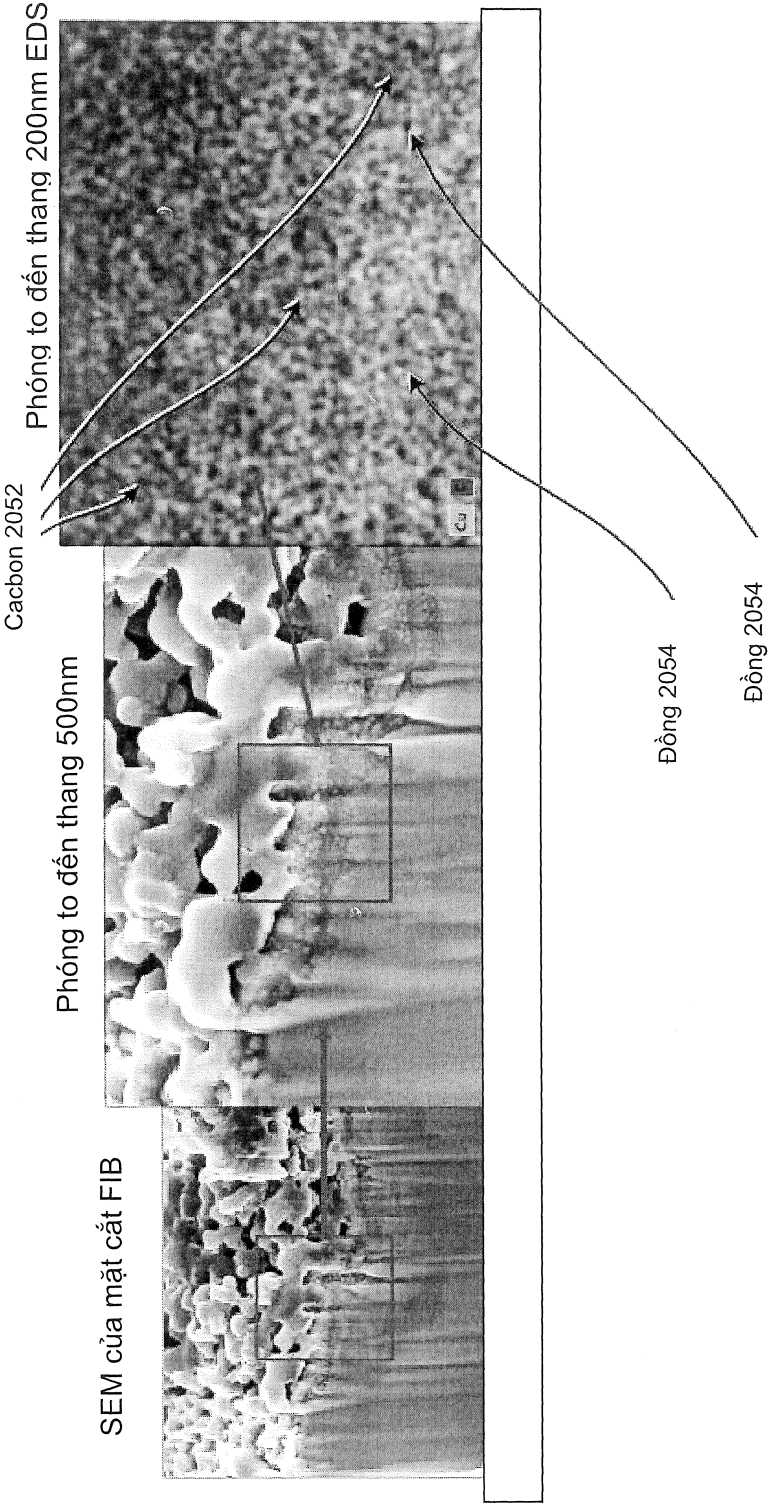
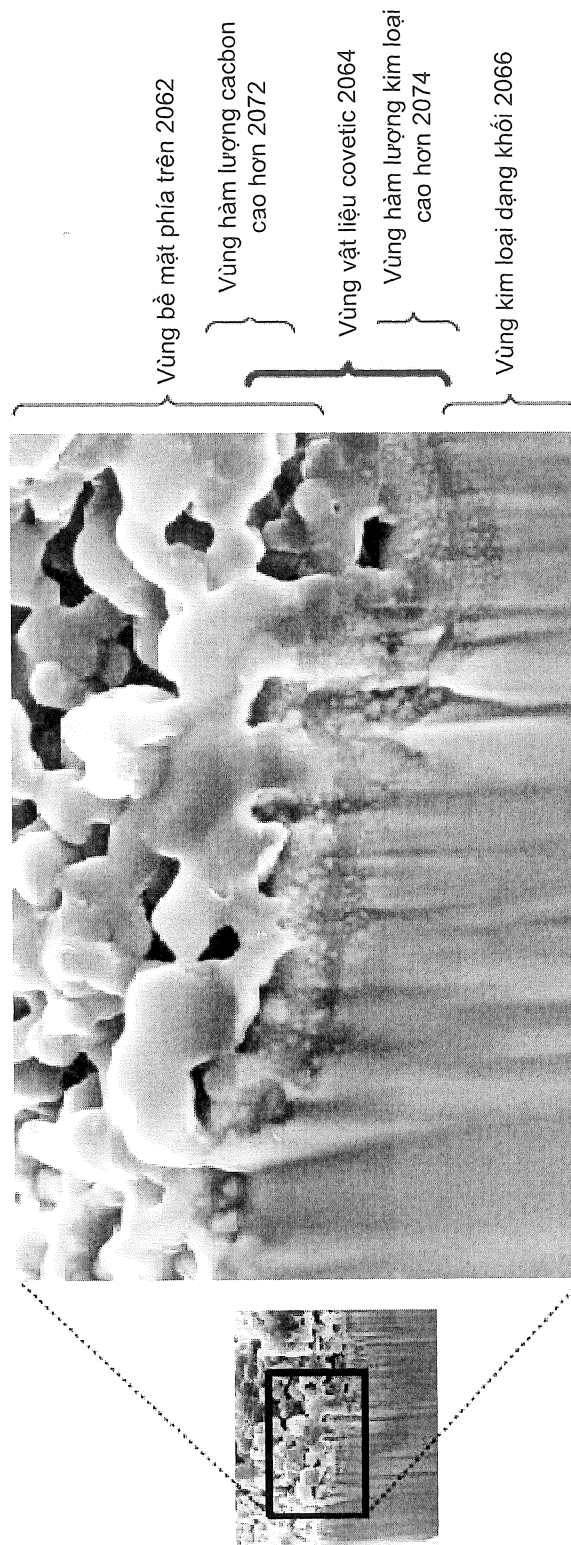


FIG. 20A1

27/49

**FIG. 20A2**

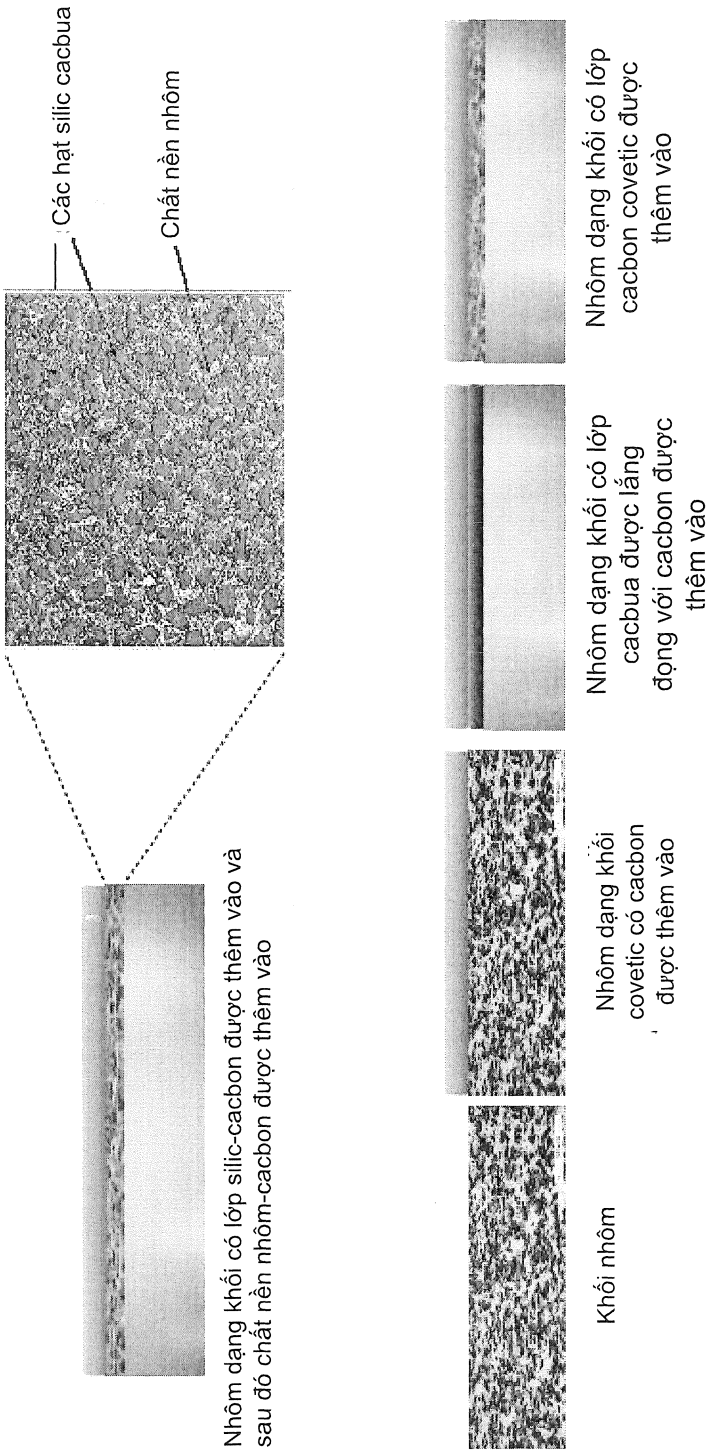
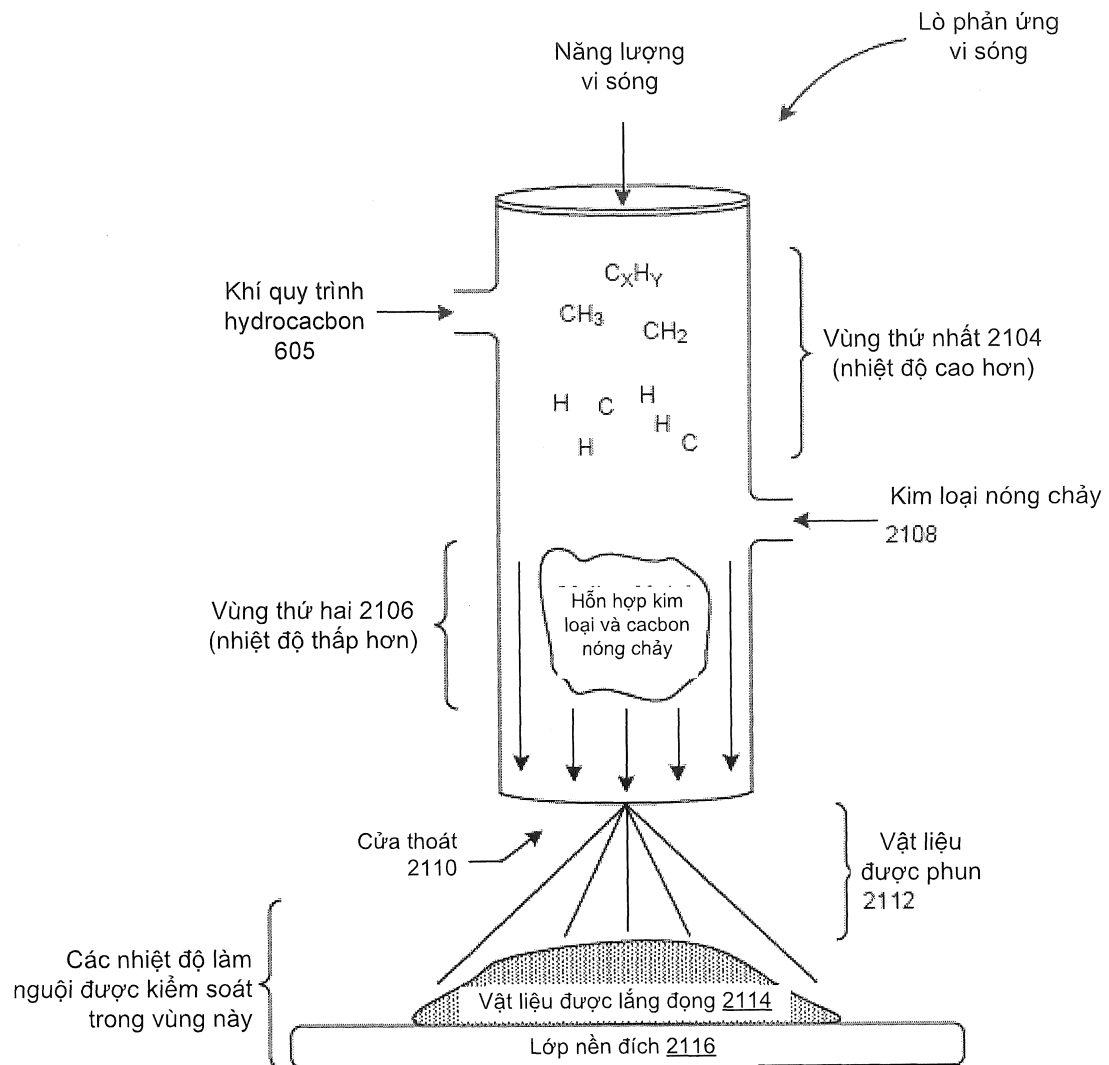
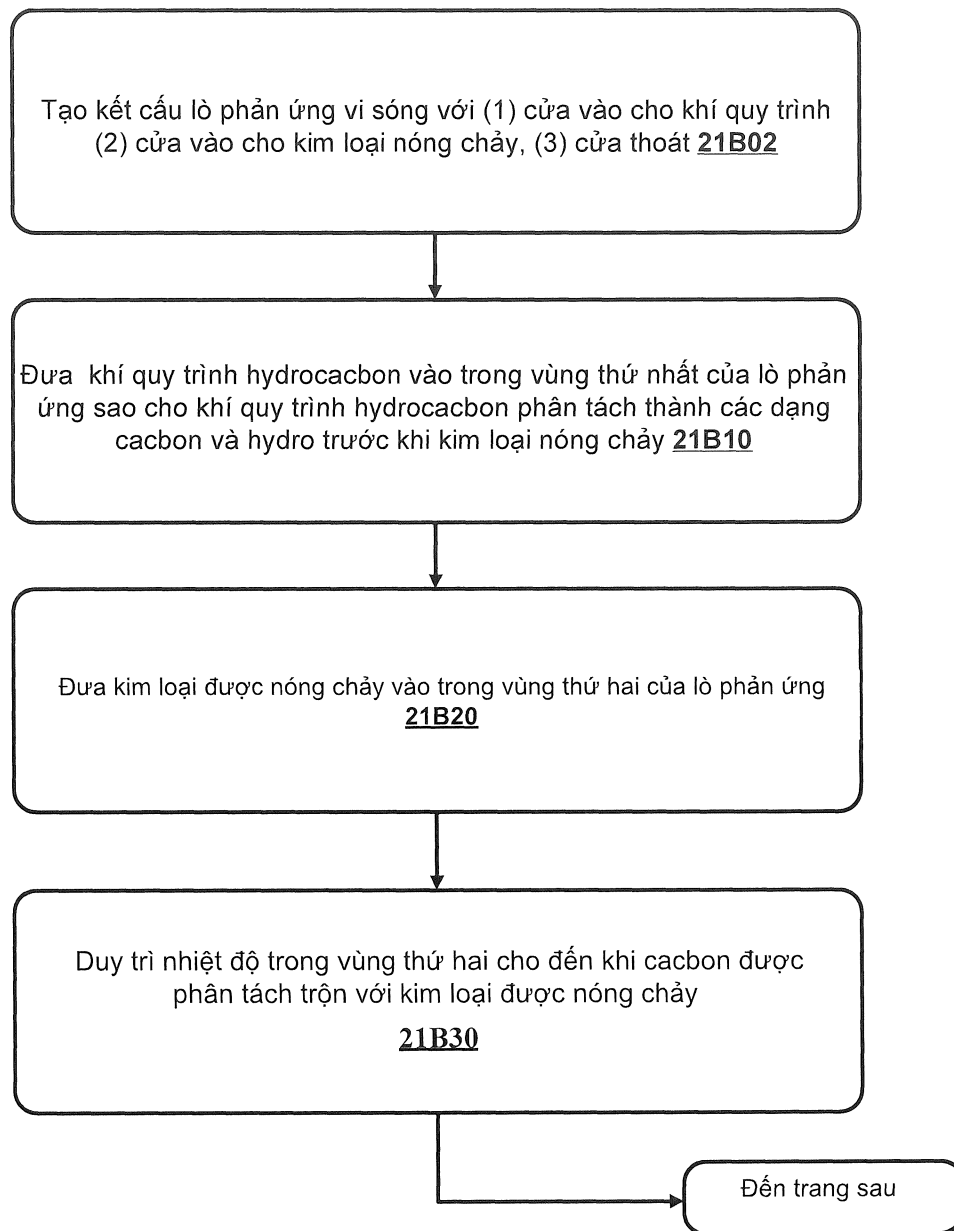


FIG. 20B

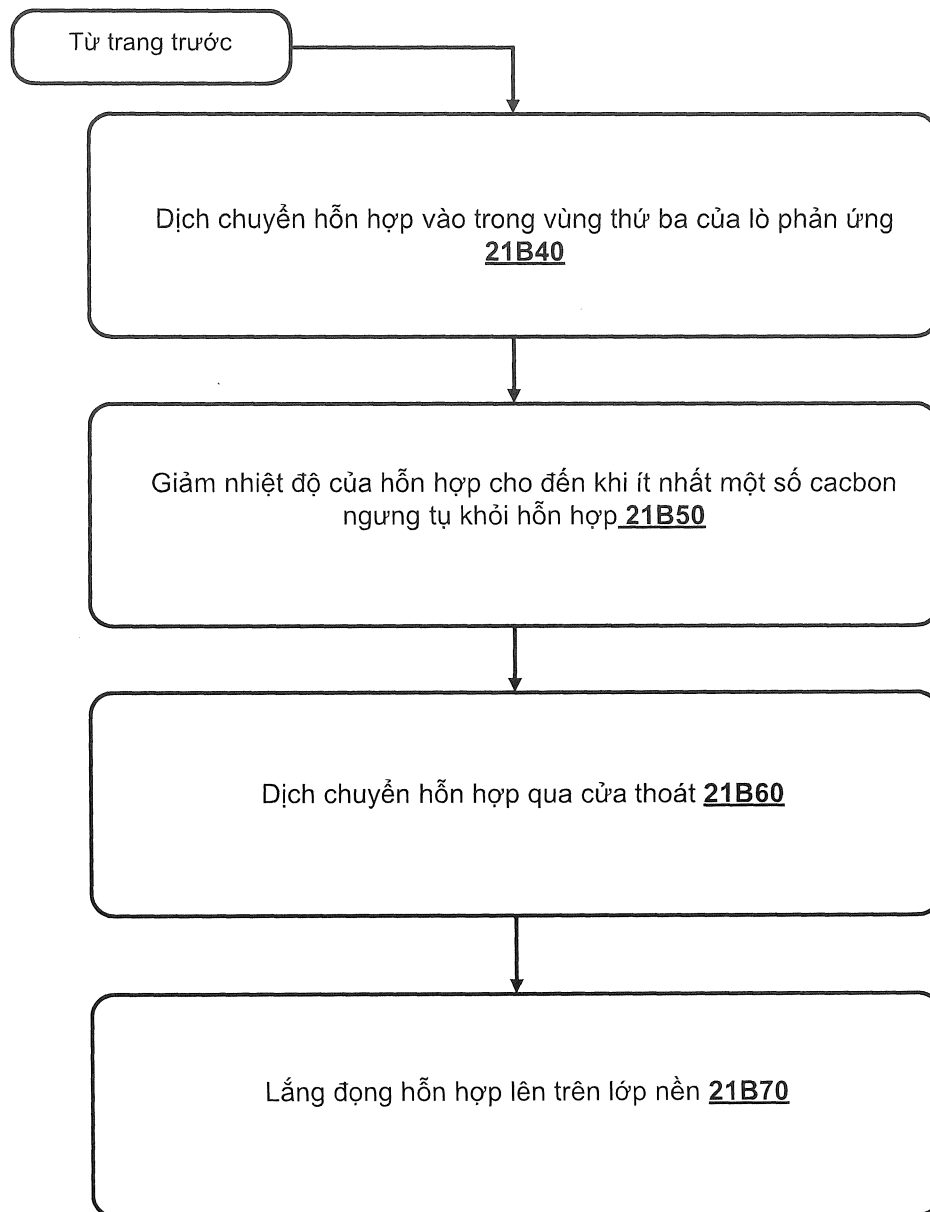
29/49

**FIG. 21A**

30/49

**FIG. 21B**

31/49

**Tiếp tục FIG. 21B**

32/49

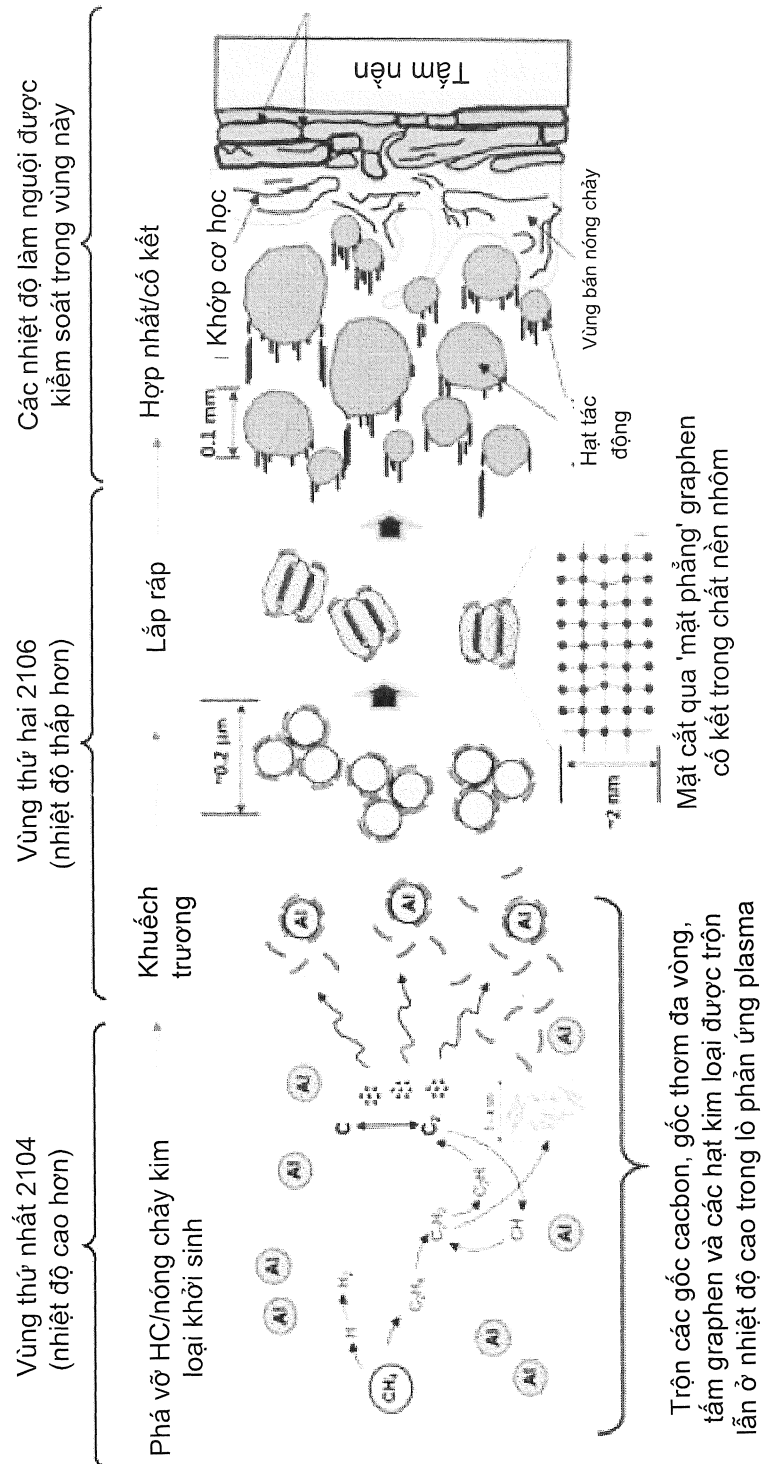
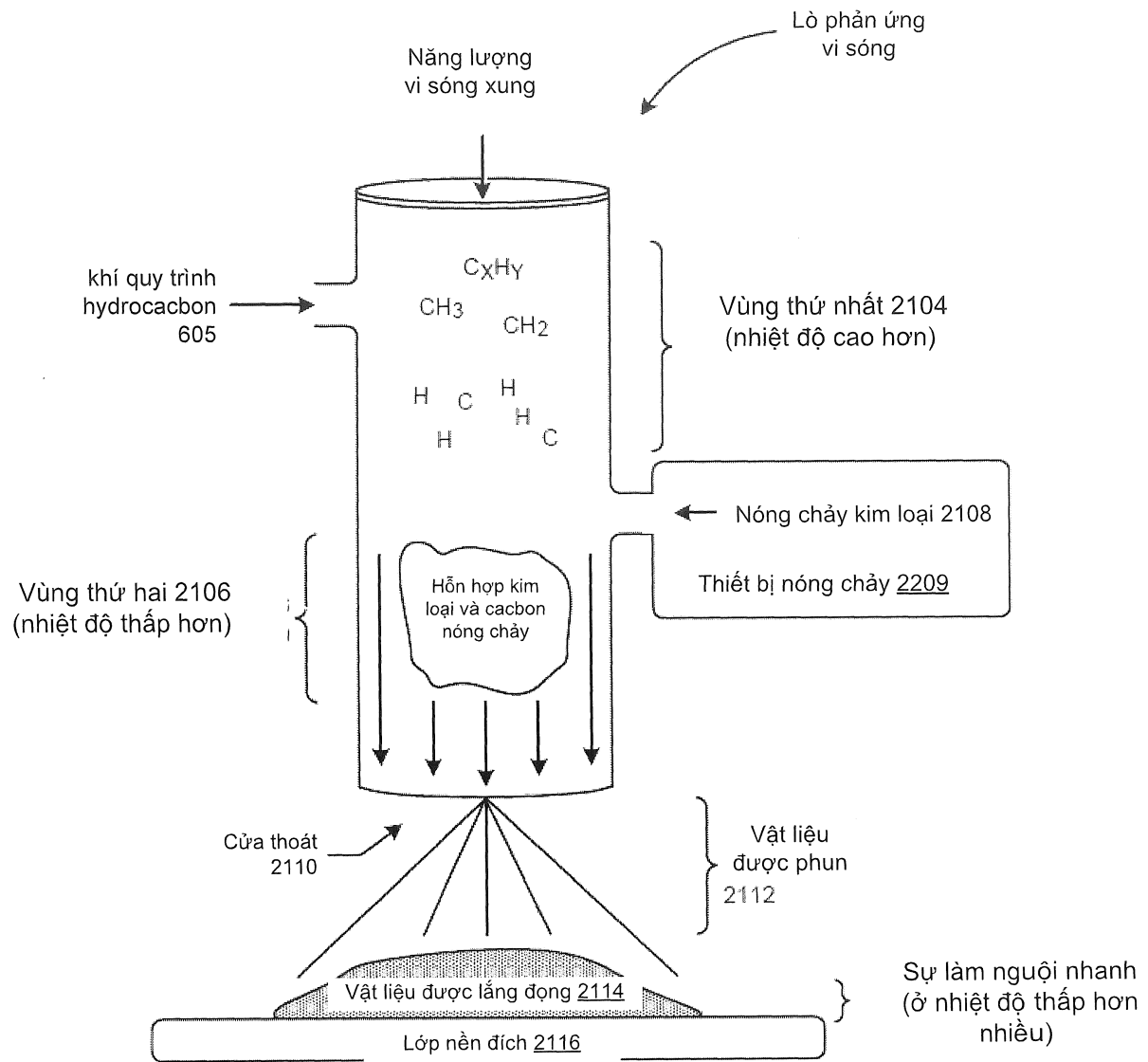
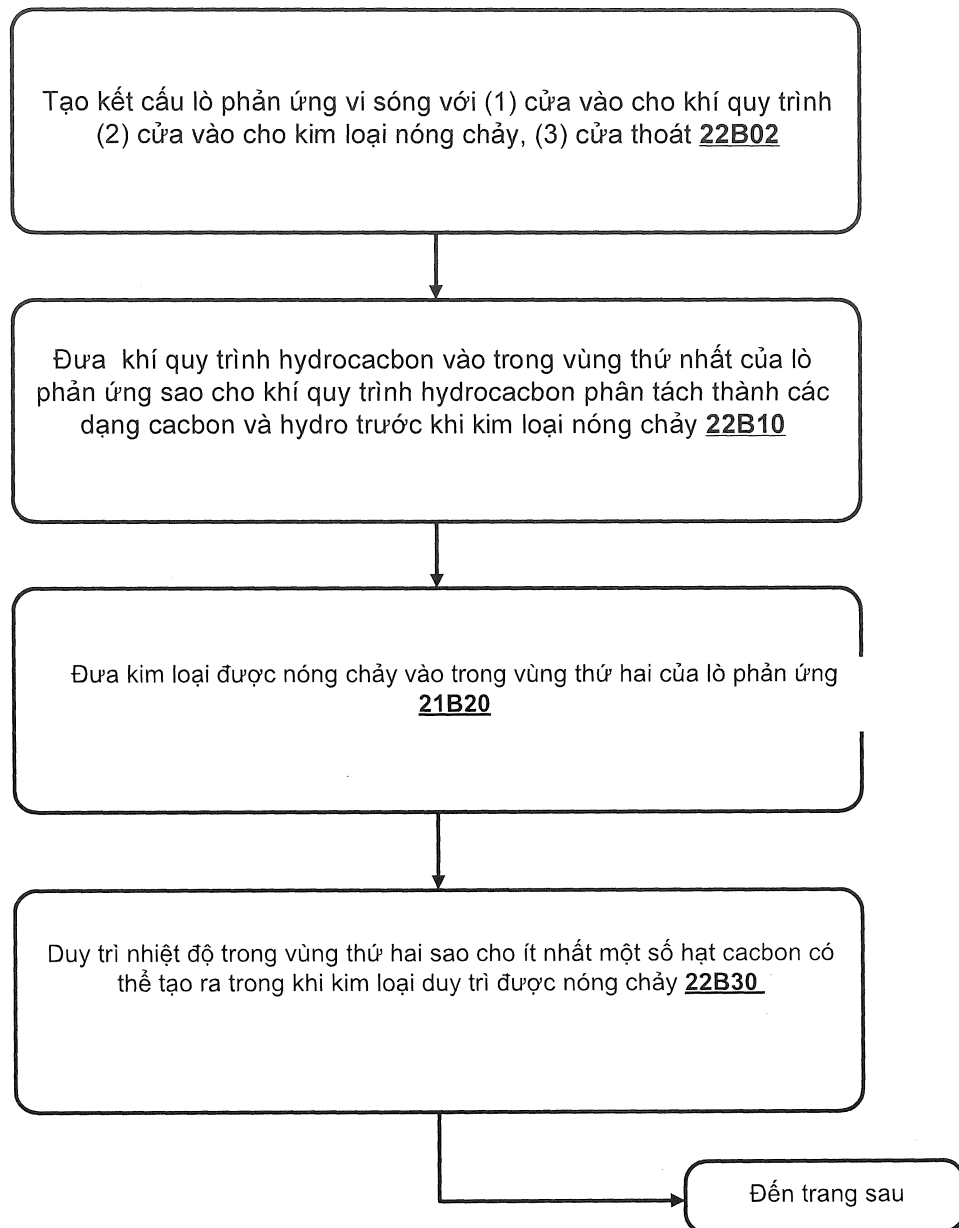


FIG. 21C

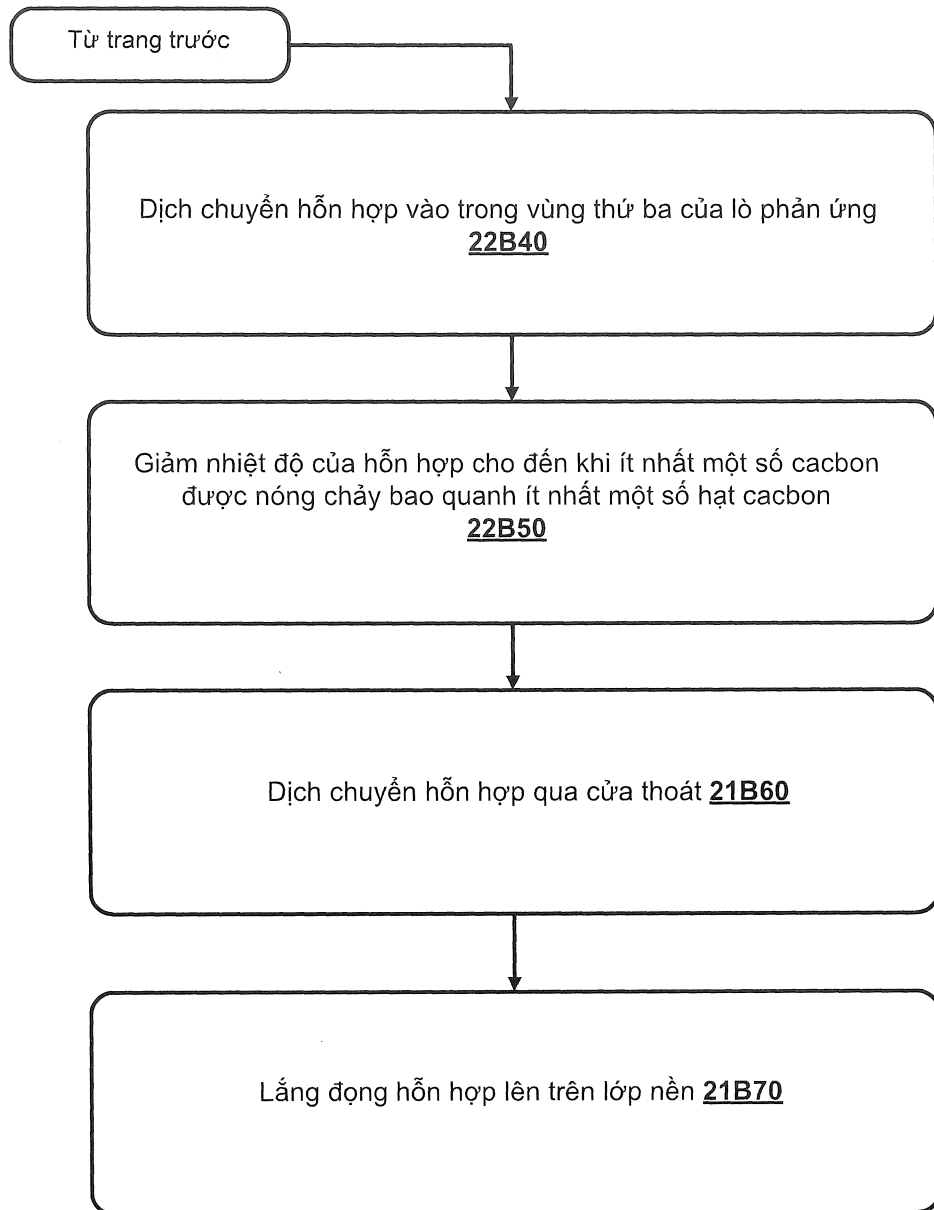
: 33/49

**FIG. 22A**

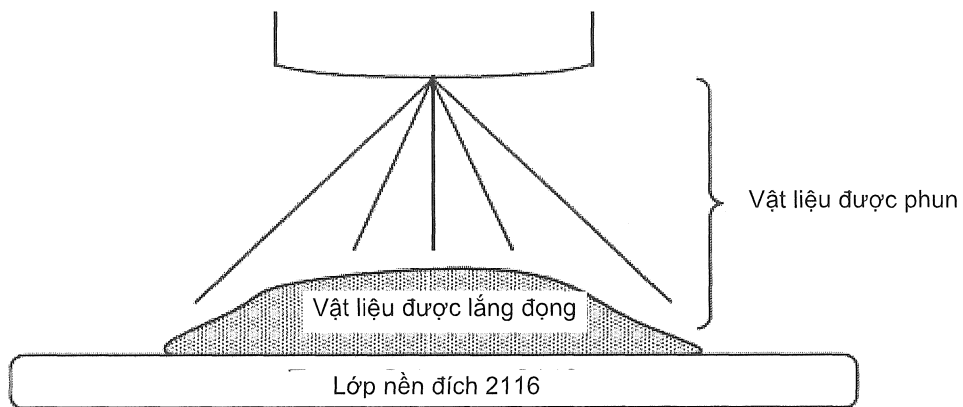
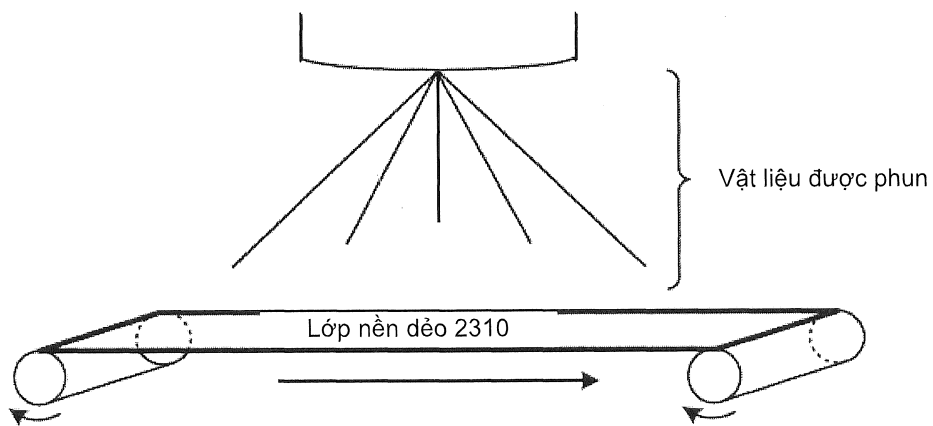
34/49

**FIG. 22B**

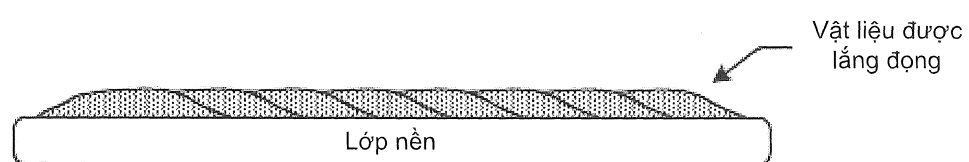
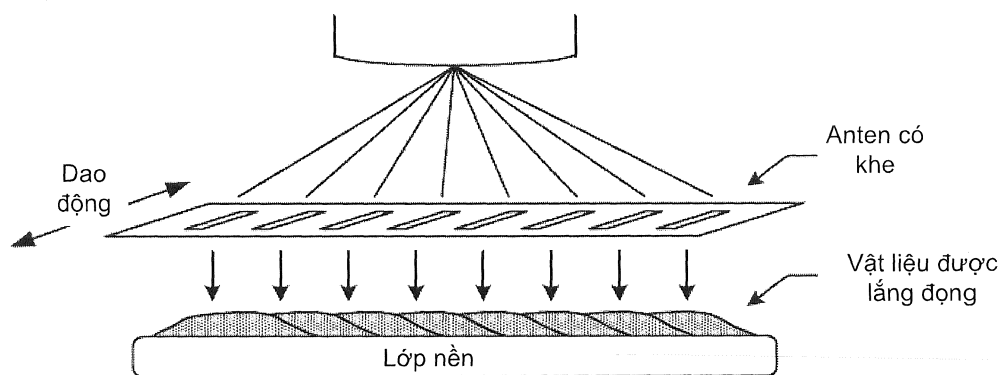
: 35/49

***Tiếp tục FIG. 22B***

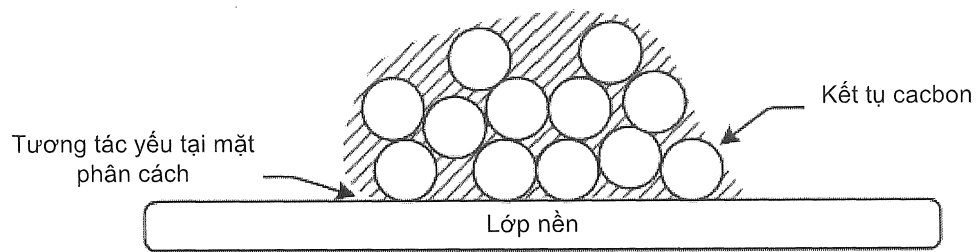
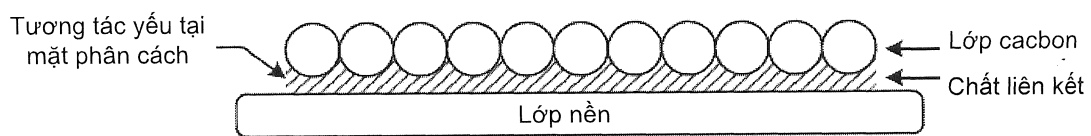
36/49

**FIG. 23A****FIG. 23B**

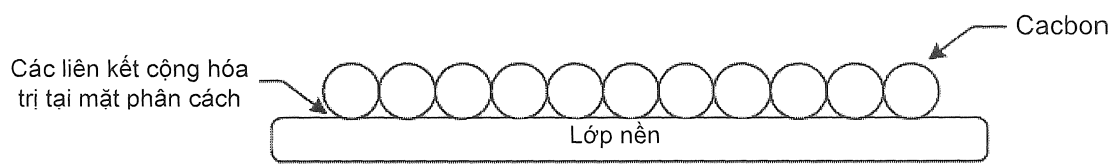
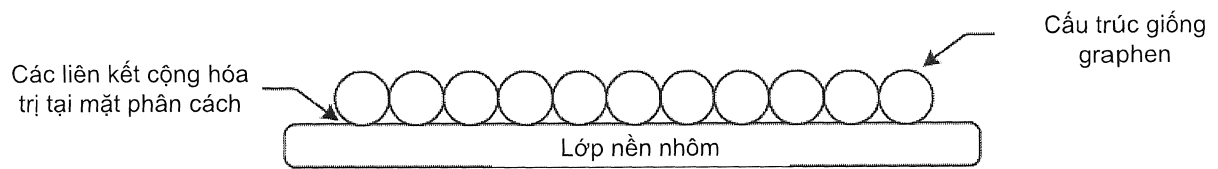
37/49

**FIG. 23C****FIG. 23D**

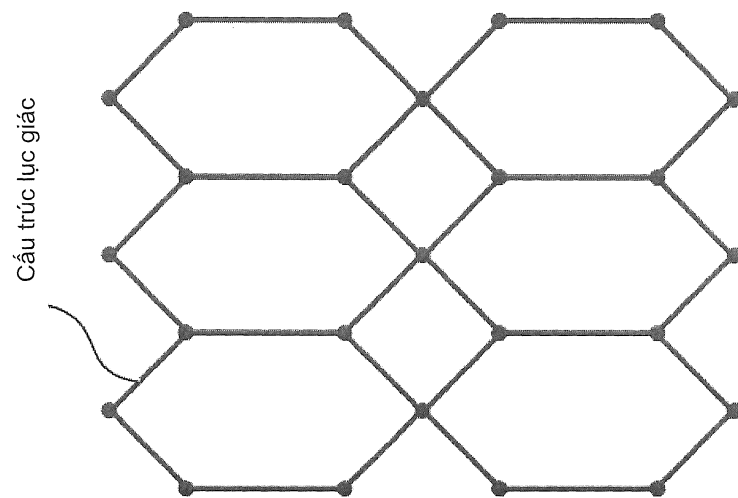
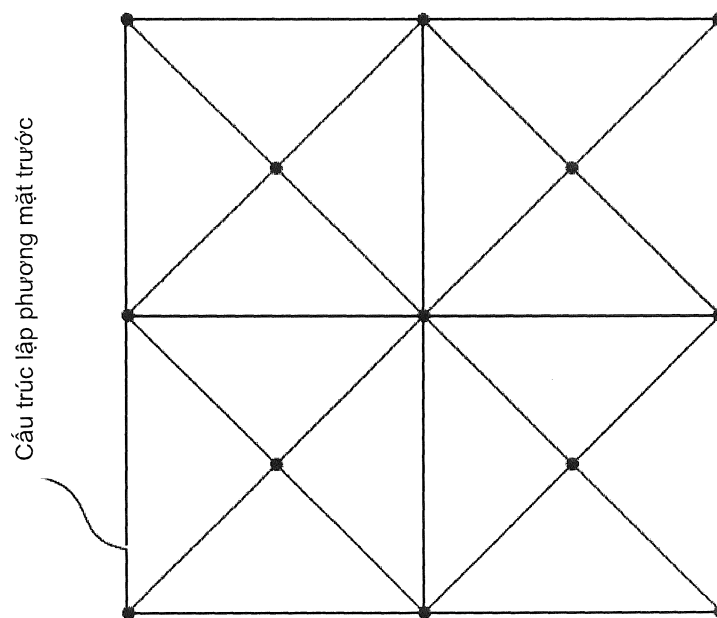
38/49

**FIG. 24A****FIG. 24B**

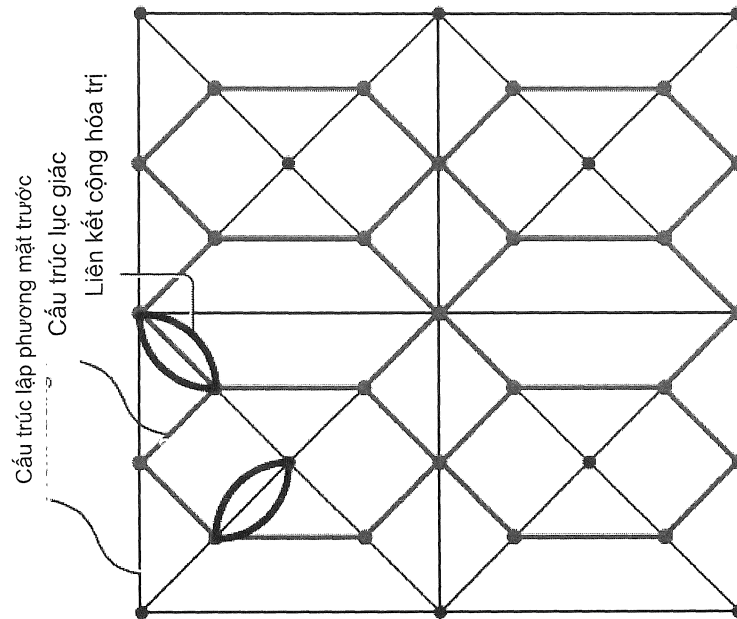
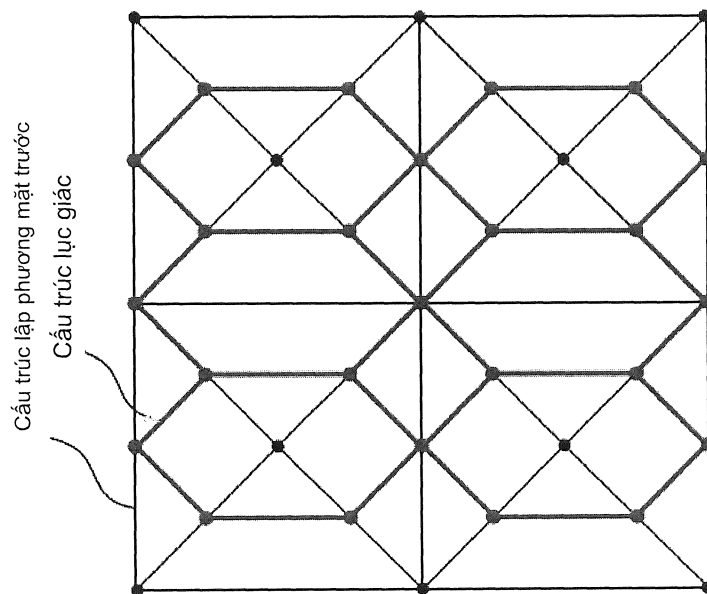
39/49

**FIG. 25A****FIG. 25B**

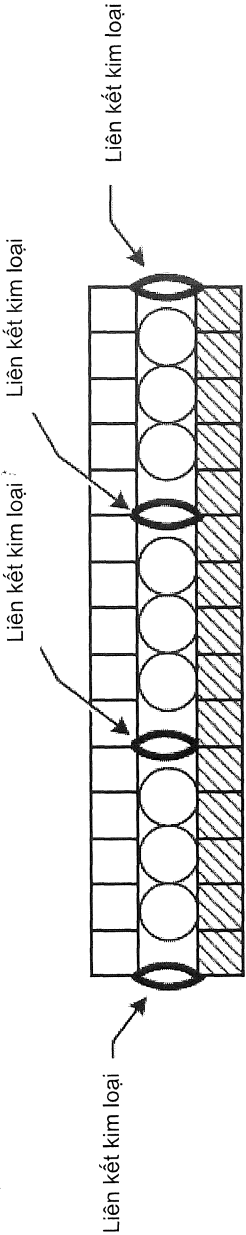
40/49

**FIG. 26B****FIG. 26A**

41/49

*FIG. 26D**FIG. 26C*

26E00



Chú thích

- ☐ Lớp kim loại nóng chảy được làm nguội
- ☐ Lớp vật liệu giống graphen
- ☒ Lớp kim loại nền

FIG. 26E

43/49

27A00

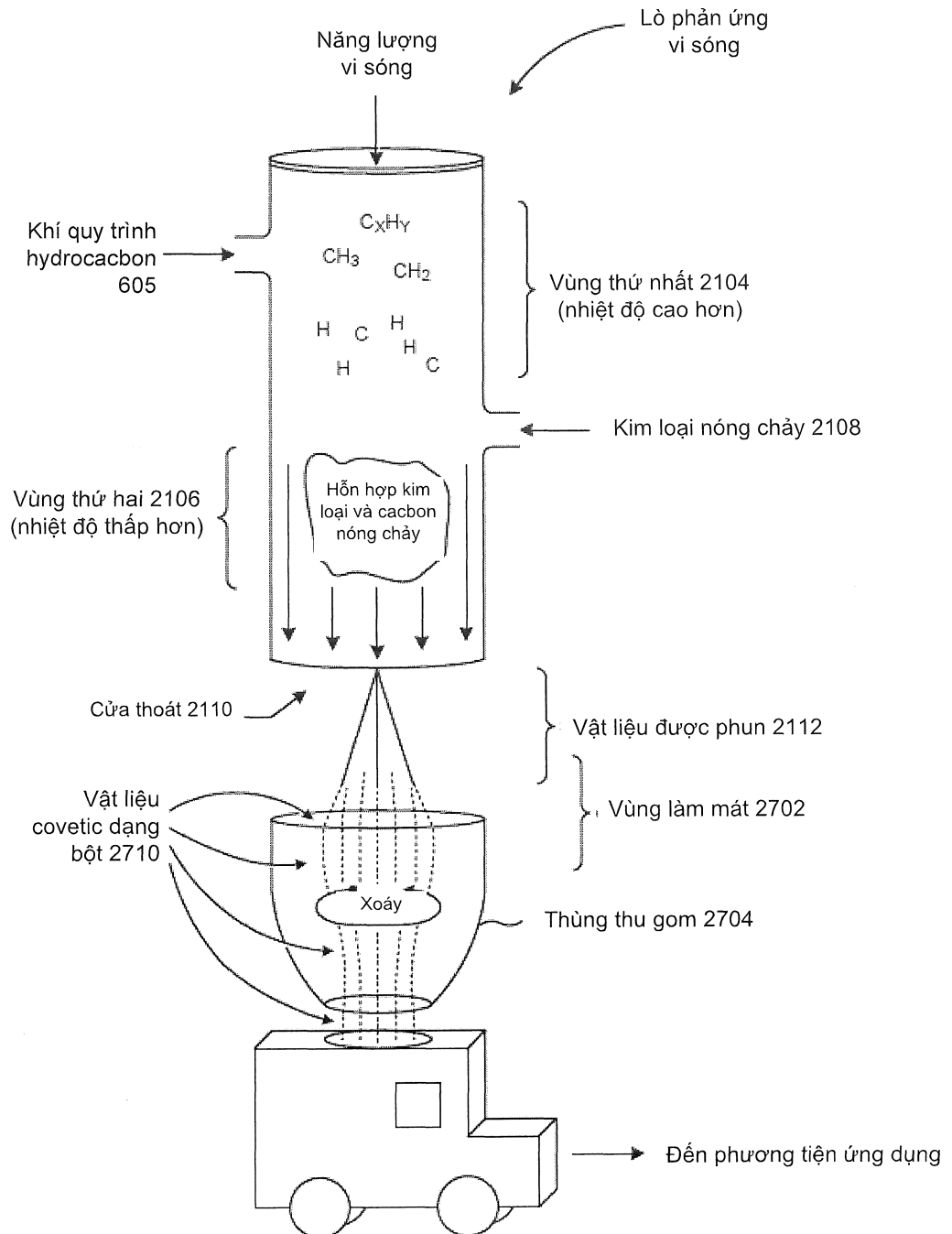


FIG. 27A

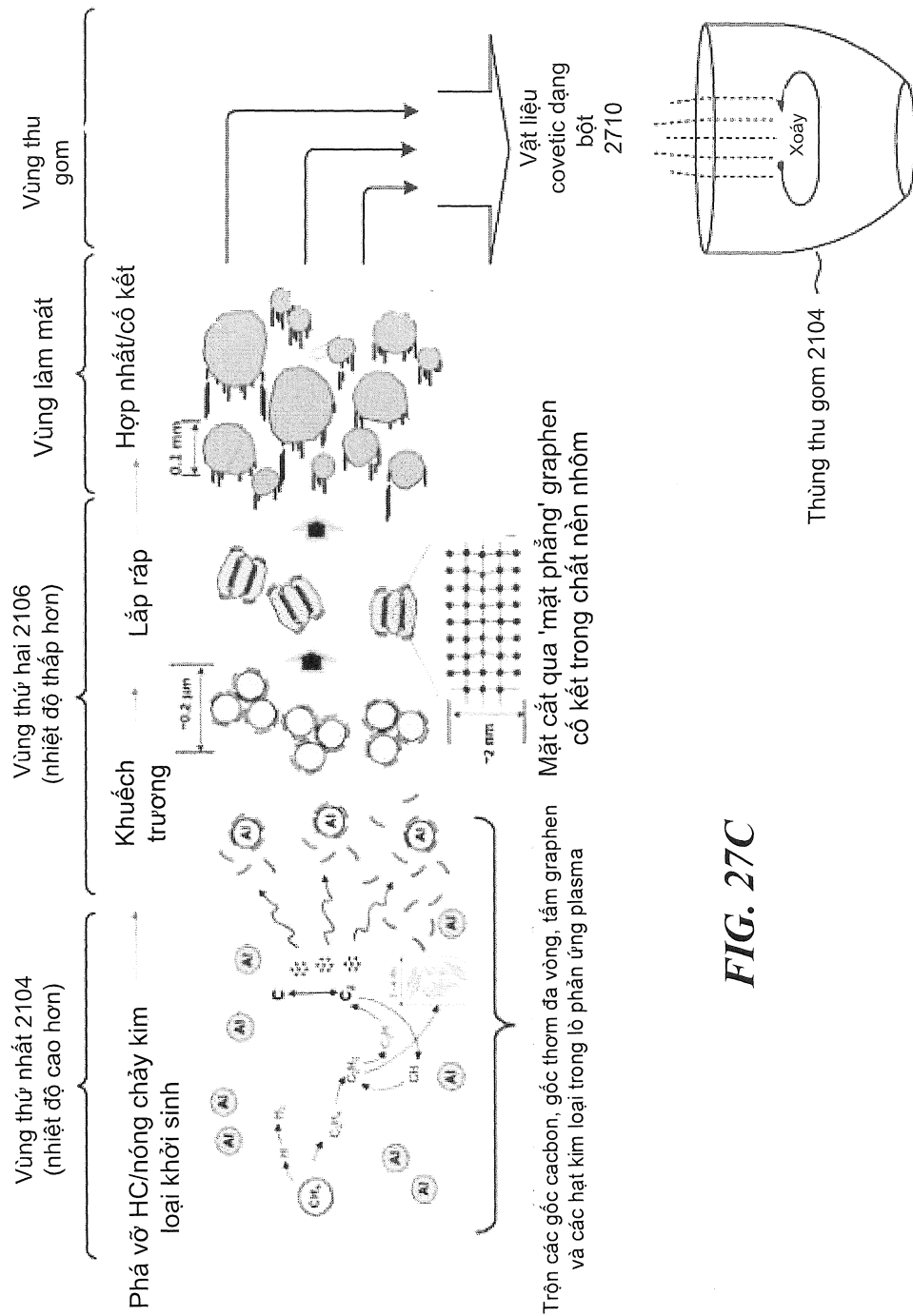
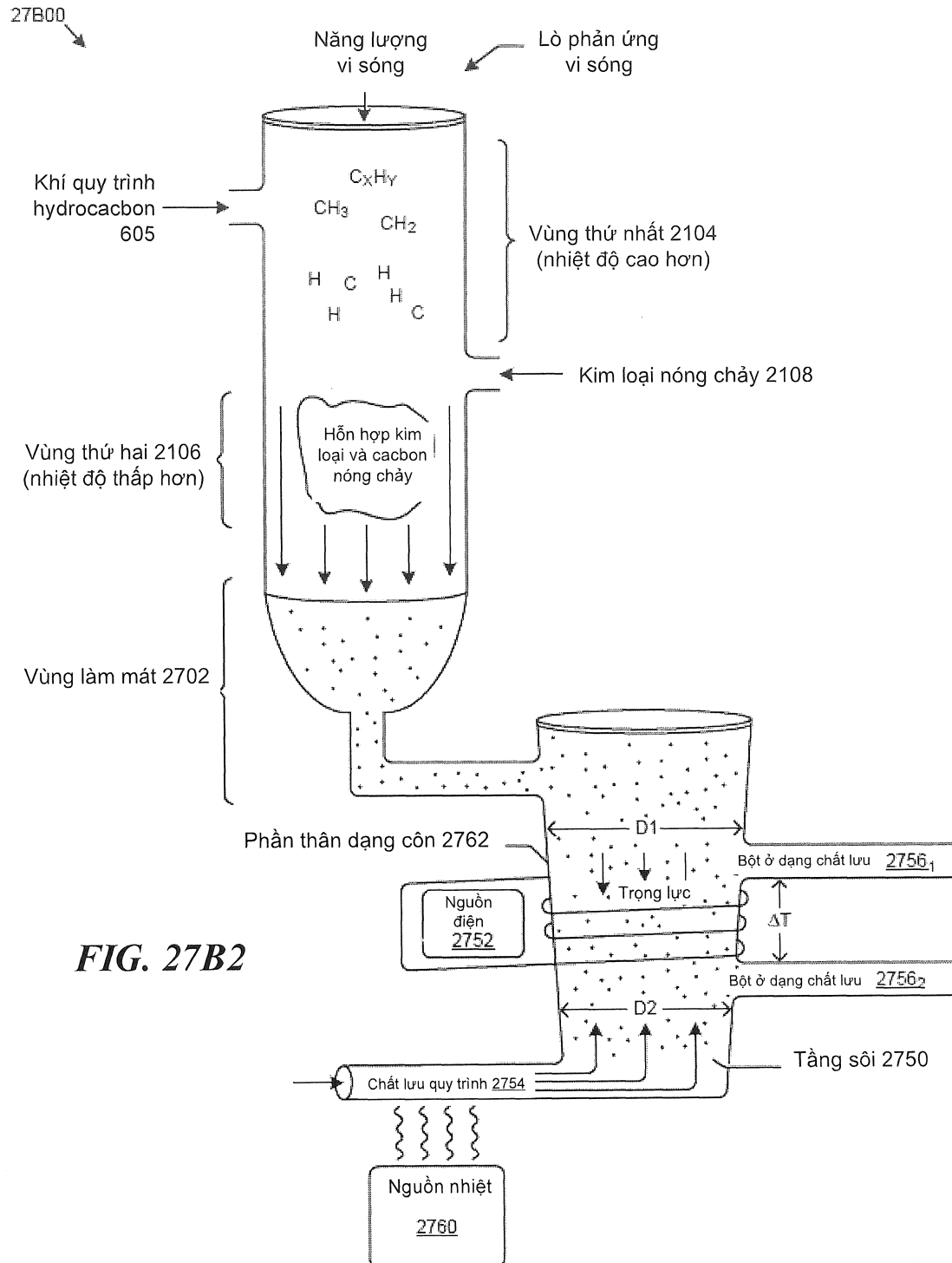
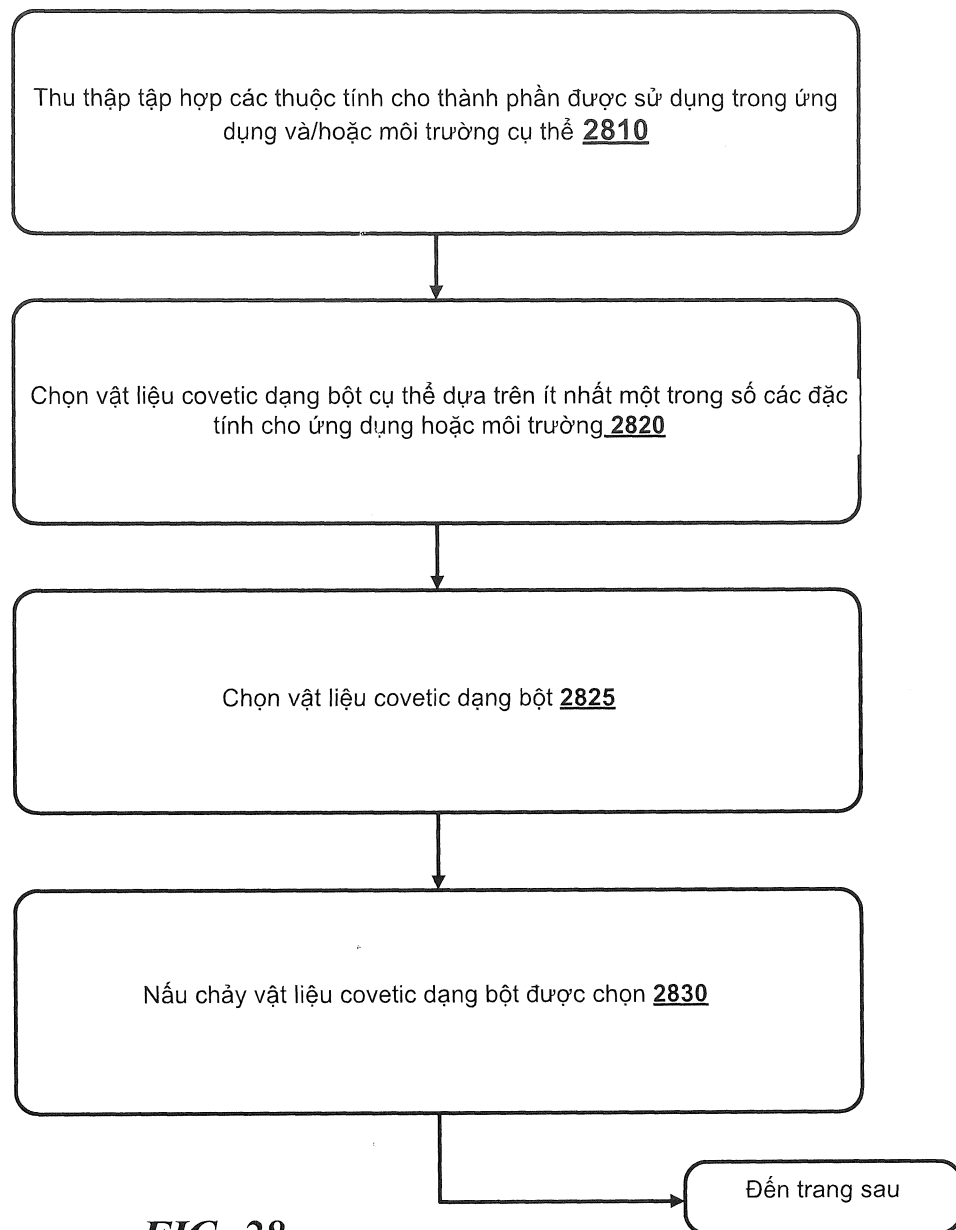


FIG. 27C

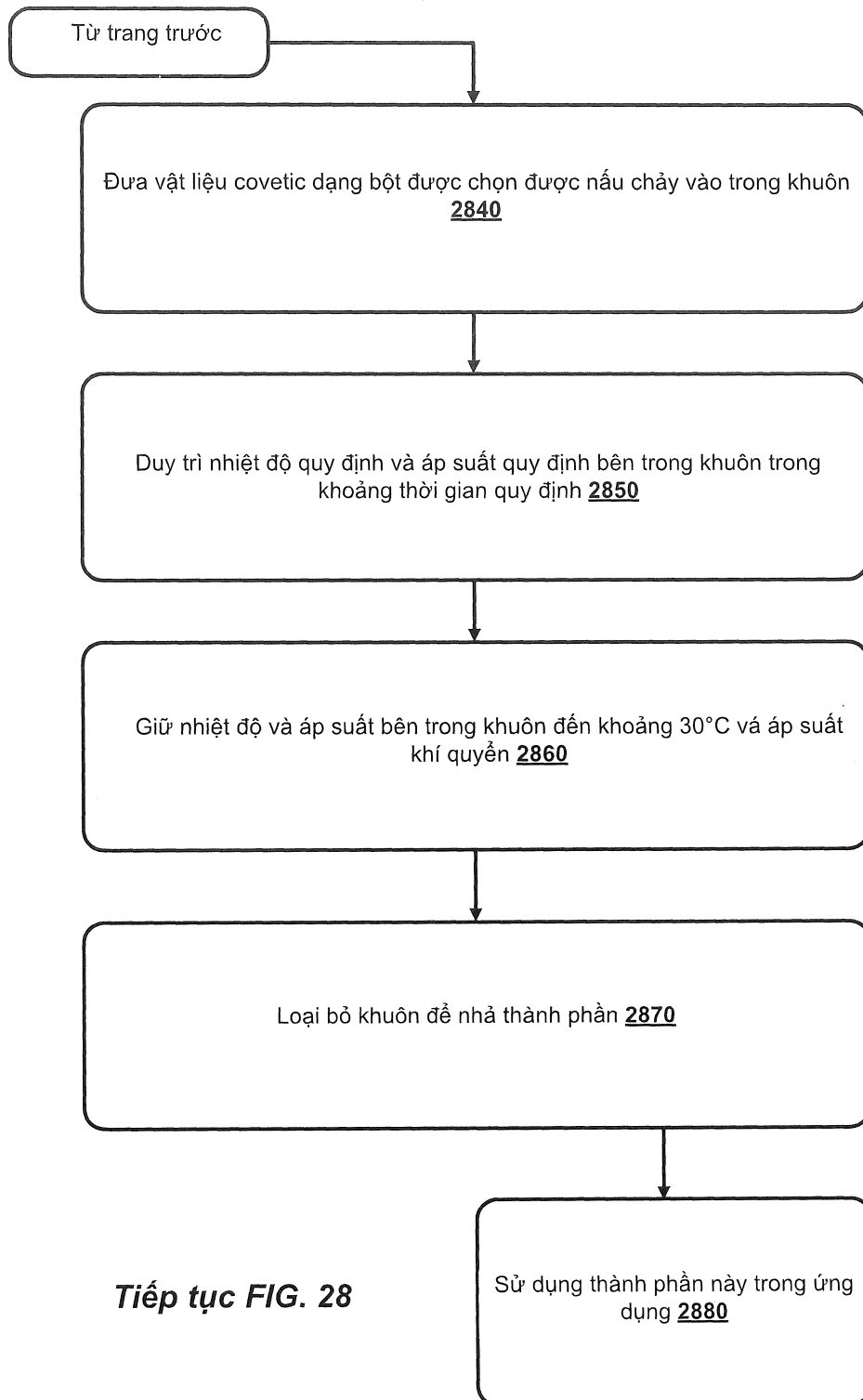
46/49



47/49

**FIG. 28**

48/49



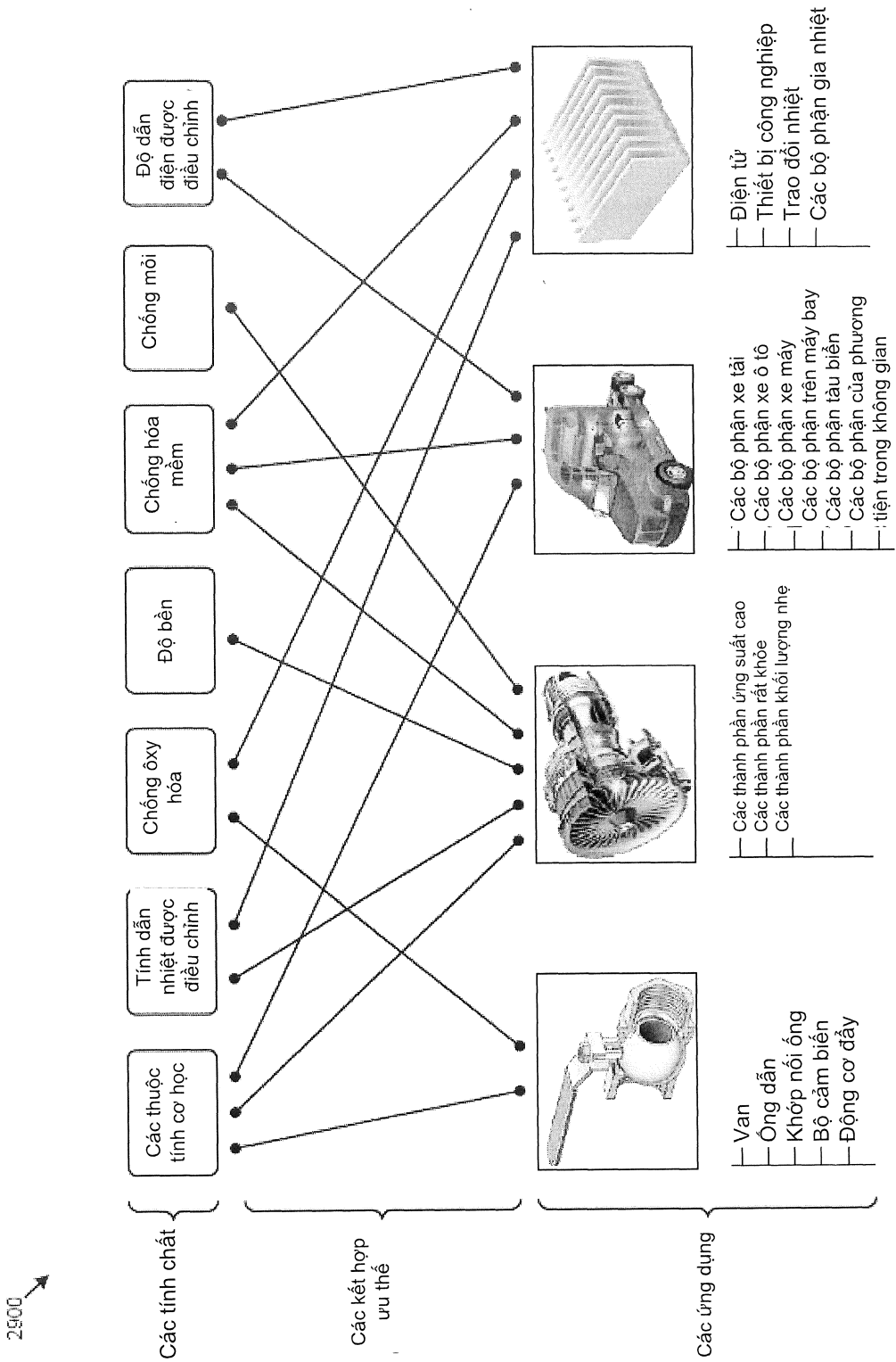


FIG. 29