



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

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

(11)



1-0049295

(51)^{2019.01} H01J 37/32

(13) B

-
- (21) 1-2019-04236 (22) 29/01/2018
(86) PCT/US2018/015674 29/01/2018 (87) WO2018/148044 16/08/2018
(30) 15/428,474 09/02/2017 US; 15/676,649 14/08/2017 US; 15/711,620 21/09/2017 US
(45) 25/07/2025 448 (43) 30/01/2020 382A
(73) LYTEN, INC. (US)
145 Baytech Drive, San Jose, California 95134-2303, United States of America
(72) ANZELMO, Bryce H. (US); COOK, Daniel (US); GHEZELBASH, Hossein-Ali
(US); SINGH, Shreeyukta (US); STOWELL, Michael W. (US); TANNER, David
(US).
(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)
-

(54) VẬT LIỆU CACBON VÀ MỰC DẪN ĐIỆN, CHẤT PHỤ GIA LỚP XE, ĐIỆN
CỰC ẮCQUI CHỨA VẬT LIỆU CACBON NÀY

(21) 1-2019-04236

(57) Sáng chế đề xuất vật liệu cacbon có tổ hợp cacbon, trong đó tổ hợp này bao gồm hạt nano cacbon và không có hạt mầm. Theo các phương án khác nhau, hạt nano bao gồm graphen, tùy ý với fuleren khối cầu đa vách và/hoặc thể thù hình cacbon khác. Theo các phương án khác nhau, hạt nano và tổ hợp có các dạng kết hợp khác nhau của: quang phổ Raman với đỉnh chế độ 2D và đỉnh chế độ G, và tỷ lệ cường độ 2D/G là lớn hơn 0,5, hàm lượng tạp chất nguyên tố thấp, diện tích bề mặt Brunauer-Emmett và Teller (BET) lớn, cỡ hạt lớn, và/hoặc độ dẫn điện lớn. Sáng chế còn đề cập đến mực dẫn điện, phụ gia lốp xe, và điện cực ắc quy chứa vật liệu cacbon này.

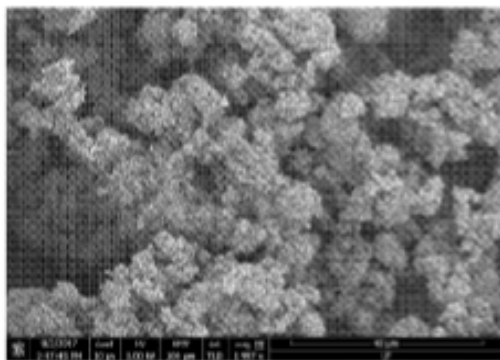


Fig. 4B

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến vật liệu cacbon chứa hạt không mầm với thể thù hình cacbon.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hạt cacbon chứa graphit và graphen được sử dụng trong các ứng dụng khác nhau từ chất phụ gia lốp xe, đến dầu bôi trơn, đến vật liệu điện tử. Một số đặc tính mà cho phép sử dụng chúng trong các ứng dụng khác nhau này là diện tích bề mặt lớn, và độ dẫn điện và dẫn nhiệt lớn.

Vật liệu graphen và graphit có trong tự nhiên được khai thác và được xử lý để sử dụng trong các ứng dụng khác nhau. Vật liệu graphit và graphen có trong tự nhiên chứa lượng lớn các tạp chất, nên khó khăn và tốn kém để tinh chế graphit và graphen có trong tự nhiên để thu được vật liệu có độ tinh khiết cao.

Các hydrocacbon thô hoặc được tinh chế khác nhau (ví dụ, metan, etan, propan, v.v.) có thể còn được nhiệt phân hoặc được crackinh để sản xuất các chất chứa cacbon bậc cao như graphen và fuleren, và hydro. Tuy nhiên, một số quá trình được sử dụng để sản xuất các chất chứa cacbon bậc cao cần sử dụng chất xúc tác, như chất xúc tác kim loại, và tạo ra tạp chất trong các chất chứa cacbon bậc cao này. Ngoài ra, một số quá trình cần tạo ra “mầm” hoặc “lõi” xung quanh các chất chứa cacbon bậc cao được tạo ra. Ngoài ra, một số quá trình nhiệt phân hoặc crackinh tạo ra các hạt có kích thước rất nhỏ (ví dụ, đường kính nhỏ hơn 100 nm) nên khó khăn và tốn kém để thu gom.

Một số ví dụ về thể thù hình cacbon bậc cao được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.1A đến Fig.1D. Fig.1A thể hiện biểu đồ của graphit, trong đó cacbon tạo ra các lớp mạng lục giác, quy mô nguyên tử, hai chiều, trong đó một nguyên tử tạo ra mỗi đỉnh. Graphit được tạo ra từ các lớp đơn của graphen. Fig.1B thể hiện biểu đồ của ống nano cacbon, trong đó các nguyên tử cacbon tạo ra mạng lục giác mà uốn cong thành hình trụ. Các ống nano cacbon có thể còn được gọi là fuleren hình trụ. Fig.1C thể hiện biểu đồ của fuleren có cấu trúc giống bóng Bucky C60, trong đó lớp đơn của mạng lục giác của nguyên tử cacbon tạo ra khối cầu. Fuleren khối cầu khác mà chứa các lớp đơn của mạng lục giác của nguyên tử cacbon, và có thể chứa 60 nguyên tử, 70 nguyên tử, hoặc nhiều hơn 70 nguyên tử. Fig.1D

thể hiện biểu đồ của nano cacbon hình củ hành (carbon nano-onion) từ bằng độc quyền sáng chế Mỹ số US 6,599,492, mà chứa các lớp đồng tâm của fuleren khối cầu.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là khắc phục các nhược điểm nêu trên trong tình trạng kỹ thuật của sáng chế. Mục đích này đạt được bằng vật liệu cacbon chứa hạt không mầm với thể thù hình cacbon theo sáng chế.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất vật liệu cacbon chứa các tổ hợp cacbon, mỗi tổ hợp cacbon có các hạt nano cacbon, mỗi hạt nano cacbon bao gồm graphen, mà không có hạt mầm. Graphen trong vật liệu cacbon có lên đến 15 lớp. Tỷ lệ của cacbon so với các nguyên tố khác, ngoại trừ hydro, trong tổ hợp cacbon là lớn hơn 99%. Kích cỡ trung bình của tổ hợp cacbon là từ 1 đến 50 micromet. Diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon ít nhất là $50 \text{ m}^2/\text{g}$, khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp Brunauer–Emmett–Teller (BET) với nitơ làm chất bị hấp phụ. Tổ hợp cacbon, khi được nén, có độ dẫn điện là lớn hơn 500 S/m.

Theo một số phương án, vật liệu cacbon chứa các tổ hợp cacbon, mỗi tổ hợp cacbon có các hạt nano cacbon, mỗi hạt nano cacbon bao gồm graphen và fuleren khối cầu đa vách, mà không có hạt mầm. Graphen trong vật liệu cacbon có lên đến 15 lớp. Quang phổ Raman của vật liệu cacbon chứa fuleren khối cầu đa vách, bằng cách sử dụng ánh sáng tới 532 nm, có: đỉnh chế độ D, đỉnh chế độ G, và tỷ lệ cường độ D/G nhỏ hơn 1,2. Tỷ lệ của cacbon so với các nguyên tố khác, ngoại trừ hydro, trong tổ hợp cacbon là lớn hơn 99%. Kích cỡ trung bình của tổ hợp cacbon là từ 1 đến 100 micromet. Diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon ít nhất là $10 \text{ m}^2/\text{g}$, khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp BET với nitơ làm chất bị hấp phụ. Tổ hợp cacbon, khi được nén, có độ dẫn điện là lớn hơn 500 S/m.

Theo một số phương án, vật liệu cacbon chứa các tổ hợp cacbon, mỗi tổ hợp cacbon có các hạt nano cacbon, mỗi hạt nano cacbon bao gồm hỗn hợp gồm graphen và ít nhất một thể thù hình cacbon khác, mà không có hạt mầm. Graphen trong vật liệu cacbon có lên đến 15 lớp. Tỷ lệ của cacbon so với các nguyên tố khác, ngoại trừ hydro, trong tổ hợp cacbon là lớn hơn 99%. Kích cỡ trung bình của tổ hợp cacbon là từ 1 đến 100 micromet. Diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon ít nhất là $10 \text{ m}^2/\text{g}$, khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp BET với nitơ làm chất bị hấp phụ. Tổ hợp cacbon, khi được nén, có độ dẫn điện là lớn hơn 100 S/m.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các hình vẽ từ Fig.1A đến Fig.1D là biểu đồ của thể thù hình cacbon của các giải pháp kỹ thuật đã biết.

Fig.1E là biểu đồ của các fuleren khối cầu đa vách được nối theo cách lý tưởng, theo một số phương án.

Fig.2A là mặt cắt dọc được đơn giản hóa của hệ thống xử lý khí vi sóng, theo một số phương án của sáng chế.

Fig.2B là mặt cắt dọc được đơn giản hóa của hệ thống xử lý khí vi sóng có dây tóc, theo các phương án của sáng chế.

Fig.3 là biểu đồ tiến trình của phương pháp tạo ra hạt cacbon, hạt nano, tổ hợp và vật liệu theo các phương án của sáng chế

Fig.4A thể hiện quang phổ Raman từ tổ hợp cacbon như được tổng hợp chứa graphit và graphen trong ví dụ thứ nhất, theo một số phương án.

Fig.4B và Fig.4C thể hiện hình ảnh kính hiển vi quét điện tử (scanning electron microscope - SEM) từ tổ hợp cacbon như được tổng hợp chứa graphit và graphen trong ví dụ thứ nhất, theo một số phương án.

Fig.4D và Fig.4E thể hiện hình ảnh kính hiển vi điện tử truyền qua (transmission electron microscope - TEM) từ tổ hợp cacbon như được tổng hợp chứa graphit và graphen trong ví dụ thứ nhất, theo một số phương án.

Fig.5A thể hiện hình ảnh từ trên xuống của tổ hợp cacbon như được tổng hợp chứa graphit, graphen và fuleren khối cầu đa vách trong ví dụ thứ hai, theo một số phương án.

Fig.5B thể hiện quang phổ Raman từ các vị trí được thể hiện trên Fig.5A của tổ hợp cacbon như được tổng hợp chứa fuleren khối cầu đa vách trong ví dụ thứ hai, theo một số phương án.

Fig.5C hình ảnh từ trên xuống của Fig.5A với các vị trí khác nhau được làm nổi bật.

Fig.5D thể hiện quang phổ Raman từ các vị trí được thể hiện trên Fig.5C của tổ hợp cacbon như được tổng hợp chứa graphit và graphen trong ví dụ thứ hai, theo một số phương án.

Các hình vẽ từ Fig.5E đến Fig.5J thể hiện hình ảnh TEM từ tổ hợp cacbon như được tổng hợp chứa graphit, graphen và fuleren khối cầu đa vách trong ví dụ thứ hai, theo một số phương án.

Fig.6A và Fig.6B thể hiện quang phổ Raman từ tổ hợp cacbon như được tổng hợp chứa graphit, graphen và cacbon vô định hình trong ví dụ thứ ba, theo một số phương án.

Các hình vẽ từ Fig.6C đến Fig.6E thể hiện hình ảnh TEM từ tổ hợp cacbon như được tổng hợp chứa graphit, graphen và cacbon vô định hình trong ví dụ thứ ba, theo một số phương án.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế đề cập đến hạt nano cacbon và tổ hợp mà bao gồm các thể thù hình khác nhau của (cụ thể là, các dạng khác nhau của) cacbon, bao gồm graphit, graphen, fuleren, cacbon vô định hình và hỗn hợp gồm chúng, như được mô tả sau đây. Theo một số phương án, hạt nano cacbon và tổ hợp đặc trưng bởi mức trật tự cao (cụ thể là, mức khuyết điểm thấp), và/hoặc độ tinh khiết cao (cụ thể là, hàm lượng tạp chất nguyên tố thấp), trái với hạt có độ tinh khiết thấp hơn và ít trật tự có thể thu được với hệ thống và phương pháp truyền thống.

Yếu tố hình dạng của vật liệu được mô tả trong bản mô tả này là hạt (ví dụ, hạt nano hoặc tổ hợp). Yếu tố hình dạng không là lớp, mà được sắp xếp trên đối tượng hoặc chất nền. Theo một số phương án, hạt cacbon được mô tả trong bản mô tả này là không lõi hoặc không mầm (cụ thể là, không chứa lõi hoặc mầm của vật liệu không phải cacbon). Theo một số phương án, tổ hợp cacbon được mô tả trong bản mô tả này đặc trưng bởi kích cỡ mà về cơ bản lớn hơn so với hạt được mô tả trong các giải pháp đã biết.

Phương pháp truyền thống được sử dụng để sản xuất hạt chứa graphit và graphen với mức trật tự cao, nhưng phương pháp truyền thống tạo ra sản phẩm cacbon với các nhược điểm. Ví dụ, graphit có trong tự nhiên có thể được xử lý hóa học để sản xuất graphen với độ dẫn điện cao và diện tích bề mặt lớn, nhưng độ tinh khiết thấp. Trong một số trường hợp, hạt có thể được tinh chế hóa học đến một mức độ nhất định; tuy nhiên, quá trình này là khó khăn và tốn kém. Trong một số trường hợp, quá trình tinh chế truyền thống sản xuất hạt với hàm lượng đáng kể của oxy, mà có thể làm giảm độ dẫn điện của vật liệu. Phương pháp nhiệt phân và crackinh hydrocacbon còn được sử dụng để sản xuất hạt chứa graphit và graphen với mức trật tự cao (ví dụ, như được chứng minh bởi Raman về vật liệu có trật

tự); tuy nhiên, hạt có độ tinh khiết thấp (ví dụ, nhỏ hơn 95% cacbon so với các nguyên tố khác). Trong một số trường hợp, phương pháp nhiệt phân và crackinh hydrocacbon sử dụng chất xúc tác hoặc hạt mầm tạo ra sản phẩm mà bao gồm chất xúc tác hoặc nguyên tố mầm và do đó có độ tinh khiết thấp (ví dụ, nhỏ hơn 95% cacbon so với các nguyên tố khác). Trong một số trường hợp, phương pháp nhiệt phân và crackinh còn sản xuất hạt với cỡ hạt nhỏ (ví dụ, nhỏ hơn 100 nm), mà khiến cho việc thu gom hạt trở nên khó khăn và tốn kém. Đặc tính không mong muốn của thể thù hình cacbon được tạo ra bằng cách sử dụng phương pháp truyền thống, như mức trật tự thấp và/hoặc độ tinh khiết thấp, thường tạo ra đặc tính điện không mong muốn của hạt cacbon thu được (ví dụ, độ dẫn điện thấp, hoặc diện tích bề mặt thấp).

Trong một số trường hợp, phương pháp truyền thống có thể sản xuất hạt chứa thể thù hình cacbon với một hoặc nhiều đặc tính mong muốn, nhưng không có tổ hợp của các đặc tính mong muốn. Ví dụ, một số phương pháp truyền thống có thể sản xuất graphen với diện tích bề mặt lớn, nhưng độ dẫn điện thấp do sự có mặt của oxy dư.

Hạt nano cacbon không mầm và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này có hàm lượng tạp chất nguyên tố thấp, và có cỡ hạt lớn, diện tích bề mặt lớn và độ dẫn điện cao như được tổng hợp. Theo một số phương án, hạt nano cacbon và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này được tạo ra bằng cách sử dụng phương pháp và thiết bị phản ứng vi sóng có tốc độ tương đối lớn, chi phí thấp, được cải tiến như được mô tả sau đây. Các ưu điểm và/hoặc cải tiến khác cũng sẽ trở nên rõ ràng thông qua phần mô tả sau đây.

Trong bản mô tả này, thuật ngữ “graphen” đề cập đến thể thù hình của cacbon ở dạng của mạng lục giác hai chiều, quy mô nguyên tử trong đó một nguyên tử tạo ra mỗi đỉnh. Nguyên tử cacbon trong graphen được liên kết sp^2 . Ngoài ra, graphen có quang phổ Raman với ba đỉnh chính: chế độ G ở khoảng 1580 cm^{-1} , chế độ D ở khoảng 1350 cm^{-1} , và đỉnh chế độ 2D ở khoảng 2690 cm^{-1} (khi sử dụng laze kích thích 532 nm). Trong bản mô tả này, lớp đơn của graphen là tầng đơn của nguyên tử cacbon được sắp xếp theo hình lục giác (cụ thể là, được liên kết sp^2). Đã xác định được rằng tỷ lệ của cường độ của đỉnh chế độ 2D so với đỉnh chế độ G (cụ thể là, tỷ lệ cường độ 2D/G) có liên quan đến số lớp trong graphen. Tỷ lệ cường độ 2D/G cao hơn tương ứng với ít lớp hơn trong vật liệu graphen đa lớp. Theo các phương án khác nhau của sáng chế, graphen chứa ít hơn 15 lớp nguyên tử cacbon, hoặc ít hơn 10 lớp nguyên tử cacbon, hoặc ít hơn 7 lớp nguyên tử cacbon, hoặc ít hơn 5 lớp nguyên tử cacbon, hoặc ít hơn 3 lớp nguyên tử cacbon, hoặc

chứa lớp đơn của nguyên tử cacbon, hoặc chứa từ 1 đến 10 lớp nguyên tử cacbon, hoặc chứa từ 1 đến 7 lớp nguyên tử cacbon, hoặc chứa từ 1 đến 5 lớp nguyên tử cacbon. Theo một số phương án, graphen ít lớp (FLG) chứa từ 2 đến 7 lớp nguyên tử cacbon. Theo một số phương án, graphen nhiều lớp (MLG) chứa từ 7 đến 15 lớp nguyên tử cacbon.

Trong bản mô tả này, thuật ngữ “graphit” đề cập đến thể thù hình của cacbon ở dạng của mạng lục giác hai chiều, quy mô nguyên tử, trong đó một nguyên tử tạo ra mỗi đỉnh. Nguyên tử cacbon trong graphit có liên kết sp^2 . Ngoài ra, graphit có quang phổ Raman với hai đỉnh chính: chế độ G ở khoảng 1580 cm^{-1} và chế độ D ở khoảng 1350 cm^{-1} (khi sử dụng laze kích thích 532 nm). Tương tự với graphen, graphit chứa lớp nguyên tử cacbon được sắp xếp theo hình lục giác (cụ thể là, được liên kết sp^2). Theo các phương án khác nhau của sáng chế, graphit có thể chứa lớn hơn 15 lớp nguyên tử cacbon, hoặc lớn hơn 10 lớp nguyên tử cacbon, hoặc lớn hơn 7 lớp nguyên tử cacbon, hoặc lớn hơn 5 lớp nguyên tử cacbon, hoặc lớn hơn 3 lớp nguyên tử cacbon.

Trong bản mô tả này, thuật ngữ “fuleren” đề cập đến phân tử của cacbon ở dạng của khối cầu rỗng, elipxoit, ống, hoặc hình dạng khác. Fuleren khối cầu có thể còn được gọi là Buckminsterfuleren, hoặc bóng Bucky. Fuleren hình trụ có thể còn được gọi là các ống nano cacbon. Fuleren tương tự về cấu trúc đối với graphit, mà được cấu thành bởi các tầng graphen xếp chồng lên nhau của vòng lục giác được kết nối. Fuleren có thể còn chứa vòng ngũ giác (hoặc đôi khi là thất giác).

Trong bản mô tả này, thuật ngữ “fuleren đa vách” đề cập đến fuleren với các lớp đồng tâm. Ví dụ, các ống nano đa vách (MWNT) chứa các lớp được cuộn (các ống đồng tâm) của graphen. Fuleren khối cầu đa vách (MWSF) chứa các khối cầu đồng tâm của fuleren.

Trong bản mô tả này, thuật ngữ “cacbon vô định hình” đề cập đến thể thù hình cacbon mà có cấu trúc tinh thể tối thiểu hoặc không có cấu trúc tinh thể. Một phương pháp để xác định đặc tính cacbon vô định hình thông qua tỷ lệ của các liên kết lai hóa sp^2 so với sp^3 có trong vật liệu. Tỷ lệ sp^2 so với sp^3 có thể được xác định bằng cách so sánh cường độ tương đối của các đỉnh quang phổ (bao gồm quang phổ học EELS, XPS, và Raman) so với đỉnh được cho là của thể thù hình cacbon với sự lai hóa sp^2 hoặc sp^3 .

Trong bản mô tả này, thuật ngữ “hạt nano” đề cập đến hạt mà có kích cỡ từ 1 nm đến 900 nm. Hạt nano có thể bao gồm một hoặc nhiều loại cấu trúc (ví dụ, cấu trúc tinh

thể, hàm lượng khuyết tật, v.v.), và một hoặc nhiều loại nguyên tử. Hạt nano có thể là hình dạng, bao gồm nhưng không chỉ giới hạn ở, dạng khối cầu, dạng phỏng cầu, dạng quả tạ, dạng hình trụ, dạng kiểu hình trụ dài, dạng lăng trụ hình chữ nhật, dạng đĩa, dạng dây, dạng bất thường, dạng đặc (cụ thể là, với ít lỗ rỗng), dạng có lỗ (cụ thể là, với nhiều lỗ rỗng), v.v. Trong bản mô tả này, thuật ngữ “hạt” đề cập đến hạt mà có kích thước bất kỳ, bao gồm hạt nano.

Trong bản mô tả này, thuật ngữ “tổ hợp” đề cập đến các hạt hoặc hạt nano mà được nối với nhau bằng lực hút Van der Waals, bằng liên kết cộng hóa trị, bằng liên kết ion, bằng liên kết kim loại, hoặc bằng tương tác hóa học hoặc vật lý khác. Tổ hợp có thể thay đổi về kích cỡ một cách đáng kể, nhưng nói chung là lớn hơn khoảng 500 nm. Trong bản mô tả này, thuật ngữ “hạt” hoặc “các hạt” là thuật ngữ chung mà có thể bao gồm cỡ hạt bất kỳ, bao gồm hạt nano và tổ hợp.

Hạt cacbon và hạt nano được mô tả trong bản mô tả này chứa graphit và graphen, mà không có hạt mầm. Theo một số phương án, hạt và hạt nano được mô tả trong bản mô tả này chứa graphit chứa lớn hơn 15 lớp nguyên tử cacbon, hoặc lớn hơn 10 lớp nguyên tử cacbon, hoặc lớn hơn 7 lớp nguyên tử cacbon, hoặc lớn hơn 5 lớp nguyên tử cacbon, hoặc lớn hơn 3 lớp nguyên tử cacbon, và graphen chứa ít hơn 15 lớp nguyên tử cacbon, hoặc ít hơn 10 lớp nguyên tử cacbon, hoặc ít hơn 7 lớp nguyên tử cacbon, hoặc ít hơn 5 lớp nguyên tử cacbon, hoặc ít hơn 3 lớp nguyên tử cacbon, hoặc chứa lớp đơn của nguyên tử cacbon, hoặc chứa từ 1 đến 10 lớp nguyên tử cacbon, hoặc chứa từ 1 đến 7 lớp nguyên tử cacbon, hoặc chứa từ 1 đến 5 lớp nguyên tử cacbon, mà không có hạt mầm. Theo một số phương án, các hạt cacbon hoặc hạt nano được chứa trong tổ hợp cacbon. Theo một số phương án, vật liệu cacbon chứa các tổ hợp cacbon.

Theo một số phương án, hạt cacbon hoặc hạt nano còn chứa các fuleren khối cầu đa vách (MWSF). Theo một số phương án, hạt cacbon hoặc hạt nano còn chứa MWSF được kết nối, với lớp graphen mà bao MWSF được kết nối này. Theo một số phương án, hạt cacbon hoặc hạt nano còn chứa cacbon vô định hình.

Theo một số phương án, hạt và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này chứa hỗn hợp gồm graphen và thể thù hình thứ hai của cacbon, và không chứa hạt mầm. Theo một số phương án, thể thù hình thứ hai của cacbon là graphit, MWSF, MWSF được kết nối, hoặc cacbon vô định hình. Theo một số phương án, hạt và tổ hợp chứa hỗn hợp gồm graphen, thể thù hình thứ hai của cacbon, và thể thù hình thứ ba của cacbon, và không

chứa hạt mầm. Theo một số phương án, thể thù hình thứ hai graphit và thể thù hình thứ ba là MWSF, MWSF được kết nối, hoặc cacbon vô định hình.

Theo một số phương án, hạt nano cacbon và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này đặc trưng bởi cấu trúc có trật tự cao với độ tinh khiết cao như được minh họa bằng hạt nano cacbon lý tưởng 100 được thể hiện trên Fig.1E. Thể thù hình cacbon trên Fig.1E chứa hai fuleren khối cầu đa vách (MWSF) được kết nối 101 và 102 với lớp graphen 103 mà bao MWSF được kết nối 101 và 102. Ngoài ra, thể thù hình được thể hiện trên Fig.1E là không lỗi (cụ thể là, không chứa lỗi của vật liệu không phải cacbon ở trung tâm của fuleren khối cầu). Hạt nano lý tưởng được thể hiện trên Fig.1E có độ đồng nhất cao vì tỷ lệ của MWSF so với graphen là cao, có trật tự rất tốt vì không có điểm khuyết tật (ví dụ, không có nguyên tử cacbon) và không có mạng cacbon biến dạng, và có độ tinh khiết cao vì không có nguyên tố (ví dụ, lỗi tạp chất) không phải cacbon, trái ngược với hỗn hợp đồng nhất thấp của MWSF cùng với thể thù hình cacbon khác, MWSF có trật tự kém với nhiều điểm khuyết tật và mạng biến dạng, và MWSF độ tinh khiết thấp (ví dụ, với hạt mầm ở lỗi). Trong phương án khác, MWSF được kết nối chứa lỗi. Theo một số phương án, lỗi là vật liệu trên cơ sở cacbon, hoặc rỗng mà không là MWSF (ví dụ, cacbon vô định hình), hoặc mầm mà không trên cơ sở cacbon.

Theo một số phương án, tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này chứa graphen (ví dụ, chứa lên đến 15 lớp) và graphit (ví dụ, chứa lớn hơn 15 lớp) và có tỷ lệ của graphen so với graphit nằm trong khoảng từ 20% đến 80%, mức trật tự cao (ví dụ, ký hiệu Raman với tỷ lệ của cường độ của đỉnh chế độ 2D so với đỉnh chế độ G là lớn hơn 0,5), và độ tinh khiết cao (ví dụ, tỷ lệ của cacbon so với các nguyên tố khác, không phải H, là lớn hơn 99,9%). Theo một số phương án, tỷ lệ graphen so với graphit nằm trong khoảng từ 10% đến 90%, hoặc từ 10% đến 80% hoặc từ 10% đến 60%, hoặc từ 10% đến 40%, hoặc từ 10% đến 20%, hoặc từ 20% đến 40%, hoặc từ 20% đến 90%, hoặc từ 40% đến 90%, hoặc từ 60% đến 90%, hoặc từ 80% đến 90%. Theo một số phương án, hạt được tạo ra bằng cách sử dụng phương pháp được mô tả trong bản mô tả này chứa graphit và graphen, và không chứa lỗi được cấu thành bởi nguyên tố tạp chất không phải cacbon. Trong một số trường hợp, tổ hợp của hạt có đường kính lớn (ví dụ, đường kính ngang lớn hơn 10 micromet).

Theo một số phương án, tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này chứa graphen, MWSF hoặc MWSF được kết nối, và tùy ý graphit, và có tỷ lệ của graphen so với MWSF

nằm trong khoảng từ 20% đến 80%, mức trật tự cao (ví dụ, ký hiệu Raman với tỷ lệ của cường độ của đỉnh chế độ D so với đỉnh chế độ G nằm trong khoảng từ 0,95 đến 1,05), và độ tinh khiết cao (ví dụ, tỷ lệ của cacbon so với các nguyên tố khác, không phải H, lớn hơn 99,9%). Theo một số phương án, tỷ lệ graphen so với MWSF hoặc MWSF được kết nối nằm trong khoảng từ 10% đến 90%, hoặc từ 10% đến 80% hoặc từ 10% đến 60%, hoặc từ 10% đến 40%, hoặc từ 10% đến 20%, hoặc từ 20% đến 40%, hoặc từ 20% đến 90%, hoặc từ 40% đến 90%, hoặc từ 60% đến 90%, hoặc từ 80% đến 90%. Theo một số phương án, hạt được tạo ra bằng cách sử dụng phương pháp được mô tả trong bản mô tả này chứa MWSF hoặc MWSF được kết nối, và MWSF không chứa lõi được cấu thành bởi nguyên tố tạp chất không phải cacbon. Trong một số trường hợp, tổ hợp của hạt có đường kính lớn (ví dụ, đường kính ngang lớn hơn 10 micromet).

Theo một số phương án, tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này chứa graphen, cacbon vô định hình, và tùy ý graphit, và có tỷ lệ của graphen so với cacbon vô định hình nằm trong khoảng từ 20% đến 80%, và có độ tinh khiết cao (ví dụ, tỷ lệ của cacbon so với các nguyên tố khác, không phải H, lớn hơn 99,9%). Theo một số phương án, tỷ lệ graphen so với cacbon vô định hình nằm trong khoảng từ 10% đến 90%, hoặc từ 10% đến 80% hoặc từ 10% đến 60%, hoặc từ 10% đến 40%, hoặc từ 10% đến 20%, hoặc từ 20% đến 40%, hoặc từ 20% đến 90%, hoặc từ 40% đến 90%, hoặc từ 60% đến 90%, hoặc từ 80% đến 90%. Theo một số phương án, hạt được tạo ra bằng cách sử dụng phương pháp được mô tả trong bản mô tả này chứa cacbon vô định hình, và không chứa lõi được cấu thành bởi nguyên tố tạp chất không phải cacbon. Trong một số trường hợp, tổ hợp của hạt có đường kính lớn (ví dụ, đường kính ngang lớn hơn 10 micromet).

Theo một số phương án, vật liệu cacbon có tỷ lệ của cacbon so với các nguyên tố khác, ngoại trừ hydro, lớn hơn 99%, hoặc lớn hơn 99,5%, hoặc lớn hơn 99,7%, hoặc lớn hơn 99,9%, hoặc lớn hơn 99,95%.

Theo một số phương án, kích cỡ trung bình của tổ hợp cacbon nằm trong khoảng từ 1 micron đến 50 micromet, hoặc từ 2 micromet đến 20 micromet, hoặc từ 5 micromet đến 40 micromet, hoặc từ 5 micromet đến 30 micromet, hoặc từ 10 micromet đến 30 micromet, hoặc từ 10 micromet đến 25 micromet, hoặc từ 10 micromet đến 20 micromet. Theo một số phương án, sự phân bố kích cỡ của tổ hợp cacbon có phân vị loại 10 nằm trong khoảng từ 1 micron đến 10 micromet, hoặc từ 1 micron đến 5 micromet, hoặc từ 2 micromet đến 6 micromet, hoặc từ 2 micromet đến 5 micromet. Kích cỡ của hạt mà tạo ra

tổ hợp có thể thay đổi về kích cỡ, và có thể nhỏ hơn 10 nm hoặc lên đến hàng trăm nanomet về kích cỡ. Theo một số phương án, kích cỡ của tổ hợp được đo bằng cách sử dụng hình ảnh TEM. Theo một số phương án, kích cỡ của tổ hợp được đo bằng cách sử dụng thiết bị phân tích cỡ hạt bằng laze (ví dụ, Fritsch Analysette 22 MicroTec plus).

Theo một số phương án, diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon, khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp Brunauer–Emmett–Teller (BET) với nitơ làm chất bị hấp phụ (cụ thể là, “Phương pháp BET bằng cách sử dụng nitơ”, hoặc “phương pháp BET nitơ”) hoặc phương pháp lý thuyết hàm mật độ (DFT), nằm trong khoảng từ 50 đến 300 m²/g, hoặc từ 100 đến 300 m²/g, hoặc từ 50 đến 200 m²/g, hoặc từ 50 đến 150 m²/g, hoặc từ 60 đến 110 m²/g, hoặc từ 50 đến 100 m²/g, hoặc từ 70 đến 100 m²/g.

Theo một số phương án, tổ hợp cacbon, khi được nén (ví dụ, thành dạng đĩa, viên, v.v.), và tùy ý được tôi, có độ dẫn điện là lớn hơn 500 S/m, hoặc lớn hơn 1000 S/m, hoặc lớn hơn 2000 S/m, hoặc từ 500 S/m đến 20000 S/m, hoặc từ 500 S/m đến 10000 S/m, hoặc từ 500 S/m đến 5000 S/m, hoặc từ 500 S/m đến 4000 S/m, hoặc từ 500 S/m đến 3000 S/m, hoặc từ 2000 S/m đến 5000 S/m, hoặc từ 2000 S/m đến 4000 S/m, hoặc từ 1000 S/m đến 5000 S/m, hoặc từ 1000 S/m đến 3000 S/m.

Hạt nano cacbon và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này đặc trưng bởi quang phổ học Raman để xác định loại của thể thù hình cacbon có mặt, và mức trật tự của chúng. Đỉnh chính trong quang phổ Raman đối với graphit và graphene là chế độ G, chế độ D và chế độ 2D. Đỉnh chế độ G có số sóng khoảng 1580 cm⁻¹, và được cho là sự dao động của nguyên tử cacbon trong mạng cacbon lai hóa sp². Đỉnh chế độ D có số sóng khoảng 1350 cm⁻¹, và có thể có liên quan đến chiều rộng của vòng lục giác cacbon với khuyết tật. Đỉnh chế độ 2D là sóng hài cấp hai của chế độ D và có số sóng khoảng 2690 cm⁻¹.

Theo một số phương án, vật liệu cacbon chứa graphit và graphene có quang phổ Raman (bằng cách sử dụng ánh sáng tới 532 nm) với đỉnh chế độ 2D và đỉnh chế độ G, và tỷ lệ cường độ 2D/G là lớn hơn 0,2, hoặc lớn hơn 0,5, hoặc lớn hơn 1.

Quang phổ học Raman có thể còn được sử dụng để xác định đặc trưng cấu trúc của MWSF. Khi sử dụng ánh sáng tới 532 nm, chế độ G Raman thường ở 1582 cm⁻¹ đối với graphit phẳng, nhưng có thể thay đổi đối với MWSF (ví dụ, đến 1565-1580 cm⁻¹). Chế độ D được quan sát ở khoảng 1350 cm⁻¹ trong quang phổ Raman của MWSF. Tỷ lệ của cường độ của đỉnh chế độ D so với đỉnh chế độ G (cụ thể là, tỷ lệ cường độ D/G) có liên quan

đến mức trật tự của MWSF, trong đó tỷ lệ cường độ D/G càng thấp sẽ thể hiện mức trật tự càng cao. Tỷ lệ cường độ D/G gần hoặc thấp hơn 1 thể hiện mức trật tự tương đối cao, và tỷ lệ cường độ D/G là lớn hơn hoặc bằng với 1,2 thể hiện mức trật tự thấp hơn.

Theo một số phương án, vật liệu cacbon chứa MWSF có quang phổ Raman (bằng cách sử dụng ánh sáng tới 532 nm) với đỉnh chế độ D và đỉnh chế độ G, và tỷ lệ cường độ D/G nằm trong khoảng từ 0,9 đến 1,1, hoặc nhỏ hơn khoảng 1,2.

Theo một số phương án, vật liệu cacbon chứa cacbon vô định hình có quang phổ Raman (bằng cách sử dụng ánh sáng tới 532 nm) với đỉnh chế độ 2D, đỉnh chế độ D và đỉnh chế độ G, và tỷ lệ cường độ D/G là lớn hơn 0,5. Theo một số phương án, quang phổ Raman còn có đỉnh chế độ 2D cường độ thấp. Theo một số phương án, đỉnh chế độ 2D có cường độ nhỏ hơn khoảng 30% của cường độ đỉnh chế độ G, hoặc nhỏ hơn 20% của cường độ đỉnh chế độ G, hoặc nhỏ hơn 10% của cường độ đỉnh chế độ G. Theo một số phương án, quang phổ Raman có đỉnh chế độ D và đỉnh chế độ G với độ uốn nông giữa chúng. Theo một số phương án, cường độ tối thiểu của độ uốn nông giữa đỉnh chế độ D và đỉnh chế độ G là lớn hơn khoảng 40% của cường độ đỉnh chế độ G, hoặc lớn hơn khoảng 50% của cường độ đỉnh chế độ G, hoặc lớn hơn khoảng 60% của cường độ đỉnh chế độ G.

Phương pháp sản xuất graphit và vật liệu graphen

Theo một số phương án, hạt cacbon, hạt nano, tổ hợp và vật liệu được mô tả trong bản mô tả này được tạo ra bằng cách sử dụng phương pháp và thiết bị phản ứng plasma vi sóng, như thiết bị phản ứng vi sóng và/hoặc phương pháp thích hợp bất kỳ được mô tả trong đơn sáng chế Mỹ số 15/351,858, tên sáng chế “Microwave Chemical Processing”, hoặc trong đơn sáng chế Mỹ số 15/428,474 nêu trên, tên sáng chế “Microwave Chemical Processing Reactor”, mà là của cùng chủ đơn với đơn này, và được kết hợp vào bản mô tả này bằng cách viện dẫn như thể được mô tả một cách đầy đủ trong bản mô tả này. Thông tin và phương án khác đối với hệ thống, phương pháp và thiết bị xử lý khí plasma vi sóng để sản xuất hạt nano cacbon và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này còn được mô tả trong các đơn sáng chế Mỹ nêu trên.

Theo một số phương án, quá trình xử lý hóa học plasma vi sóng của nguyên liệu xử lý (ví dụ, khí hydrocacbon, hoặc hỗn hợp lỏng) được sử dụng để sản xuất hạt cacbon, hạt nano và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này. Cụ thể hơn, quá trình xử lý hóa học plasma vi sóng của nguyên liệu tiền chất bằng cách sử dụng các kỹ thuật khác nhau, bao gồm việc

phát xung của sự bức xạ vi sóng để kiểm soát năng lượng của plasma, có thể được sử dụng để sản xuất hạt nano cacbon và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này. Khả năng để kiểm soát năng lượng của plasma cho phép chọn một hoặc nhiều con đường phản ứng để chuyển hóa nguyên liệu tiền chất thành thành phần riêng rẽ cụ thể. Sự bức xạ vi sóng kiểu xung có thể được sử dụng để kiểm soát năng lượng plasma, vì loại năng lượng cao ngắn mà được tạo ra khi plasma được khởi phát có thể được tái tạo lại ở thời điểm bắt đầu của mỗi xung mới. Năng lượng plasma được kiểm soát để có năng lượng ion trung bình thấp hơn kỹ thuật truyền thống, nhưng ở mức đủ lớn để cho phép phản ứng hóa học đích xảy ra ở dòng nguyên liệu tiền chất lớn và áp suất cao.

Hệ thống xử lý hóa học plasma vi sóng truyền thống bằng cách sử dụng sự bức xạ vi sóng kiểu xung để kiểm soát năng lượng plasma có hiệu quả crackinh rất cao, vượt quá 90%. Tuy nhiên, hệ thống truyền thống này sử dụng tốc độ dòng khí thấp, nhỏ hơn 1 lít chuẩn mỗi phút (slm), và thể tích khí nhỏ trong plasma, với kết quả là tốc độ sản xuất thấp và chi phí sản xuất là cao. Hệ thống truyền thống này không thể làm tăng tốc độ dòng khí và thể tích khí trong plasma khi sử dụng việc phát xung vi sóng tần số lớn (ví dụ, lớn hơn khoảng 100 Hz) vì plasma không thể khởi phát đủ nhanh để duy trì với xung khi thể tích lớn và dòng lớn của khí được sử dụng.

Trái với hệ thống được phát triển đã biết, theo một số phương án, plasma vi sóng có thể được tạo ra trong khí cấp và/hoặc nguyên liệu tiền chất, và năng lượng trong plasma đủ hiệu quả để tạo ra thành phần riêng rẽ, bao gồm hạt nano cacbon và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này, từ phân tử nguyên liệu tiền chất. Theo một số phương án, nguồn bức xạ vi sóng được nối với buồng phản ứng, plasma được tạo ra dọc theo phần thứ nhất của chiều dài buồng phản ứng, và nguyên liệu tiền chất được tách riêng thành các thành phần, bao gồm hạt nano cacbon và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này, dọc theo phần thứ hai của chiều dài buồng phản ứng. Theo một số phương án, sự bức xạ vi sóng được ghép trực tiếp trong plasma và không thông qua thành điện môi như trong phương pháp truyền thống.

Trong phương pháp sáng chế liên quan đến quá trình xử lý hóa học plasma vi sóng của nguyên liệu tiền chất để sản xuất hạt nano cacbon và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này, sự bức xạ vi sóng kiểu xung được cấp thông qua đường sóng có chiều dài, trong đó sự bức xạ vi sóng lan truyền theo hướng dọc theo đường sóng. Áp suất trong đường sóng ít nhất là 10,13 kPa (0,1 atm). Khí cấp được cung cấp trong đường sóng ở vị trí thứ nhất

dọc theo chiều dài đường sóng, trong đó phần lớn của khí cấp di chuyển theo hướng của sự lan truyền bức xạ vi sóng. Plasma được tạo ra trong khí cấp trong ít nhất là một phần của chiều dài đường sóng, và nguyên liệu tiền chất (ví dụ, khí xử lý, hoặc tiền chất lỏng) được bổ sung vào trong đường sóng ở vị trí thứ hai ở bên dưới vị trí thứ nhất. Phần lớn nguyên liệu tiền chất di chuyển theo hướng của sự lan truyền vi sóng ở tốc độ là lớn hơn 5 slm, hoặc lớn hơn 5 l/phút đối với hỗn hợp lỏng. Năng lượng plasma trung bình được kiểm soát để chuyển hóa nguyên liệu tiền chất thành thành phần riêng rẽ, bao gồm hạt nano cacbon và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này, bằng cách kiểm soát ít nhất một trong số i) tần số phát xung của sự bức xạ vi sóng kiểu xung, trong đó tần số phát xung là lớn hơn 500 Hz; và ii) chu trình làm việc của sự bức xạ vi sóng kiểu xung, trong đó chu trình làm việc nhỏ hơn 90%.

Trong hệ thống xử lý khí của sáng chế liên quan đến quá trình xử lý hóa học plasma vi sóng của nguyên liệu tiền chất để sản xuất hạt nano cacbon và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này, hệ thống bao gồm đường sóng có cửa nạp khí thứ nhất, cửa nạp khí thứ hai ở bên dưới cửa nạp khí thứ nhất, và chiều dài. Cửa nạp thứ nhất được thiết kế để tiếp nhận khí cấp, và cửa nạp thứ hai được thiết kế để tiếp nhận nguyên liệu tiền chất (ví dụ, khí xử lý, hoặc hỗn hợp lỏng). Nguồn bức xạ vi sóng kiểu xung được nối với đường sóng để tạo ra plasma trong khí cấp, trong đó sự bức xạ vi sóng lan truyền theo hướng dọc theo chiều dài đường sóng để phản ứng với nguyên liệu tiền chất. Nguồn bức xạ vi sóng được thiết kế để bật và tắt xung tín hiệu bức xạ vi sóng ở tần số nằm trong khoảng từ 500 Hz đến 1000 kHz và với chu trình làm việc nhỏ hơn 90%. Phần lớn của dòng khí cấp và phần lớn của dòng nguyên liệu tiền chất song song với hướng của sự lan truyền vi sóng. Dòng khí xử lý là lớn hơn 5 slm, và đường sóng được thiết kế để điều tiết áp suất ít nhất là 10,13 kPa (0,1 atm).

Fig.2A thể hiện phương án của hệ thống xử lý hóa học vi sóng của sáng chế, trong đó “đường sóng tăng cường điện trường” (FEWG) được nối với bộ tạo năng lượng vi sóng (cụ thể là, nguồn năng lượng vi sóng), plasma được tạo ra từ khí cấp trong vùng plasma của FEWG, và chiều dài phản ứng FEWG có chức năng làm vùng phản ứng để phân tách nguyên liệu xử lý thành các thành phần riêng rẽ. Thiết bị phản ứng được minh họa trên Fig.2A không có lớp chắn điện môi giữa vùng tăng cường điện trường của đường sóng tăng cường điện trường và vùng phản ứng. Ngược lại, vùng phản ứng của hệ thống truyền thống, được bao trong lớp chắn điện môi như buồng thạch anh như được giải thích trên

đây. Hướng của sự lan truyền của năng lượng vi sóng song song với phần lớn của dòng khí cấp và/hoặc nguyên liệu xử lý (cụ thể là, nguyên liệu tiền chất), và năng lượng vi sóng vào đường sóng ở bên trên phần FEWG trong đó các thành phần riêng rẽ được tạo ra.

Như được thể hiện trên Fig.2A, thiết bị phản ứng xử lý hóa học vi sóng 200, theo một số phương án, thường bao gồm FEWG 205, một hoặc nhiều cửa nạp 202 được thiết kế để tiếp nhận khí cấp và/hoặc nguyên liệu xử lý 208a di chuyển vào trong FEWG 205, và nguồn năng lượng vi sóng 204 mà được nối với FEWG 205, cùng với các chi tiết khác không được thể hiện để đơn giản hóa. “Nguyên liệu xử lý” có thể còn được gọi là “nguyên liệu tiền chất”, hoặc theo một số phương án, “khí xử lý”. Cửa nạp 202 có thể được thiết kế để điều tiết nguyên liệu tiền chất hỗn hợp dạng khí hoặc lỏng. Trong trường hợp của tiền chất lỏng, theo một số phương án, cửa nạp 202 có thể bao gồm bộ phun (hoặc bộ phận khác) để phân tán một cách hiệu quả tiền chất lỏng trong thiết bị phản ứng. Theo một số phương án, thiết bị sục khí có thể được sử dụng để hóa hơi chất lỏng, và hơi được cung cấp đến cửa nạp 202.

Theo một số phương án, mạch vi sóng 207 kiểm soát tần số phát xung trong đó năng lượng vi sóng 209 từ nguồn năng lượng vi sóng 204 được tạo xung. Theo một số phương án, năng lượng vi sóng 209 từ nguồn năng lượng vi sóng 204 là sóng liên tục.

FEWG 205 có chiều dài L . Phần FEWG 205 với chiều dài L_A (được thể hiện trên Fig.2A) gần với bộ tạo năng lượng vi sóng hơn phần FEWG với chiều dài L_B (được thể hiện trên Fig.2A). Trong bản mô tả này, các phần khác nhau của FEWG sẽ được mô tả bằng chữ L hoa với ký hiệu dưới thể hiện phần cụ thể của FEWG (ví dụ, L_A , L_0 , L_B , L_1 , L_2), và theo cách đồng nghĩa, chiều dài của các phần khác nhau của FEWG cũng sẽ được mô tả bằng chữ L hoa với ký hiệu dưới thể hiện chiều dài phần cụ thể của FEWG (ví dụ, L_A , L_0 , L_B , L_1 , L_2).

Diện tích mặt cắt ngang của FEWG trong chiều dài L_B nhỏ hơn diện tích mặt cắt ngang của FEWG trong chiều dài L_A . Chiều dài FEWG L_0 , nằm giữa chiều dài L_A và L_B của FEWG, và có diện tích mặt cắt ngang giảm dọc theo đường của sự lan truyền năng lượng vi sóng. Mức giảm trong diện tích mặt cắt ngang có chức năng để tập trung điện trường, nhờ đó làm tăng mật độ năng lượng vi sóng trong khi đó vẫn tạo ra bề mặt đủ lớn trong đó plasma có thể được tạo ra so với hệ thống truyền thống. Phần FEWG với chiều dài L_B (được thể hiện trên Fig.2A) có thể có tiết diện hình chữ nhật có kích thước 1,905 cm (0,75 in) dần dần thành 8,636 cm (3,4 in) khi sử dụng năng lượng vi sóng tần số

2,45 GHz. Diện tích mặt cắt ngang này là lớn hơn rất nhiều hệ thống truyền thống trong đó diện tích tạo plasma thường nhỏ hơn $6,45 \text{ cm}^2$ (một inơ vuông). Kích thước của các phần khác nhau của FEWG 205 được điều chỉnh theo tần số vi sóng, để có chức năng phù hợp làm đường sóng. Ví dụ, đối với đường sóng hình elip kích thước tiết diện chéo có thể là 12,75 cm (5,02 inơ) dần dần thành 7,19 cm (2,83 inơ) đối với 2,1-2,7 GHz.

Trong hệ thống xử lý vật liệu bằng plasma vi sóng truyền thống, vùng giới hạn trong đó plasma có thể tạo ra, như nhỏ hơn $6,45 \text{ cm}^2$ (một inơ vuông) như được mô tả trên đây, hạn chế thể tích trong đó phản ứng khí có thể xảy ra. Ngoài ra, trong hệ thống truyền thống năng lượng vi sóng vào buồng phản ứng thông qua cửa (thường là thạch anh). Trong các hệ thống này, vật liệu điện môi (ví dụ, hạt cacbon) được bao trên cửa trong quá trình xử lý để giảm lượng điện vận chuyển theo thời gian. Điều này có thể làm phát sinh vấn đề nếu các thành phần riêng rẽ này hấp thụ năng lượng vi sóng vì chúng có thể ngăn ngừa năng lượng vi sóng không kết hợp vào buồng phản ứng để tạo ra plasma. Do đó, sự tích tụ các sản phẩm phụ, như hạt cacbon mà được tạo ra từ phản ứng khí, xảy ra và làm giảm thời gian vận hành của thiết bị xử lý. Theo các phương án của sáng chế, hệ thống 200 và phương án khác được mô tả sau đây được thiết kế mà không sử dụng cửa trong vùng phản ứng; cụ thể là, bằng cách sử dụng sự lan truyền song song / hệ thống dòng khí trong đó năng lượng vào từ bên trên vùng phản ứng. Do đó, năng lượng và điện năng nhiều hơn có thể được kết hợp thành plasma từ nguồn năng lượng vi sóng. Sự thiếu cửa và thể tích lớn hơn trong đường sóng 205, so với thể tích buồng phản ứng giới hạn trong hệ thống truyền thống, làm giảm đáng kể vấn đề về sự tích tụ mà gây ra thời gian vận hành hạn chế, nhờ đó nâng cao hiệu quả sản xuất của hệ thống xử lý vi sóng.

Năng lượng vi sóng 209 trên Fig.2A tạo ra plasma vi sóng 206 trong khí cấp và/hoặc nguyên liệu xử lý trong vùng plasma với chiều dài L_1 (được thể hiện trên Fig.2A) của chiều dài FEWG 205. Vùng plasma với chiều dài L_1 nằm trong phần FEWG L_B , trong đó diện tích mặt cắt ngang nhỏ hơn và mật độ năng lượng vi sóng là cao hơn trong chiều dài L_A . Theo một số phương án, khí cấp mà khác so với nguyên liệu xử lý được sử dụng để tạo ra plasma vi sóng 206. Khí cấp có thể là, ví dụ, hydro, heli, nitơ, khí trơ như argon, hoặc hỗn hợp gồm nhiều hơn một loại khí. Trong phương án khác, khí cấp giống với nguyên liệu xử lý, trong đó nguyên liệu xử lý là nguyên liệu mà từ đó các thành phần riêng rẽ được tạo ra.

Theo một số phương án, cửa nạp khí cấp và/hoặc nguyên liệu xử lý 202 nằm trên phần FEWG L_B , hoặc nằm trong phần FEWG L_0 , hoặc nằm trong phần FEWG L_A , hoặc

nằm trên phần FEWG L_A. Theo một số phương án, phần FEWG L₁ kéo dài từ vị trí dọc theo FEWG ở bên dưới vị trí trong đó khí cấp và/hoặc nguyên liệu xử lý 208a vào FEWG, đến phần cuối của FEWG hoặc đến vị trí giữa cửa vào của khí cấp và/hoặc nguyên liệu xử lý và phần cuối của FEWG 205. Theo một số phương án, phần FEWG L₁ kéo dài từ vị trí trong đó khí cấp và/hoặc nguyên liệu xử lý 208a vào FEWG, đến phần cuối của FEWG hoặc đến vị trí giữa cửa vào của khí cấp và/hoặc nguyên liệu xử lý và phần cuối của FEWG.

Plasma được tạo ra 206 cung cấp năng lượng cho phản ứng để xảy ra trong nguyên liệu xử lý 208b trong vùng phản ứng 201 của FEWG 205 có chiều dài phản ứng L₂. Theo một số phương án, vùng phản ứng L₂, kéo dài từ vị trí trong đó nguyên liệu xử lý 208a vào FEWG 205, đến phần cuối của FEWG 205 hoặc đến vị trí giữa cửa vào của nguyên liệu xử lý và phần cuối của FEWG 205. Giả sử điều kiện là đúng, năng lượng trong plasma 206 sẽ đủ hiệu quả để tạo ra các thành phần riêng rẽ từ phân tử nguyên liệu xử lý. Một hoặc nhiều cửa ra 203 được thiết kế để thu gom sản phẩm riêng rẽ ra khỏi FEWG 205 ở bên dưới phần vùng phản ứng 201 của FEWG trong đó phản ứng xảy ra trong nguyên liệu xử lý 208b. Trong ví dụ được thể hiện trên Fig.2A, sự lan truyền hướng của năng lượng vi sóng 209 song song với phần lớn của khí cấp và/hoặc dòng nguyên liệu xử lý 208b, và năng lượng vi sóng 209 vào FEWG 205 ở trên vùng phản ứng 201 của FEWG trong đó các thành phần riêng rẽ được tạo ra.

Theo một số phương án, tấm chắn áp 210 mà trong suốt để năng lượng vi sóng có thể được bố trí trong nguồn năng lượng vi sóng 204, gần cửa ra của nguồn năng lượng vi sóng, hoặc ở các vị trí khác giữa nguồn năng lượng vi sóng 204 và plasma 206 được tạo ra trong FEWG. Tấm chắn áp 210 này có thể có chức năng như là biện pháp an toàn để bảo vệ dòng plasma chảy ngược không vào nguồn năng lượng vi sóng 204. Plasma không tạo ra ở chính tấm chắn áp; thay vào đó, tấm chắn áp là tấm chắn cơ học đơn thuần. Một số ví dụ về vật liệu mà tấm chắn áp có thể được tạo ra là thạch anh, etylen tetrafloetylen (ETFE), nhựa, hoặc xi măng khác. Theo một số phương án, có thể có hai tấm chắn áp 210 và 211, trong đó một hoặc cả hai tấm chắn áp 210 và 211 trong nguồn năng lượng vi sóng 204, gần cửa ra của nguồn năng lượng vi sóng, hoặc ở các vị trí khác giữa nguồn năng lượng vi sóng 204 và plasma 206 được tạo ra trong FEWG. Theo một số phương án, tấm chắn áp 211 gần với plasma 206 trong FEWG hơn tấm chắn áp 210, và có cổng thoát áp 212, giữa tấm chắn áp 210 và 211 trong trường hợp tấm chắn áp 211 không hoạt động.

Theo một số phương án, trở kháng vùng trong FEWG được biến đổi bằng cách sử dụng dây tóc, nguồn điểm ánh sáng, điện cực và/hoặc nam châm. Theo một số phương án, dây tóc, nguồn điểm ánh sáng, điện cực và/hoặc nam châm được sử dụng để làm tăng mật độ plasma trong vùng phản ứng của FEWG.

Fig.2B minh họa hệ thống xử lý vi sóng với FEWG và dây tóc. Trong phương án của Fig.2B, hệ thống xử lý vi sóng 250 bao gồm bộ tạo năng lượng vi sóng (cụ thể là, nguồn năng lượng vi sóng) 254, FEWG 255, và mạch phát vi sóng 257 tương tự với phương án trên đây. Năng lượng vi sóng 259 được cấp bằng nguồn năng lượng vi sóng 254, để lan truyền xuôi theo hướng chiều dài L của FEWG 255. Trong phương án này, cửa nạp khí cấp 252, được đặt gần cửa vào của phần L_0 , hơn là ở cửa vào đối với phần L_1 (cụ thể là, vùng plasma) như được minh họa trong phương án trên đây. Một hoặc nhiều dây tóc kim loại 270 được đặt trong FEWG 255 để hỗ trợ trong việc môi plasma và/hoặc kích thích loại năng lượng cao hơn trong plasma. Trong phương án này, dây tóc kim loại 270 ở bên dưới cửa nạp khí thứ nhất 252, gần cửa vào đối với phần vùng plasma của FEWG L_1 (với diện tích mặt cắt ngang nhỏ hơn so với FEWG gần hơn với bộ tạo năng lượng vi sóng). Trong phương án khác, dây tóc 270 có thể được bố trí ở các vị trí khác trong phần L_1 của chiều dài tổng L của FEWG 255, trong đó L_1 là vùng trong đường sóng trong đó plasma được tạo ra như được mô tả theo phương án trên đây. Theo một số phương án, dây tóc 270 được bố trí trong phần L_1 của FEWG và ở trên cửa nạp nguyên liệu xử lý 260, sao cho nó sẽ được bố trí ngoài phần L_2 , (cụ thể là, chiều dài L_2 , được thể hiện trên Fig.2A) trong đó phản ứng xảy ra và nó có thể bọc dây tóc với loại đã phản ứng. Sự có mặt của dây tóc 270 có thể làm giảm plasma điện thế môi bằng cách tạo ra vị trí môi, bằng cách sử dụng điện trường của năng lượng vi sóng 259. Ngoài ra, dây tóc 270 có thể trở nên nóng và phát ra điện tử thông qua sự phát nhiệt xạ, mà còn làm giảm điện thế môi plasma. Mặc dù dây tóc 270 được minh họa làm sợi đơn lẻ trong phương án này, tuy nhiên dây tóc 270 có thể có cấu hình khác như dạng cuộn hoặc các sợi đốt. Theo một số phương án, dây tóc 270 là vonfram. Theo một số phương án, dây tóc có thể được kích thích chủ động (được cấp năng lượng) hoặc có thể thụ động. Theo một số phương án, dây tóc 270 là dây tóc osmi (ví dụ, được thiết kế làm tấm, hoặc cuộn, hoặc dạng khác) gần với cuộn xoắn gia nhiệt. Theo một số phương án, dây tóc 270 là vật liệu sắt trong lĩnh vực cuộn cảm ứng. Theo một số phương án, dây tóc 270 được gia nhiệt chủ động trong đó chi tiết hoạt hóa (ví

dụ, chi tiết nguồn gia nhiệt) được bố trí ngoài đường sóng 255 và vật liệu dây tóc mà sẽ được gia nhiệt bên trong đường sóng 255.

Dây tóc 270 trong FEWG có thể hỗ trợ cho sự môi plasma. Theo một số phương án, ưu điểm của việc sử dụng dây tóc 270 trong FEWG đó là nó cho phép plasma tạo ra đủ nhanh để theo kịp với tần suất phát xung vi sóng nhanh (ví dụ, ở tần suất là lớn hơn 500 Hz, hoặc lớn hơn 1 kHz), thậm chí với dòng khí di chuyển lớn (ví dụ, lớn hơn 5 slm) và thể tích khí lớn (ví dụ, lên đến 1000 l). Điều này đặc biệt quan trọng ở áp suất cao (ví dụ, lớn hơn 91,19 kPa (0,9 atm), hoặc lớn hơn 101,325 kPa (1 atm), hoặc lớn hơn 202,65 kPa (2 atm)), vì loại năng lượng lớn sẽ làm tắt nhanh trong áp suất môi trường lớn, và nếu plasma không thể khởi phát đủ nhanh, thì tỷ lệ loại năng lượng cao là thấp (cụ thể là, bị tích hợp theo thời gian) trong plasma được tạo xung ở áp suất cao.

Theo một số phương án, nguyên liệu tiền chất (cụ thể là, nguyên liệu xử lý) để sản xuất hạt nano cacbon và tổ hợp cacbon được mô tả trong bản mô tả này là khí, bao gồm khí hydrocacbon, như C_2H_2 , C_2H_4 , C_2H_6 , cacbon dioxit với nước, trimetyl nhôm (TMA), trimetyl gali (TMG), glycidyl metacrylat (GMA), metylaxetylen-propadien, propadien, propan, propyn, axetylen, hoặc hỗn hợp hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, Theo một số phương án, vật liệu tiền chất khác được sử dụng trong công nghiệp bán dẫn để tích tụ và ăn mòn kim loại và điện môi. Theo một số phương án, nguyên liệu tiền chất (cụ thể là, nguyên liệu xử lý) để sản xuất hạt nano cacbon và tổ hợp cacbon được mô tả trong bản mô tả này là hỗn hợp lỏng, bao gồm rượu isopropylic (IPA), etanol, metanol, hydrocacbon ngưng tụ (ví dụ, hexan), hoặc hydrocacbon lỏng khác.

Theo một số phương án, hạt nano cacbon và tổ hợp bao gồm các thể thù hình cacbon khác nhau được mô tả trong bản mô tả này được tạo ra bằng cách sử dụng thiết bị phản ứng plasma vi sóng với tốc độ khí nằm trong khoảng từ 1 slm (l chuẩn mỗi phút) đến 1000 slm, hoặc từ 2 slm đến 1000 slm, hoặc từ 5 slm đến 1000 slm, hoặc lớn hơn 1 slm, hoặc lớn hơn 2 slm, hoặc lớn hơn 5 slm, hoặc lớn hơn 10 slm, hoặc lớn hơn 100 slm. Theo một số phương án, hạt nano cacbon và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này được tạo ra bằng cách sử dụng thiết bị phản ứng plasma vi sóng với thời gian lưu của khí nằm trong khoảng từ 0,001 giây đến 100 giây, hoặc từ 0,01 giây đến 100 giây, hoặc từ 0,1 giây đến 100 giây, hoặc từ 0,001 giây đến 10 giây, hoặc từ 0,01 giây đến 10 giây, hoặc từ 0,1 giây đến 10 giây.

Theo một số phương án, hạt nano cacbon và tổ hợp bao gồm các thể thù hình cacbon khác nhau được mô tả trong bản mô tả này được tạo ra bằng cách sử dụng thiết bị phản ứng plasma vi sóng với tốc độ tiên chất lỏng nằm trong khoảng từ 0,1 l/phút đến 1000 l/phút, hoặc từ 2 l/phút đến 1000 l/phút, hoặc từ 5 l/phút đến 1000 l/phút, hoặc lớn hơn 1 l/phút, hoặc lớn hơn 2 l/phút, hoặc lớn hơn 5 l/phút, hoặc lớn hơn 10 l/phút, hoặc lớn hơn 100 l/phút. Theo một số phương án, hạt nano cacbon và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này được tạo ra bằng cách sử dụng thiết bị phản ứng plasma vi sóng với thời gian lưu của tiên chất lỏng nằm trong khoảng từ 0,001 giây đến 100 giây, hoặc từ 0,01 giây đến 100 giây, hoặc từ 0,1 giây đến 100 giây, hoặc từ 0,001 giây đến 10 giây, hoặc từ 0,01 giây đến 10 giây, hoặc từ 0,1 giây đến 10 giây.

Theo một số phương án, tốc độ dòng nguyên liệu tiên chất (cụ thể là, tốc độ dòng khí hoặc lỏng) được sử dụng để biến đổi hỗn hợp gồm thể thù hình được tạo ra trong thiết bị phản ứng. Ở tốc độ dòng cao hơn, thời gian lưu ngắn hơn, và ở tốc độ dòng thấp hơn thời gian lưu dài hơn. Theo một số phương án, có một hoặc nhiều thể thù hình cacbon mà tạo ra trước tiên, và thể thù hình cacbon khác mà tạo ra sau đó và/hoặc mà phát triển trên bề mặt của thể thù hình cacbon được tạo ra trước tiên. Ở tốc độ dòng cao hơn (cụ thể là, thời gian lưu ngắn hơn) tỷ lệ của thể thù hình được tạo ra trước tiên so với thể thù hình được tạo ra sau đó sẽ là cao hơn tỷ lệ ở tốc độ dòng thấp hơn.

Một ví dụ là quá trình sản xuất hỗn hợp gồm graphen, graphit và MWSF. Theo một số phương án, MWSF tạo ra đầu tiên, và vật liệu graphen và/hoặc graphit tạo ra trên bề mặt của MWSF được tạo ra trước tiên này. Theo các phương án, khi hỗn hợp được tạo ra với tốc độ dòng cao hơn, tỷ lệ của graphen và graphit so với MWSF là thấp hơn (ví dụ, thấp ở mức 10% hoặc 20%). Mặt khác, theo các phương án, khi hỗn hợp được tạo ra với tốc độ dòng thấp hơn, tỷ lệ của graphen và graphit so với MWSF là cao hơn (ví dụ, lên đến 80% hoặc 90%) vì có nhiều thời gian cho các lớp bổ sung của graphen và graphit phát triển trên bề mặt MWSF.

Ví dụ khác là quá trình sản xuất hỗn hợp gồm graphen, graphit và cacbon vô định hình. Theo một số phương án, cacbon vô định hình tạo ra đầu tiên, và vật liệu graphen và/hoặc graphit tạo ra trên bề mặt của cacbon vô định hình được tạo ra trước tiên này. Theo các phương án, khi hỗn hợp được tạo ra với tốc độ dòng cao hơn, tỷ lệ của graphen và graphit so với cacbon vô định hình thấp hơn (ví dụ, thấp ở mức 10% hoặc 20%). Mặt khác, theo các phương án, khi hỗn hợp được tạo ra với tốc độ dòng thấp hơn, tỷ lệ của graphen

và graphit so với cacbon vô định hình là cao hơn (ví dụ, lên đến 80% hoặc 90%) vì có nhiều thời gian cho các lớp bổ sung của graphen và graphit phát triển trên bề mặt cacbon vô định hình.

Cũng cần phải lưu ý rằng các thông số khác, ngoài tốc độ dòng của nguyên liệu tiền chất, còn ảnh hưởng đến thể thù hình cacbon tạo ra, và tốc độ phát triển của mỗi thể thù hình này, bao gồm, ví dụ, thông số vi sóng (ví dụ, năng lượng, điện năng, tốc độ xung), hình dạng buồng, nhiệt độ phản ứng, sự có mặt của dây tóc, và loại tiền chất và khí cấp được sử dụng. Ví dụ, khi sản xuất graphen, hoặc hỗn hợp gồm graphen và graphit, năng lượng vi sóng và điện năng, cũng như tiền chất và tốc độ dòng khí cấp có thể ảnh hưởng đến số lớp trong graphen, và/hoặc tỷ lệ của graphen so với graphit được tạo ra. Với điện năng cao hơn, tốc độ phát triển của các lớp cacbon tăng, và với thời gian lưu dài hơn thì số lớp mà có thể phát triển sẽ tăng.

Theo một số phương án, hạt nano cacbon và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này được tạo ra bằng cách sử dụng thiết bị phản ứng plasma vi sóng với thể tích buồng nằm trong khoảng từ 100 cm³ đến 100.000 cm³, hoặc từ 1000 cm³ đến 100.000 cm³, hoặc từ 100 cm³ đến 10.000 cm³, hoặc từ 1000 cm³ đến 10.000 cm³, hoặc từ 1000 cm³ đến 5.000 cm³. Các buồng có thể còn được sử dụng song song với một thiết bị phản ứng, và các thiết bị phản ứng có thể được sử dụng song song trong cùng hệ thống thiết bị phản ứng.

Theo một số phương án, hạt nano cacbon và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này được tạo ra bằng cách sử dụng thiết bị phản ứng plasma vi sóng ở tốc độ sản xuất là lớn hơn 10 kg/giờ, hoặc lớn hơn 1 kg/giờ, hoặc từ 0,1 đến 100 kg/giờ, hoặc từ 1 đến 100 kg/giờ, hoặc từ 10 đến 100 kg/giờ, hoặc từ 0,1 đến 10 kg/giờ, hoặc từ 0,1 đến 1 kg/giờ, hoặc từ 1 đến 10 kg/giờ.

Phương pháp tạo ra hạt cacbon, hạt nano, tổ hợp và vật liệu được mô tả trong bản mô tả này được tạo ra bằng cách sử dụng thiết bị phản ứng plasma vi sóng được thể hiện trên Fig.3. Theo một số phương án, phương pháp 300 bao gồm bước 310 cho dòng khí xử lý đi vào vùng phản ứng, bước 320 crackinh phân tử của khí xử lý trong vùng phản ứng bằng cách sử dụng plasma vi sóng, bước 330 cho phân tử được crackinh phản ứng để tạo ra tổ hợp cacbon, và bước 340 thu gom tổ hợp cacbon. Theo một số phương án, tổ hợp cacbon chứa graphen. Theo một số phương án, tổ hợp cacbon chứa graphen, graphit, MWSF, MWSF được kết nối, cacbon vô định hình, thể thù hình cacbon khác, hoặc hỗn hợp gồm chúng. Theo một số phương án, tổ hợp cacbon chứa tỷ lệ của cacbon so với các

nguyên tố khác, ngoại trừ hydro, lớn hơn 99%, kích cỡ trung bình của tổ hợp cacbon nằm trong khoảng từ 1 đến 50 micromet, diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon nằm trong khoảng từ 50 đến 200 m²/g, khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp Brunauer–Emmett–Teller (BET) với nitơ làm chất bị hấp phụ, và tổ hợp cacbon, khi được nén, có độ dẫn điện là lớn hơn 500 S/m.

Quá trình xử lý sau graphit và vật liệu graphen

Theo một số phương án, hạt cacbon, hạt nano và tổ hợp chứa graphit và graphen được mô tả trong bản mô tả này được tạo ra và được thu gom, và không có quá trình xử lý sau nào được thực hiện. Trong phương án khác, hạt cacbon, hạt nano và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này được tạo ra và được thu gom, và một số quá trình xử lý sau được thực hiện. Một số ví dụ về quá trình xử lý sau bao gồm xử lý cơ học, như nghiền thành hạt, nghiền, nghiền đĩa, vi tăng sôi, nghiền tia, và kỹ thuật khác để làm giảm cỡ hạt mà không làm phá hủy thể thù hình cacbon trong đó. Một số ví dụ về quá trình xử lý sau bao gồm quá trình tách lớp như trộn cắt, ăn mòn hóa học, oxy hóa (ví dụ, phương pháp Hummer), tôi nhiệt, thêm phụ gia bằng cách bổ sung nguyên tố trong khi tôi (ví dụ, S và N), hóa hơi, lọc, và làm khô lạnh, cùng các phương pháp khác. Một số ví dụ về quá trình xử lý sau bao gồm quá trình thiêu kết như thiêu kết xung điện plasma (Spark Plasma Sintering - SPS, cụ thể là thiêu kết trực tiếp bằng dòng điện), vi sóng, và tia cực tím (Ultra-Violet - UV), mà có thể được thực hiện ở áp suất và nhiệt độ cao trong khí trơ. Theo một số phương án, các phương pháp xử lý sau có thể được sử dụng cùng nhau hoặc liên tiếp. Theo một số phương án, quá trình xử lý sau sẽ sản xuất hạt nano cacbon hoặc tổ hợp được tạo chức năng được mô tả trong bản mô tả này.

Theo một số phương án, vật liệu được trộn cùng nhau trong các hỗn hợp khác nhau. Theo một số phương án, hạt nano cacbon và tổ hợp khác nhau chứa graphit và graphen được mô tả trong bản mô tả này được trộn cùng nhau trước quá trình xử lý sau. Ví dụ, hạt nano cacbon và tổ hợp khác nhau chứa graphit và graphen với các đặc tính khác nhau (ví dụ, kích cỡ khác nhau, thành phần khác nhau, độ tinh khiết khác nhau, từ các thời gian xử lý khác nhau, v.v.) có thể được trộn cùng nhau. Theo một số phương án, hạt nano cacbon và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này có thể được trộn với graphen để thay đổi tỷ lệ của graphit so với graphen trong hỗn hợp. Theo một số phương án, hạt nano cacbon và tổ hợp khác nhau chứa graphit và graphen được mô tả trong bản mô tả này được trộn cùng nhau sau quá trình xử lý sau. Ví dụ, hạt nano cacbon và tổ hợp khác nhau chứa graphit và

graphen với đặc tính khác nhau và/hoặc phương pháp xử lý sau khác nhau (ví dụ, kích cỡ khác nhau, thành phần khác nhau, chức năng khác nhau, bề mặt đặc tính khác nhau, diện tích bề mặt khác nhau) có thể được trộn cùng nhau.

Theo một số phương án, hạt nano cacbon và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này được tạo ra và được thu gom, và sau đó được xử lý bằng nghiền cơ học, nghiền nhỏ, hoặc tách lớp. Theo một số phương án, việc xử lý (ví dụ, bằng nghiền cơ học, nghiền nhỏ, tách lớp, v.v.) làm giảm kích cỡ trung bình của hạt. Theo một số phương án, việc xử lý (ví dụ, bằng nghiền cơ học, nghiền nhỏ, tách lớp, v.v.) làm tăng diện tích bề mặt trung bình của hạt. Theo một số phương án, việc xử lý bằng nghiền cơ học, nghiền nhỏ hoặc tách lớp cắt một số phân đoạn của lớp cacbon, tạo ra các tầng của graphite cùng với hạt nano cacbon.

Theo một số phương án, diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon sau quá trình xử lý sau đó bằng nghiền cơ học, nghiền nhỏ, hoặc tách lớp, khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp Brunauer–Emmett–Teller (BET) sử dụng nitơ (cụ thể là, phương pháp BET với nitơ làm chất bị hấp phụ) hoặc lý thuyết hàm mật độ (Density Functional Theory - DFT), nằm trong khoảng từ 50 đến 300 m²/g, hoặc từ 100 đến 300 m²/g, hoặc từ 50 đến 200 m²/g, hoặc từ 50 đến 150 m²/g, hoặc từ 60 đến 110 m²/g, hoặc từ 50 đến 100 m²/g, hoặc từ 70 đến 100 m²/g.

Theo một số phương án, việc nghiền cơ học hoặc nghiền nhỏ được thực hiện bằng cách sử dụng máy nghiền bi, máy mài xoay, máy xay trục, máy trộn cắt, máy nghiền hạt cắt cao, máy nghiền hàn xì, hoặc loại máy khác được sử dụng để phá vỡ vật liệu rắn thành mảnh nhỏ hơn bằng các nghiền, đập vỡ hoặc cắt. Theo một số phương án, việc nghiền cơ học, nghiền nhỏ hoặc tách lớp được thực hiện ở trạng thái ẩm hoặc khô. Theo một số phương án, việc nghiền cơ học được thực hiện bằng cách nghiền trong một khoảng thời gian, sau đó để yên trong một khoảng thời gian, và lặp lại việc nghiền và để yên đối với một số chu trình. Thời gian nghiền có thể nằm trong khoảng, ví dụ, từ 1 phút đến 20 phút, hoặc từ 1 phút đến 10 phút, hoặc từ 3 phút đến 8 phút, hoặc khoảng 3 phút, hoặc khoảng 8 phút. Theo một số phương án, thời gian để yên nằm trong khoảng từ 1 phút đến 10 phút, hoặc khoảng 5 phút, hoặc khoảng 6 phút. Theo một số phương án, số lần nghiền và chu trình để yên nằm trong khoảng từ 1 đến 100, hoặc từ 5 đến 100, hoặc từ 10 đến 100, hoặc từ 5 đến 10, hoặc từ 5 đến 20. Theo một số phương án, tổng thời gian nghiền và để yên nằm trong khoảng từ 10 phút đến 1200 phút, hoặc từ 10 phút đến 600 phút, hoặc từ 10

phút đến 240 phút, hoặc từ 10 phút đến 120 phút, hoặc từ 100 phút đến 90 phút, hoặc từ 10 phút đến 60 phút, hoặc khoảng 90 phút, hoặc khoảng 120 phút.

Theo một số phương án, bước nghiền trong chu trình được thực hiện bằng cách nghiền quay theo một hướng đối với chu trình đầu tiên (ví dụ, theo chiều kim đồng hồ), và sau đó nghiền quay theo hướng ngược lại (ví dụ, ngược chiều kim đồng hồ) đối với chu trình tiếp theo. Theo một số phương án, việc nghiền cơ học hoặc nghiền nhỏ được thực hiện bằng cách sử dụng máy nghiền bi, và bước nghiền được thực hiện bằng cách sử dụng tốc độ quay nằm trong khoảng từ 100 đến 1000 vòng/phút, hoặc từ 100 đến 500 vòng/phút, hoặc khoảng 400 vòng/phút. Theo một số phương án, việc nghiền cơ học hoặc nghiền nhỏ được thực hiện bằng cách sử dụng máy nghiền bi bằng cách sử dụng phương tiện nghiền nhỏ với đường kính nằm trong khoảng từ 0,1 mm đến 20 mm, hoặc từ 0,1 mm đến 10 mm, hoặc từ 1 mm đến 10 mm, hoặc khoảng 0,1 mm, hoặc khoảng 1 mm, hoặc khoảng 10 mm. Theo một số phương án, việc nghiền cơ học hoặc nghiền nhỏ được thực hiện bằng cách sử dụng máy nghiền bi bằng cách sử dụng phương tiện nghiền nhỏ được cấu thành bởi kim loại như thép, oxit như ziriconi oxit (ziriconi oxit), ziriconi oxit được làm ổn định bằng ytri oxit, silic oxit, nhôm oxit, magie oxit, hoặc vật liệu cứng khác như silic cacbua hoặc vonfram cacbua.

Theo một số phương án, hạt nano cacbon và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này được tạo ra và được thu gom, và sau đó được xử lý bằng cách sử dụng nhiệt độ cao, như tôi nhiệt, hoặc thiêu kết. Theo một số phương án, việc xử lý bằng cách sử dụng nhiệt độ cao được thực hiện trong môi trường trơ như nitơ hoặc argon. Theo một số phương án, việc xử lý bằng cách sử dụng nhiệt độ cao được thực hiện ở áp suất khí quyển, hoặc dưới chân không, hoặc ở áp suất thấp. Nhiệt độ cao có thể là, ví dụ, nhiệt độ nằm trong khoảng từ 500°C đến 2500°C, hoặc từ 500°C đến 1500°C, hoặc từ 800°C đến 1500°C, hoặc từ 800°C đến 1200°C, hoặc từ 800°C đến 1000°C, hoặc từ 2000 đến 2400°C, hoặc khoảng 800°C, hoặc khoảng 1000°C, hoặc khoảng 1500°C, hoặc khoảng 2000°C, hoặc khoảng 2400°C.

Theo một số phương án, hạt nano cacbon và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này được tạo ra và được thu gom, và sau đó nguyên tố hoặc hợp chất khác được bổ sung, nhờ đó tạo ra đặc tính đặc biệt của hạt nano cacbon và tổ hợp thành hỗn hợp khác của vật liệu. Ví dụ, niken có thể được bổ sung để làm tăng độ thấm từ của hạt nano cacbon và tổ hợp, hoặc mức từ hóa mà hạt nano cacbon và tổ hợp thu được trong việc đáp ứng từ trường áp

dụng. Ví dụ khác là việc bổ sung lưu huỳnh để làm tăng diện tích bề mặt của hạt nano cacbon và tổ hợp bằng cách cường bức các lớp cacbon phân tách. Ví dụ, việc bổ sung lưu huỳnh có thể làm tăng diện tích bề mặt bằng 2, hoặc 3 lần so với vật liệu mà không chứa lưu huỳnh. Phương pháp khác để làm tăng diện tích bề mặt thông qua quá trình oxy hóa; tuy nhiên, hợp chất tạo ra (ví dụ, graphen oxit) là chất cách điện. Phương pháp được mô tả trong bản mô tả này, ví dụ, bằng cách sử dụng lưu huỳnh, có thể sản xuất hạt với diện tích bề mặt lớn mà có tính dẫn điện.

Theo một số phương án, diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon sau quá trình xử lý sau đó mà bổ sung lưu huỳnh, khi được đo bằng phương pháp Brunauer–Emmett–Teller (BET) sử dụng nitơ hoặc lý thuyết hàm mật độ (DFT), nằm trong khoảng từ 50 đến 300 m²/g, hoặc từ 100 đến 300 m²/g, hoặc từ 50 đến 200 m²/g, hoặc từ 50 đến 150 m²/g, hoặc từ 60 đến 110 m²/g, hoặc từ 50 đến 100 m²/g, hoặc từ 70 đến 100 m²/g.

Theo một số phương án, trước hoặc sau quá trình xử lý sau, hạt nano cacbon và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này được bổ sung vào huyền phù, chất rắn hoặc chất lỏng của các nguyên tố hoặc hợp chất khác để tạo ra hỗn hợp khác của vật liệu có đặc tính đặc biệt của hạt nano cacbon và tổ hợp. Theo một số phương án, hạt nano cacbon và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này được trộn cùng với hạt rắn, polyme hoặc vật liệu khác. Bột hoặc compozit thu được của hạt trong nền rắn của vật liệu khác, có thể được sử dụng trong các ứng dụng khác nhau, như trong dầu bôi trơn hoặc vật liệu compozit cấu trúc. Theo một số phương án, hạt nano cacbon và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này cùng với chất lỏng để sản xuất mực dùng cho các ứng dụng khác nhau, như mực dẫn điện. Mực thu được có thể còn được phủ trên chất nền hoặc kết hợp với vật liệu cho các ứng dụng khác nhau như tụ điện hoặc điện cực ắcqui. Theo một số phương án, hạt nano cacbon và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này được trộn cùng với dung môi và tùy ý hạt khác để tạo ra huyền phù, mà có thể sau đó được phủ hoặc in lên trên bề mặt khác trong các ứng dụng khác nhau, như ăng ten dẫn được in.

Theo một số phương án, trước hoặc sau quá trình xử lý sau, hạt nano cacbon và tổ hợp được mô tả trong bản mô tả này được sử dụng trong các ứng dụng khác nhau, bao gồm nhưng không chỉ giới hạn ở, chế phẩm bôi trơn (ví dụ, dầu bôi trơn đối với các ứng dụng cao áp hoặc tốc độ cao, dầu bôi trơn đối với môi trường nhiệt độ cao, dầu bôi trơn đối với các ứng dụng dẫn nhiệt cao, và dầu bôi trơn chống ma sát, trong số các ứng dụng khác), các ứng dụng lọc và phân tách (ví dụ, lọc hóa chất, lọc nước, khử muối, phân tách khí, tấm

chấn oxy hóa, màng không thấm, bộ lọc không phản ứng, và vật liệu chelat hóa cacbon, trong số các ứng dụng khác), các ứng dụng vận tải và công nghiệp khác (ví dụ, chất phụ gia cao su, chất phụ gia lốp xe, chất phụ gia lốp xe ô tô, thành phần chính trong lốp xe, chất phụ gia được tạo chức năng đối với lốp xe, chất kết nối, lấp đặt, chất đàn hồi dạng vòng chữ O, ống mềm, chất bịt kín, và epoxy, trong số các ứng dụng khác), chế phẩm vật liệu kim loại (ví dụ, hạt hoặc tổ hợp được tạo màu với sợi nano Ni, Co hoặc Fe, vật liệu phân lớp điện môi chứa cacbon, và vật liệu phân cách với bề mặt được tạo chức năng, cùng các hỗn hợp khác với vật liệu khác mà tạo ra đặc tính bất ngờ), chế phẩm mực điện tử (ví dụ, mực dẫn điện, mực dẫn điện trong suốt, mạch được in 3D và bản mạch được in, mực điện trở suất, mực điện môi, mạch điện tử linh hoạt, chất áp điện, ăng ten, ăng ten thu điện, ăng ten thu điện thông minh, thiết bị điện sắc, thiết bị điện ma sát, thiết bị vi sóng, mực hệ thống, và hệ thống nhận dạng, trong số các ứng dụng khác), mực khác (ví dụ, mỹ phẩm, và mực cấu trúc được in 3D, trong số các ứng dụng khác), ứng dụng phủ (ví dụ, chống ăn mòn, siêu chống thấm, sưởi trong phòng, phá băng, làm mát, phóng tĩnh điện (ESD), chắn tần số vô tuyến (chắn EMF) hấp thụ tần số vô tuyến (hấp thụ EMF), và lớp phủ vải và vải dệt, trong số các ứng dụng khác), chế phẩm vật liệu bộ tụ điện (ví dụ, chất phụ gia siêu tụ, cacbon điện tích bề mặt lớn, cacbon độ tinh khiết cao, cacbon điện tích bề mặt lớn độ tinh khiết cao, và thiết bị phân tách, trong số các ứng dụng khác), cảm biến và các ứng dụng điện tử rắn (ví dụ, hóa chất, độ ẩm, tiếp xúc, ánh sáng, tranzito, điôt, và thiết bị tích hợp, trong số các ứng dụng khác), chế phẩm vật liệu compozit (ví dụ, làm chất phụ gia đối với xi măng, thép, nhôm oxit, nhựa, và sợi cacbon, trong số các ứng dụng khác), các ứng dụng năng lượng (ví dụ, lưu trữ năng lượng với nhiên liệu hydro, compozit anôt, compozit catôt, pin, điện cực tế bào nhiên liệu, tụ điện, và thể lai tụ điện/pin, trong số các ứng dụng khác), các ứng dụng y sinh trong cơ thể (ví dụ, công nghệ mô, phân phối thuốc, phân phối kim loại, sợi nano phân rã sinh học để tạo ra thần kinh, và chăm sóc sức khỏe tốt hơn, trong số các ứng dụng khác), và các ứng dụng y sinh ngoài cơ thể (ví dụ, lọc, điện cực trên da, và thiết bị y tế khác).

Phương án khác

Theo một số phương án, vật liệu cacbon chứa các tổ hợp cacbon, mỗi tổ hợp cacbon có các hạt nano cacbon, mỗi hạt nano cacbon bao gồm graphen, mà không có hạt mầm. Graphen trong vật liệu cacbon có lên đến 15 lớp. Tỷ lệ của cacbon so với các nguyên tố khác, ngoại trừ hydro, trong tổ hợp cacbon là lớn hơn 99%. Kích cỡ trung bình của tổ hợp

cacbon là từ 1 đến 50 micromet. Diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon ít nhất là $50 \text{ m}^2/\text{g}$, khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp Brunauer–Emmett–Teller (BET) với nitơ làm chất bị hấp phụ. Tổ hợp cacbon, khi được nén, có độ dẫn điện là lớn hơn 500 S/m .

Theo một số phương án, vật liệu cacbon được mô tả trên đây còn bao gồm một hoặc nhiều thể thù hình cacbon khác ngoài graphen, trong đó tỷ lệ của graphen so với thể thù hình cacbon khác là lớn hơn 90%.

Theo một số phương án, quang phổ Raman của vật liệu cacbon được mô tả trên đây, bằng cách sử dụng ánh sáng tới 532 nm , có: đỉnh chế độ 2D, đỉnh chế độ G, và tỷ lệ cường độ 2D/G là lớn hơn 0,5.

Theo một số phương án, diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon được mô tả trên đây nằm trong khoảng từ 50 đến $300 \text{ m}^2/\text{g}$, khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp BET nitơ.

Theo một số phương án, độ dẫn điện của tổ hợp cacbon được mô tả trên đây nằm trong khoảng từ 1000 đến 20000 S/m khi được nén.

Theo một số phương án, vật liệu cacbon được mô tả trên đây còn bao gồm cacbon vô định hình, trong đó tỷ lệ của cacbon vô định hình so với graphen nhỏ hơn 5%. Quang phổ Raman của vật liệu cacbon chứa cacbon vô định hình, bằng cách sử dụng ánh sáng tới 532 nm , có: đỉnh chế độ 2D, đỉnh chế độ D, đỉnh chế độ G, tỷ lệ cường độ D/G là lớn hơn 0,5, đỉnh chế độ 2D cường độ thấp, và độ uốn nông giữa đỉnh chế độ D và đỉnh chế độ G.

Theo một số phương án, tổ hợp cacbon được mô tả trên đây được xử lý sau bằng cách sử dụng phương pháp được chọn từ nhóm bao gồm nghiền nhỏ, nghiền, tách lớp, tôi, thiêu kết, hóa hơi, lọc, làm khô lạnh, thêm phụ gia, và bổ sung nguyên tố. Ví dụ, diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon được xử lý sau có thể nằm trong khoảng từ 50 đến $1000 \text{ m}^2/\text{g}$, khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp BET nitơ.

Theo một số phương án, vật liệu cacbon chứa các tổ hợp cacbon, mỗi tổ hợp cacbon có các hạt nano cacbon, mỗi hạt nano cacbon bao gồm graphen và fuleren khối cầu đa vách, mà không có hạt mầm. Graphen trong vật liệu cacbon có lên đến 15 lớp. Quang phổ Raman của vật liệu cacbon chứa fuleren khối cầu đa vách, bằng cách sử dụng ánh sáng tới 532 nm , có: đỉnh chế độ D; đỉnh chế độ G; và tỷ lệ cường độ D/G nhỏ hơn 1,2. Tỷ lệ của cacbon so với các nguyên tố khác, ngoại trừ hydro, trong tổ hợp cacbon là lớn hơn 99%. Kích cỡ trung bình của tổ hợp cacbon nằm trong khoảng từ 1 đến 100 micromet. Diện tích

bề mặt của tổ hợp cacbon ít nhất là $10 \text{ m}^2/\text{g}$, khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp Brunauer–Emmett–Teller (BET) với nitơ làm chất bị hấp phụ. Tổ hợp cacbon, khi được nén, có độ dẫn điện là lớn hơn 500 S/m .

Theo một số phương án, quang phổ Raman của vật liệu cacbon được mô tả trên đây chứa fuleren khối cầu đa vách có tỷ lệ cường độ D/G từ 0,9 đến 1,1.

Theo một số phương án, tỷ lệ của fuleren khối cầu đa vách so với graphen trong vật liệu cacbon được mô tả trên đây nằm trong khoảng từ 20% đến 80%.

Theo một số phương án, diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon được mô tả trên đây nằm trong khoảng từ 10 đến $200 \text{ m}^2/\text{g}$, khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp BET nitơ.

Theo một số phương án, độ dẫn điện của tổ hợp cacbon được mô tả trên đây nằm trong khoảng từ 1000 đến 20000 S/m khi được nén.

Theo một số phương án, fuleren khối cầu đa vách được mô tả trên đây bao gồm fuleren khối cầu đa vách được kết nối, trong đó ít nhất là một số fuleren khối cầu đa vách được bao bằng lớp graphen.

Theo một số phương án, tổ hợp cacbon được mô tả trên đây được xử lý sau bằng cách sử dụng phương pháp được chọn từ nhóm bao gồm nghiền nhỏ, nghiền, tách lớp, tôi, thiêu kết, hóa hơi, lọc, làm khô lạnh, thêm phụ gia, và bổ sung nguyên tố. Diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon được xử lý sau có thể nằm trong khoảng, ví dụ, từ 50 đến $500 \text{ m}^2/\text{g}$, khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp BET với nitơ làm chất bị hấp phụ.

Theo một số phương án, vật liệu cacbon chứa các tổ hợp cacbon, mỗi tổ hợp cacbon có các hạt nano cacbon, mỗi hạt nano cacbon bao gồm hỗn hợp gồm graphen và ít nhất một thể thù hình cacbon khác, mà không có hạt mầm. Graphen trong vật liệu cacbon có lên đến 15 lớp. Tỷ lệ của cacbon so với các nguyên tố khác, ngoại trừ hydro, trong tổ hợp cacbon là lớn hơn 99%. Kích cỡ trung bình của tổ hợp cacbon nằm trong khoảng từ 1 đến 100 micromet. Diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon ít nhất là $10 \text{ m}^2/\text{g}$, khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp Brunauer–Emmett–Teller (BET) với nitơ làm chất bị hấp phụ. Tổ hợp cacbon, khi được nén, có độ dẫn điện là lớn hơn 100 S/m .

Theo một số phương án, tỷ lệ của graphen so với ít nhất một thể thù hình cacbon khác trong vật liệu cacbon được mô tả trên đây nằm trong khoảng từ 5% đến 95%.

Theo một số phương án, quang phổ Raman của vật liệu cacbon chứa graphen, bằng cách sử dụng ánh sáng tới 532 nm, có: đỉnh chế độ 2D, đỉnh chế độ G, và tỷ lệ cường độ 2D/G là lớn hơn 0,5.

Theo một số phương án, diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon được mô tả trên đây nằm trong khoảng từ 10 đến 200 m²/g, khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp BET với nitơ làm chất bị hấp phụ.

Theo một số phương án, độ dẫn điện của tổ hợp cacbon được mô tả trên đây nằm trong khoảng từ 100 đến 20000 S/m khi được nén.

Theo một số phương án, ít nhất một thể thù hình cacbon khác của vật liệu cacbon được mô tả trên đây bao gồm fuleren khối cầu đa vách. Tỷ lệ của graphen so với fuleren khối cầu đa vách có thể nằm trong khoảng từ, ví dụ, 20% đến 80%. Theo một số phương án, fuleren khối cầu đa vách bao gồm fuleren khối cầu đa vách được kết nối, trong đó ít nhất là một số fuleren khối cầu đa vách được bao bằng lớp graphen.

Theo một số phương án, ít nhất một thể thù hình cacbon khác được mô tả trên đây chứa cacbon vô định hình. Tỷ lệ của graphen so với cacbon vô định hình có thể là, ví dụ, lớn hơn 95%.

Theo một số phương án, ít nhất một thể thù hình cacbon khác trong vật liệu cacbon được mô tả trên đây chứa chủ yếu sự lai hóa sp³. Ví dụ, thể thù hình cacbon khác trong vật liệu cacbon được mô tả trên đây có thể chứa tỷ lệ của nguyên tử cacbon với sự lai hóa sp³ mà lớn hơn 50%, hoặc lớn hơn 60%, hoặc lớn hơn 70%, hoặc lớn hơn 80%, hoặc lớn hơn 90%. Một phương pháp để xác định phân đoạn của sự lai hóa sp³ trong thể thù hình cacbon là quang phổ học Raman. Theo một số phương án, tỷ lệ của graphen so với thể thù hình cacbon khác có chủ yếu sự lai hóa sp³ nằm trong khoảng từ 5% đến 95%.

Theo một số phương án, tổ hợp cacbon được mô tả trên đây được xử lý sau bằng cách sử dụng phương pháp được chọn từ nhóm bao gồm nghiền nhỏ, nghiền, tách lớp, tôi, thiêu kết, hóa hơi, lọc, làm khô lạnh, thêm phụ gia, và bổ sung nguyên tố. Diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon được xử lý sau có thể nằm trong khoảng, ví dụ, từ 50 đến 2000 m²/g, khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp BET với nitơ làm chất bị hấp phụ.

Theo một số phương án, vật liệu cacbon chứa các tổ hợp cacbon, mỗi tổ hợp cacbon có các hạt nano cacbon, mỗi hạt nano cacbon bao gồm graphen và cacbon vô định hình, mà không có hạt mầm. Graphen trong vật liệu cacbon có lên đến 15 lớp. Quang phổ Raman

của tổ hợp cacbon chứa cacbon vô định hình, bằng cách sử dụng ánh sáng tới 532 nm, có đỉnh chế độ 2D, đỉnh chế độ D và đỉnh chế độ G. Tỷ lệ cường độ D/G là lớn hơn 0,5, với đỉnh chế độ 2D cường độ thấp, và đỉnh chế độ D và đỉnh chế độ G có độ uốn nông giữa chúng. Tỷ lệ của cacbon so với các nguyên tố khác, ngoại trừ hydro, trong tổ hợp cacbon là lớn hơn 99%. Kích cỡ trung bình của tổ hợp cacbon nằm trong khoảng từ 1 đến 50 micromet. Diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon là lớn hơn 50 m²/g, khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp Brunauer–Emmett–Teller (BET) với nitơ làm chất bị hấp phụ. Tổ hợp cacbon, khi được nén, có độ dẫn điện là lớn hơn 500 S/m.

Các phương án về vật liệu cacbon được mô tả trong đoạn trên đây có thể bao gồm, ví dụ, tỷ lệ của graphen so với cacbon vô định hình vật liệu cacbon được mô tả trên đây là lớn hơn 90%. Các phương án có thể còn bao gồm, trong đó diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon được mô tả trên đây nằm trong khoảng từ 50 đến 200 m²/g, khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp BET nitơ. Theo các phương án khác, độ dẫn điện của tổ hợp cacbon được mô tả trên đây nằm trong khoảng từ 1000 đến 20000 S/m khi được nén. Theo các phương án khác nữa, tổ hợp cacbon được mô tả trên đây được xử lý sau bằng cách sử dụng phương pháp được chọn từ nhóm bao gồm nghiền nhỏ, nghiền, tách lớp, tôi, thiêu kết, hóa hơi, lọc, làm khô lạnh, thêm phụ gia, và bổ sung nguyên tố. Theo các phương án khác nữa, diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon được xử lý sau được mô tả trên đây nằm trong khoảng từ 50 đến 1000 m²/g, khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp BET với nitơ làm chất bị hấp phụ.

Theo một số phương án, vật liệu cacbon chứa các tổ hợp cacbon, mỗi tổ hợp cacbon có các hạt nano cacbon, mỗi hạt nano cacbon bao gồm cacbon vô định hình, mà không có hạt mầm. Quang phổ Raman của tổ hợp cacbon chứa cacbon vô định hình, bằng cách sử dụng ánh sáng tới 532 nm, có đỉnh chế độ 2D, đỉnh chế độ D và đỉnh chế độ G. Tỷ lệ cường độ D/G là lớn hơn 0,5, với đỉnh chế độ 2D cường độ thấp, và đỉnh chế độ D và đỉnh chế độ G có độ uốn nông giữa chúng. Tỷ lệ của cacbon so với các nguyên tố khác, ngoại trừ hydro, trong tổ hợp cacbon là lớn hơn 99%. Kích cỡ trung bình của tổ hợp cacbon nằm trong khoảng từ 1 đến 100 micromet. Diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon là lớn hơn 50 m²/g, khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp Brunauer–Emmett–Teller (BET) với nitơ làm chất bị hấp phụ.

Các phương án về vật liệu cacbon được mô tả trong đoạn trên đây có thể còn bao gồm một hoặc nhiều thể thù hình cacbon khác ngoài graphen, trong đó tỷ lệ của graphen

so với thể thù hình cacbon khác nằm trong khoảng từ 5% đến 95%. Theo các phương án về tổ hợp cacbon được mô tả trên đây, diện tích bề mặt nằm trong khoảng từ 50 đến 200 m^2/g , khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp BET nitơ. Theo các phương án khác, tổ hợp cacbon được mô tả trên đây được xử lý sau bằng cách sử dụng phương pháp được chọn từ nhóm bao gồm nghiền nhỏ, nghiền, tách lớp, tôi, thiêu kết, hóa hơi, lọc, làm khô lạnh, thêm phụ gia, và bổ sung nguyên tố. Theo các phương án khác nữa, diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon được xử lý sau được mô tả trên đây nằm trong khoảng từ 50 đến 2000 m^2/g , khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp BET với nitơ làm chất bị hấp phụ.

Theo một số phương án, phương pháp sản xuất tổ hợp cacbon bao gồm bước cung cấp năng lượng vi sóng trong đường sóng tăng cường điện trường mà có vùng phản ứng. Khí cấp được bổ sung trong cửa nạp khí cấp, trong đó cửa nạp khí cấp ở bên trên vùng phản ứng. Nguyên liệu xử lý được bổ sung vào cửa nạp nguyên liệu xử lý, trong đó nguyên liệu xử lý di chuyển vào vùng phản ứng. Nguyên liệu xử lý được chuyển hóa thành các thành phần riêng rẽ trong vùng phản ứng. Đường sóng tăng cường điện trường có thể có vùng tăng cường điện trường ở bên trên vùng phản ứng. Vùng tăng cường điện trường có thể có diện tích mặt cắt ngang giảm từ diện tích mặt cắt ngang thứ nhất đến diện tích mặt cắt ngang thứ hai, trong đó diện tích mặt cắt ngang thứ hai kéo dài dọc theo chiều dài phản ứng mà tạo ra vùng phản ứng của đường sóng tăng cường điện trường. Năng lượng vi sóng lan truyền theo hướng dọc theo chiều dài phản ứng. Phần lớn của dòng khí cấp là song song với hướng của sự lan truyền năng lượng vi sóng trong vùng phản ứng. Khí cấp được sử dụng để tạo ra plasma trong vùng plasma. Việc chuyển hóa nguyên liệu xử lý trong vùng phản ứng có thể xảy ra ở áp suất ít nhất là 10,13 kPa (0,1 atm). Các thành phần riêng rẽ bao gồm tổ hợp cacbon.

Phương pháp được mô tả trên đây có thể được sử dụng để sản xuất vật liệu cacbon bất kỳ được mô tả trong bản mô tả này. Biến thể của phương pháp được mô tả trên đây có thể còn được thực hiện để sản xuất vật liệu cacbon bất kỳ được mô tả trong bản mô tả này.

Theo một số phương án, phương pháp sản xuất tổ hợp cacbon bao gồm bước cấp năng lượng vi sóng vào đường sóng tăng cường điện trường, và bổ sung khí cấp vào cửa nạp khí cấp, trong đó cửa nạp khí cấp ở bên trên vùng phản ứng. Nguyên liệu xử lý được bổ sung vào cửa nạp nguyên liệu xử lý, trong đó nguyên liệu xử lý di chuyển vào vùng phản ứng. Nguyên liệu xử lý được chuyển hóa thành các thành phần riêng rẽ trong vùng phản ứng. Đường sóng tăng cường điện trường có thể bao gồm diện tích mặt cắt ngang thứ

nhất và diện tích mặt cắt ngang thứ hai, và vùng tăng cường điện trường giữa diện tích mặt cắt ngang thứ nhất và diện tích mặt cắt ngang thứ hai. Đường sóng tăng cường điện trường có thể còn bao gồm vùng plasma và vùng phản ứng. Diện tích mặt cắt ngang thứ hai có thể nhỏ hơn diện tích mặt cắt ngang thứ nhất, trong đó vùng tăng cường điện trường có diện tích mặt cắt ngang giảm từ diện tích mặt cắt ngang thứ nhất đến diện tích mặt cắt ngang thứ hai. Diện tích mặt cắt ngang thứ hai có thể là xa nguồn năng lượng vi sóng hơn so với diện tích mặt cắt ngang thứ nhất, và có thể kéo dài dọc theo chiều dài phản ứng mà tạo ra vùng phản ứng của đường sóng tăng cường điện trường. Năng lượng vi sóng lan truyền theo hướng dọc theo chiều dài phản ứng. Phần lớn của dòng khí cấp song song với hướng của sự lan truyền năng lượng vi sóng trong vùng phản ứng. Khí cấp được sử dụng để tạo ra plasma trong vùng plasma. Các thành phần riêng rẽ bao gồm tổ hợp cacbon, trong đó tỷ lệ của cacbon so với các nguyên tố khác, ngoại trừ hydro, trong tổ hợp cacbon là lớn hơn 95% (hoặc lớn hơn 99,5%).

Phương pháp được mô tả trong đoạn trên đây có thể được sử dụng để sản xuất vật liệu cacbon bất kỳ được mô tả trong bản mô tả này. Biến thể của phương pháp được mô tả trên đây có thể còn được thực hiện để sản xuất vật liệu cacbon bất kỳ được mô tả trong bản mô tả này.

Theo một số phương án, phương pháp sản xuất tổ hợp cacbon bao gồm bước cho dòng khí xử lý vào trong vùng phản ứng, và crackinh phân tử của khí xử lý trong vùng phản ứng bằng cách sử dụng plasma vi sóng. Phương pháp này còn bao gồm bước cho phân tử được crackinh phản ứng để tạo ra tổ hợp cacbon có hỗn hợp gồm một hoặc nhiều thể thù hình cacbon, mà không có hạt mầm; và thu gom tổ hợp cacbon này. Tỷ lệ của cacbon so với các nguyên tố khác, ngoại trừ hydro, trong tổ hợp cacbon là lớn hơn 99%. Kích cỡ trung bình của tổ hợp cacbon nằm trong khoảng từ 1 đến 100 micromet. Diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon nằm trong khoảng từ 50 đến 200 m²/g, khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp Brunauer–Emmett–Teller (BET) với nitơ làm chất bị hấp phụ. Tổ hợp cacbon, khi được nén, có độ dẫn điện là lớn hơn 500 S/m. Vùng phản ứng có thể là một phần của đường sóng tăng cường điện trường, trong đó vùng tăng cường điện trường có thể có diện tích mặt cắt ngang giảm. Một hoặc nhiều thể thù hình cacbon có thể bao gồm graphen, cacbon vô định hình, MWSF, và/hoặc MWSF được kết nối.

Phương pháp được mô tả trong đoạn trên đây có thể được sử dụng để sản xuất vật liệu cacbon bất kỳ được mô tả trong bản mô tả này. Biến thể của phương pháp được mô tả

trên đây có thể còn được thực hiện để sản xuất vật liệu cacbon bất kỳ được mô tả trong bản mô tả này.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1: Hạt graphit và graphen được tạo ra bằng cách sử dụng thiết bị phản ứng plasma vi sóng

Trong ví dụ thứ nhất này, hạt cacbon và tổ hợp chứa graphit và graphen được tạo ra bằng cách sử dụng hệ thống thiết bị phản ứng plasma vi sóng, được mô tả theo các phương án trên đây. Thiết bị phản ứng plasma vi sóng trong ví dụ này có thân chính làm từ thép không gỉ với vật liệu thành bên trong thạch anh. Tuy nhiên, vật liệu thành bên trong thạch anh không cần thiết trong tất cả các trường hợp, và vật liệu cacbon tương tự có thể được tạo ra trong các thiết bị phản ứng chứa không thạch anh trong hoặc gần vùng phản ứng. Thể tích vùng phản ứng khoảng 45 cm^3 . Nguyên liệu tiền chất là metan, và tùy ý cùng với khí cấp (ví dụ, argon). Tốc độ dòng của metan nằm trong khoảng từ 1 đến 20 l/phút, tốc độ dòng của khí cấp nằm trong khoảng từ 0 đến 70 l/phút. Với tốc độ dòng này và hình dạng của thiết bị, thời gian lưu của khí trong buồng phản ứng là từ khoảng 0,001 giây đến khoảng 2,0 giây, và tốc độ tạo ra hạt cacbon là từ khoảng 0,1 g/giờ đến khoảng 15 g/giờ. Sau khi tổ hợp được tổng hợp và được thu gom, chúng được xử lý sau bằng cách tôi ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1000 đến 2200°C trong khí quyển trơ trong thời gian khoảng 60 đến khoảng 600 phút.

Hạt được tạo ra trong ví dụ này chứa graphit và graphen, và không có hạt mầm. Hạt trong ví dụ này có tỷ lệ của cacbon so với các nguyên tố khác (không phải hydro) là khoảng 99,97% hoặc lớn hơn.

Fig.4A thể hiện quang phổ Raman của hạt cacbon như được tổng hợp của ví dụ này, được thực hiện bằng cách sử dụng ánh sáng tới 532 nm. Hạt trên Fig.4A được tạo ra bằng cách sử dụng tiền chất chứa argon. Quang phổ có đỉnh chế độ 2D 410 là ở khoảng 2690 cm^{-1} , đỉnh chế độ G 420 là ở khoảng 1580 cm^{-1} , và đỉnh chế độ D 430 là ở khoảng 1350 cm^{-1} , và tỷ lệ cường độ 2D/G là lớn hơn 0,5. Tỷ lệ cường độ 2D/G đối với hạt được tạo ra trên Fig.4A là khoảng 0,7.

Kích cỡ của tổ hợp trong ví dụ này có giá trị trung bình khoảng 11,2 micromet như được tổng hợp, và khoảng 11,6 micromet sau tôi. Sự phân bố kích cỡ của tổ hợp như được tổng hợp có phân vị 10 bằng khoảng 27 micromet, và phân vị 90 bằng khoảng 18,3

micromet. Sự phân bố kích cỡ của tổ hợp được tôi có phân vị 10 bằng khoảng 4,2 micromet, và phân vị 90 bằng khoảng 25,5 micromet.

Độ dẫn điện của tổ hợp được đo sau khi được nén thành viên. Vật liệu như được tổng hợp có độ dẫn là 800 S/m khi được nén bằng cách sử dụng áp suất 13,79 MPa (2000 psi), và độ dẫn là 1200 S/m khi được nén bằng cách sử dụng áp suất 82,74 MPa (12000 psi). Vật liệu được tôi có độ dẫn là 1600 S/m khi được nén bằng cách sử dụng áp suất 13,79 MPa (2000 psi), và độ dẫn là 3600 S/m khi được nén bằng cách sử dụng áp suất 82,74 MPa (12000 psi).

Fig.4B và Fig.4C thể hiện hình ảnh SEM, và Fig.4D và Fig.4E thể hiện hình ảnh TEM của tổ hợp cacbon như được tổng hợp của ví dụ này thể hiện thể thù hình graphit và graphen. Graphen phân lớp được thể hiện một cách rõ ràng trong sự biến dạng (nếp gấp) của cacbon. Còn có thể quan sát được cấu trúc 3D của thể thù hình cacbon.

Diện tích bề mặt của tổ hợp trong ví dụ này được đo bằng cách sử dụng phương pháp BET nitơ và phương pháp DFT. Diện tích bề mặt của tổ hợp như được xác định bằng phương pháp BET là khoảng 85,9 m²/g. Diện tích bề mặt của tổ hợp như được xác định bằng phương pháp DFT là khoảng 93,5 m²/g.

Trái với vật liệu cacbon được tạo ra theo cách truyền thống, thiết bị phản ứng plasma vi sóng tạo ra hạt cacbon và tổ hợp trong ví dụ này chứa graphit và graphen và không có hạt mầm, và có độ tinh khiết cao, ký hiệu Raman cho thấy mức trật tự cao, độ dẫn điện cao, và diện tích bề mặt lớn.

Ví dụ 2: Hạt graphit, graphen và fuleren khối cầu đa vách được tạo ra bằng cách sử dụng thiết bị phản ứng plasma vi sóng

Trong ví dụ thứ hai này, hạt cacbon và tổ hợp chứa graphit, graphen, MWSF, và MWSF được kết nối được tạo ra bằng cách sử dụng hệ thống thiết bị phản ứng plasma vi sóng được mô tả trong Ví dụ 1, có dây tóc mà bao gồm dây điện trở tantan/vonfram. Nguyên liệu tiền chất là metan, và tùy ý cùng với khí cấp (ví dụ, argon). Tốc độ dòng của metan là từ 1 đến 100 l/phút, và tốc độ dòng của khí cấp nằm trong khoảng từ 0 đến 100 l/phút. Với tốc độ dòng này và hình dáng thiết bị, thời gian lưu của khí trong buồng phản ứng là từ khoảng 0,001 giây đến khoảng 2,0 giây, và tốc tạo ra hạt cacbon là từ khoảng 0,1 g/giờ đến khoảng 15 g/giờ. Sau khi tổ hợp được tổng hợp và được thu gom, chúng được

xử lý sau bằng cách tôi ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1000 đến 2200°C trong khí quyển trơ với khoảng thời gian là khoảng 60 đến khoảng 600 phút.

Hạt được tạo ra trong ví dụ này chứa graphit, graphen, MWSF và không có hạt mầm. Hạt trong ví dụ này có tỷ lệ của cacbon so với các nguyên tố khác (không phải hydro) là khoảng 99,5% hoặc lớn hơn.

Các hình vẽ từ Fig.5A đến Fig.5D thể hiện quang phổ Raman của hạt cacbon như được tổng hợp của ví dụ này, được thực hiện bằng cách sử dụng ánh sáng tới 532 nm. Fig.5A và Fig.5C là hình ảnh kính hiển vi nhìn từ trên xuống của cùng một vùng của mẫu. Hình tròn trên Fig.5A là vùng trong đó quang phổ Raman thể hiện MWSF và vật liệu MWSF được kết nối có mặt. Fig.5B là ví dụ về quang phổ Raman từ một trong số các vùng được khoanh tròn trên Fig.5A. Quang phổ Raman trên Fig.5B có đỉnh chế độ G 510 là ở khoảng 1580 cm^{-1} , và đỉnh chế độ D 520 là ở khoảng 1350 cm^{-1} , và tỷ lệ cường độ D/G là khoảng 0,9. Hình tròn trên Fig.5C là vùng trong đó quang phổ Raman thể hiện vật liệu graphit và graphen có mặt. Fig.5D là ví dụ về quang phổ Raman từ một trong số các vùng được khoanh tròn trên Fig.5C. Quang phổ Raman trên Fig.5D có đỉnh chế độ 2D 530 là ở khoảng 2690 cm^{-1} , đỉnh chế độ G 540 là ở khoảng 1580 cm^{-1} , và đỉnh chế độ D 550 là ở khoảng 1350 cm^{-1} , và tỷ lệ cường độ 2D/G khoảng 0,6.

Kích cỡ của tổ hợp trong ví dụ này có giá trị trung bình nằm trong khoảng từ 10,2 micromet đến 19,0 micromet như được tổng hợp, và kích cỡ duy trì hầu như không thay đổi sau khi tôi. Sự phân bố cỡ hạt của tổ hợp như được tổng hợp có phân vị 10 bằng từ khoảng 1,8 micromet đến khoảng 6,5 micromet, và phân vị 90 bằng từ khoảng 18,0 micromet đến khoảng 37,3 micromet. Sự phân bố cỡ hạt của tổ hợp được tôi duy trì hầu như không thay đổi sau khi tôi.

Độ dẫn điện của tổ hợp được đo sau khi được nén thành viên. Vật liệu như được tổng hợp có độ dẫn là 2100 S/m khi được nén bằng cách sử dụng áp suất 13,79 MPa (2000 psi), và độ dẫn là 4300 S/m khi được nén bằng cách sử dụng áp suất 82,74 MPa (12000 psi). Vật liệu được tôi có độ dẫn là 2300 S/m khi được nén bằng cách sử dụng áp suất 13,79 MPa (2000 psi), và độ dẫn là 4100 S/m khi được nén bằng cách sử dụng áp suất 82,74 MPa (12000 psi).

Các hình vẽ từ Fig.5E đến Fig.5J thể hiện hình ảnh TEM của tổ hợp cacbon như được tổng hợp của ví dụ này thể hiện thể thù hình graphit, graphen và MWSF. Hình ảnh

trên các hình vẽ từ Fig.5E đến Fig.5G chủ yếu thể hiện vật liệu graphit và graphen, và hình ảnh trên các hình vẽ từ Fig.5H đến Fig.5J thể hiện MWSF có trong vật liệu. Các hình này thể hiện hạt nano cacbon chứa MWSF, và MWSF được kết nối, với lớp graphen mà bao và kết nối MWSF.

Diện tích bề mặt của tổ hợp trong ví dụ này được đo bằng cách sử dụng phương pháp BET nitơ và phương pháp DFT. Diện tích bề mặt của tổ hợp như được xác định bằng phương pháp BET là từ khoảng 69,8 m²/g đến khoảng 106,7 m²/g. Diện tích bề mặt của tổ hợp như được xác định bằng phương pháp DFT là từ khoảng 67,35 m²/g đến khoảng 106,4 m²/g.

Trái với vật liệu cacbon được tạo ra theo cách truyền thống, thiết bị phản ứng plasma vi sóng tạo ra hạt cacbon và tổ hợp trong ví dụ này chứa graphit, graphen, MWSF và không có hạt mầm, và có độ tinh khiết cao, ký hiệu Raman cho thấy mức trật tự cao, độ dẫn điện cao, và diện tích bề mặt lớn.

Ví dụ 3: Hạt graphit, graphen và cacbon vô định hình được tạo ra bằng cách sử dụng thiết bị phản ứng plasma vi sóng

Trong ví dụ thứ ba này, hạt cacbon và tổ hợp chứa graphit, graphen và cacbon vô định hình được tạo ra bằng cách sử dụng hệ thống thiết bị phản ứng plasma vi sóng như được mô tả trong Ví dụ 1. Nguyên liệu tiền chất chứa metan, hoặc rượu isopropyllic (IPA), hoặc etanol, hoặc hydrocacbon ngưng tụ (ví dụ, hexan). Tiền chất chứa cacbon tùy ý cùng với khí cấp (ví dụ, argon). Khi khí metan được sử dụng, tốc độ dòng của metan nằm trong khoảng từ 1 đến 20 l/phút, và tốc độ dòng của khí cấp nằm trong khoảng từ 0 đến 70 l/phút. Khi nguyên liệu tiền chất là hỗn hợp lỏng của IPA và etanol, tốc độ dòng của hỗn hợp lỏng nằm trong khoảng từ 0,1 đến 100 ml/phút. Trong một số trường hợp khác, hydrocacbon ngưng tụ được sử dụng và tốc độ dòng của hydrocacbon là khoảng 3 l/phút. Với tốc độ dòng và hình dáng thiết bị này, thời gian lưu của khí trong buồng phản ứng là từ khoảng 0,001 giây đến khoảng 2,0 giây, và tốc độ tạo ra hạt cacbon là từ khoảng 0,1 g/giờ đến khoảng 15 g/giờ. Sau khi tổ hợp được tổng hợp và được thu gom, chúng được xử lý sau bằng cách tôi ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1000 đến 2200°C trong khí quyển trơ trong thời gian khoảng 60 đến khoảng 600 phút.

Hạt được tạo ra trong ví dụ này chứa graphit, graphen, cacbon vô định hình và không có hạt mầm. Hạt trong ví dụ này có tỷ lệ của cacbon so với các nguyên tố khác (không phải hydro) là khoảng 99,5% hoặc lớn hơn.

Fig.6A và Fig.6B thể hiện quang phổ Raman của hạt cacbon như được tổng hợp của ví dụ này, được thực hiện bằng cách sử dụng ánh sáng tới 532 nm. Fig.6A thể hiện quang phổ Raman thể hiện thể thù hình cacbon vô định hình có trong vật liệu. Quang phổ trên Fig.6A có đỉnh chế độ 2D 610 là ở khoảng 2690 cm^{-1} , đỉnh chế độ G 620 là ở khoảng 1580 cm^{-1} , và đỉnh chế độ D 630 là ở khoảng 1350 cm^{-1} , tỷ lệ cường độ D/G là khoảng 0,9, có đỉnh chế độ 2D cường độ thấp, và đỉnh chế độ D và đỉnh chế độ G có độ uốn nông giữa chúng. Fig.6B thể hiện quang phổ Raman thể hiện thể thù hình graphit và graphen có trong vật liệu. Quang phổ Raman trên Fig.6B có đỉnh chế độ 2D là ở khoảng 2690 cm^{-1} , đỉnh chế độ G là ở khoảng 1580 cm^{-1} , và đỉnh chế độ D là ở khoảng 1350 cm^{-1} , và tỷ lệ cường độ 2D/G khoảng 0,6.

Kích cỡ của tổ hợp trong ví dụ này có giá trị trung bình khoảng 12,5 micromet đến 18,7 micromet như được tổng hợp. Sự phân bố cỡ hạt của tổ hợp như được tổng hợp có phân vị 10 bằng từ khoảng 2,4 micromet đến khoảng 5,0 micromet, và phân vị 90 bằng từ khoảng 19,5 micromet đến khoảng 30,4 micromet.

Độ dẫn điện của tổ hợp được đo sau khi được nén thành viên. Vật liệu như được tổng hợp có độ dẫn là khoảng 1300 S/m khi được nén bằng cách sử dụng áp suất 13,79 MPa (2000 psi), và độ dẫn là khoảng 2200 S/m khi được nén bằng cách sử dụng áp suất 82,74 MPa (12000 psi).

Các hình vẽ từ Fig.6C đến Fig.6E thể hiện hình ảnh TEM của hạt nano cacbon như được tổng hợp của ví dụ này thể hiện thể thù hình graphit, graphen và vô định hình cacbon. Các lớp graphen và vật liệu cacbon khác có thể quan sát một cách dễ dàng trên các hình vẽ này.

Diện tích bề mặt của tổ hợp trong ví dụ này được đo bằng cách sử dụng phương pháp BET nitơ và phương pháp DFT. Diện tích bề mặt của tổ hợp như được xác định bằng phương pháp BET khoảng là $74,9\text{ m}^2/\text{g}$. Diện tích bề mặt của tổ hợp như được xác định bằng phương pháp DFT là khoảng $76,5\text{ m}^2/\text{g}$.

Trái với vật liệu cacbon được tạo ra theo cách truyền thống, thiết bị phản ứng plasma vi sóng tạo ra hạt cacbon và tổ hợp trong ví dụ này chứa thể thù hình graphit, graphen và

cacbon vô định hình và không có hạt mầm, và có độ tinh khiết cao, ký hiệu Raman cho thấy mức trật tự cao, độ dẫn điện cao, và diện tích bề mặt lớn.

Chi tiết về các phương án của sáng chế đã được mô tả, một hoặc nhiều ví dụ về các phương án này được minh họa trên các hình vẽ kèm theo. Mỗi ví dụ đã được mô tả bằng cách giải thích kỹ thuật theo sáng chế, tuy nhiên sáng chế không bị giới hạn ở kỹ thuật này. Thực tế, mặc dù phần mô tả trên đây đã mô tả chi tiết liên quan đến một số phương án cụ thể của sáng chế, tuy nhiên cần phải hiểu rằng người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này, trên cơ sở việc đọc hiểu phần mô tả trên đây, có thể dễ dàng thực hiện được các biến đổi, cải biến và tương đương đối với các phương án này. Ví dụ, các dấu hiệu được minh họa và mô tả dưới dạng một phần của một phương án có thể được sử dụng với phương án khác để tạo ra phương án khác nữa. Do đó, các biến đổi và thay đổi đối với sáng chế có thể được thực hiện bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này, mà không nằm ngoài phạm vi của sáng chế, mà như được mô tả một cách cụ thể hơn trong yêu cầu bảo hộ kèm theo. Ngoài ra, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này sẽ hiểu được rằng phần mô tả trên đây chỉ với mục đích minh họa cho sáng chế, mà không làm giới hạn sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Vật liệu cacbon chứa:

các tổ hợp cacbon, mỗi tổ hợp cacbon chứa các hạt nano cacbon, mỗi hạt nano cacbon chứa graphen, mà không có hạt mầm;

trong đó:

graphen trong các hạt nano cacbon chứa lên đến 15 lớp;

kích cỡ trung bình của tổ hợp cacbon chứa các hạt nano cacbon nằm trong khoảng từ 1 micromet đến 50 micromet;

diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon nằm trong khoảng từ $50 \text{ m}^2/\text{g}$ đến $300 \text{ m}^2/\text{g}$, khi được đo bằng phương pháp Brunauer–Emmett–Teller (BET) với nitơ làm chất bị hấp phụ; và

tổ hợp cacbon, khi được nén, có độ dẫn điện nằm trong khoảng từ 500 S/m tới 20.000 S/m .

2. Vật liệu cacbon theo điểm 1, trong đó vật liệu này còn chứa một hoặc nhiều thể thù hình cacbon khác ngoài graphen, trong đó tỷ lệ phần trăm của graphen so với thể thù hình cacbon khác là lớn hơn 90%.

3. Vật liệu cacbon theo điểm 1, trong đó quang phổ Raman của vật liệu cacbon, bằng cách sử dụng ánh sáng tới 532 nm , bao gồm: đỉnh chế độ 2D; đỉnh chế độ G; và tỷ lệ cường độ 2D/G là lớn hơn 0,5.

4. Vật liệu cacbon theo điểm 1, trong đó vật liệu này còn chứa cacbon vô định hình, trong đó:

tỷ lệ phần trăm của cacbon vô định hình so với graphen nhỏ hơn 5%; và

quang phổ Raman của vật liệu cacbon chứa cacbon vô định hình, bằng cách sử dụng ánh sáng tới 532 nm , bao gồm: đỉnh chế độ 2D; đỉnh chế độ D; đỉnh chế độ G; tỷ lệ cường độ D/G là lớn hơn 0,5; đỉnh chế độ 2D cường độ thấp; và độ uốn nông giữa đỉnh chế độ D và đỉnh chế độ G.

5. Vật liệu cacbon theo điểm 1, trong đó tổ hợp cacbon được xử lý sau bằng cách sử dụng phương pháp được chọn từ nhóm bao gồm nghiền nhỏ, nghiền, tách lớp, tôi, thiêu kết, hóa hơi, lọc, làm khô lạnh, thêm phụ gia, và bổ sung nguyên tố.

6. Vật liệu cacbon theo điểm 5, trong đó diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon được xử lý sau nằm trong khoảng từ $50 \text{ m}^2/\text{g}$ đến $1000 \text{ m}^2/\text{g}$, khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp BET với nitơ làm chất bị hấp phụ.

7. Vật liệu cacbon theo điểm 1, trong đó graphen có cấu trúc 3D.

8. Mục dẫn điện chứa vật liệu cacbon theo điểm 1 và chất lỏng.

9. Phụ gia lớp xe chứa vật liệu cacbon theo điểm 1.

10. Điện cực ắc quy chứa vật liệu cacbon theo điểm 1.

11. Vật liệu cacbon chứa:

các tổ hợp cacbon, mỗi tổ hợp cacbon chứa các hạt nano cacbon, mỗi hạt nano cacbon chứa graphen và fuleren khối cầu đa vách, mà không có hạt mầm;

trong đó:

graphen trong các tổ hợp cacbon chứa lên đến 15 lớp;

quang phổ Raman của vật liệu cacbon chứa fuleren khối cầu đa vách, bằng cách sử dụng ánh sáng tới 532 nm, bao gồm: đỉnh chế độ D; đỉnh chế độ G; và tỷ lệ cường độ D/G nhỏ hơn 1,2;

kích cỡ trung bình của tổ hợp cacbon chứa các hạt nano cacbon nằm trong khoảng từ 1 micromet đến 100 micromet;

diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon ít nhất là từ $10 \text{ m}^2/\text{g}$ đến $300 \text{ m}^2/\text{g}$, khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp Brunauer–Emmett–Teller (BET) với nitơ làm chất bị hấp phụ; và

tổ hợp cacbon, khi được nén, có độ dẫn điện ít nhất là từ 500 S/m đến 20.000 S/m.

12. Vật liệu cacbon theo điểm 11, trong đó tỷ lệ cường độ D/G nằm trong khoảng từ 0,9 đến 1,1.

13. Vật liệu cacbon theo điểm 11, trong đó tỷ lệ phần trăm của fuleren khối cầu đa vách so với graphen nằm trong khoảng từ 20% đến 80%.

14. Vật liệu cacbon theo điểm 11, trong đó fuleren khối cầu đa vách chứa fuleren khối cầu đa vách được kết nối, trong đó ít nhất là một số fuleren khối cầu đa vách được bao bằng các lớp graphen.

15. Vật liệu cacbon theo điểm 11, trong đó tổ hợp cacbon được xử lý sau bằng cách sử dụng phương pháp được chọn từ nhóm bao gồm nghiền nhỏ, nghiền, tách lớp, tôi, thiêu kết, hóa hơi, lọc, làm khô lạnh, thêm phụ gia, và bổ sung nguyên tố.

16. Vật liệu cacbon theo điểm 15, trong đó diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon được xử lý sau nằm trong khoảng từ $50 \text{ m}^2/\text{g}$ đến $500 \text{ m}^2/\text{g}$, khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp BET với nitơ làm chất bị hấp phụ.

17. Vật liệu cacbon theo điểm 11, trong đó graphen có cấu trúc 3D.

18. Vật liệu cacbon chứa:

các tổ hợp cacbon, mỗi tổ hợp cacbon chứa các hạt nano cacbon, mỗi hạt nano cacbon chứa hỗn hợp gồm graphen và ít nhất một thể thù hình cacbon khác, mà không có hạt mầm;

trong đó:

graphen trong các tổ hợp cacbon chứa lên đến 15 lớp;

kích cỡ trung bình của tổ hợp cacbon chứa các hạt nano cacbon nằm trong khoảng từ 1 micromet đến 100 micromet;

diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon nằm trong khoảng từ $10 \text{ m}^2/\text{g}$ đến $300 \text{ m}^2/\text{g}$, khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp Brunauer–Emmett–Teller (BET) với nitơ làm chất bị hấp phụ; và

tổ hợp cacbon, khi được nén, có độ dẫn điện ít nhất là từ 100 S/m đến 20.000 S/m .

19. Vật liệu cacbon theo điểm 18, trong đó tỷ lệ phần trăm của graphen so với ít nhất một thể thù hình cacbon khác nằm trong khoảng từ 5% đến 95%.

20. Vật liệu cacbon theo điểm 18, trong đó quang phổ Raman của vật liệu cacbon chứa graphen, bằng cách sử dụng ánh sáng tới 532 nm, bao gồm: đỉnh chế độ 2D; đỉnh chế độ G; và tỷ lệ cường độ 2D/G là lớn hơn 0,5.

21. Vật liệu cacbon theo điểm 18, trong đó ít nhất một thể thù hình cacbon khác chứa fuleren khối cầu đa vách.

22. Vật liệu cacbon theo điểm 21, trong đó tỷ lệ phần trăm của graphen so với fuleren khối cầu đa vách nằm trong khoảng từ 20% đến 80%.

23. Vật liệu cacbon theo điểm 21, trong đó fuleren khối cầu đa vách chứa fuleren khối cầu đa vách được kết nối, trong đó ít nhất là một số fuleren khối cầu đa vách được bao bằng các lớp graphen.

24. Vật liệu cacbon theo điểm 18, trong đó ít nhất một thể thù hình cacbon khác chứa cacbon vô định hình.

25. Vật liệu cacbon theo điểm 24, trong đó tỷ lệ phần trăm của graphen so với cacbon vô định hình là lớn hơn 95%.
26. Vật liệu cacbon theo điểm 18, trong đó ít nhất một thể thù hình cacbon khác chứa chủ yếu sự lai hóa sp^3 .
27. Vật liệu cacbon theo điểm 26, trong đó tỷ lệ phần trăm của graphen so với ít nhất một thể thù hình cacbon khác nằm trong khoảng từ 5% đến 95%.
28. Vật liệu cacbon theo điểm 18, trong đó tổ hợp cacbon được xử lý sau bằng cách sử dụng phương pháp được chọn từ nhóm bao gồm nghiền nhỏ, nghiền, tách lớp, tôi, thiêu kết, hóa hơi, lọc, làm khô lạnh, thêm phụ gia, và bổ sung nguyên tố.
29. Vật liệu cacbon theo điểm 28, trong đó diện tích bề mặt của tổ hợp cacbon được xử lý sau nằm trong khoảng từ $50 \text{ m}^2/\text{g}$ đến $2000 \text{ m}^2/\text{g}$, khi được đo bằng cách sử dụng phương pháp BET với nitơ làm chất bị hấp phụ.
30. Vật liệu cacbon theo điểm 18, trong đó graphen có cấu trúc 3D.

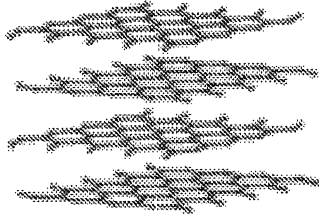


Fig. 1A (Giải pháp kỹ thuật đã biết)

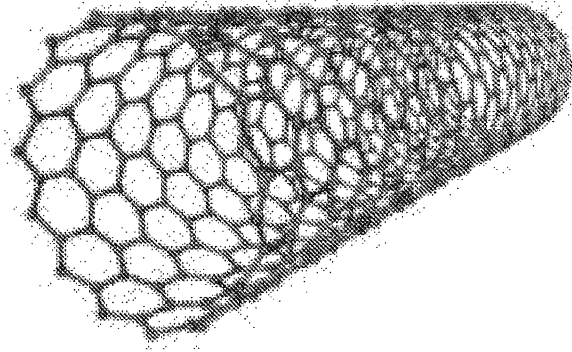


Fig. 1B (Giải pháp kỹ thuật đã biết)

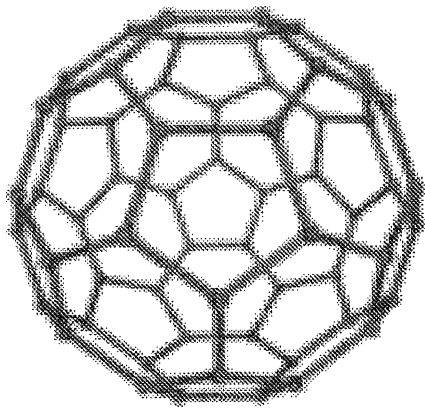


Fig. 1C (Giải pháp kỹ thuật đã biết)

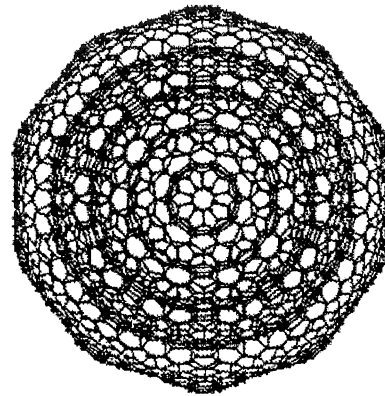


Fig. 1D (Giải pháp kỹ thuật đã biết)

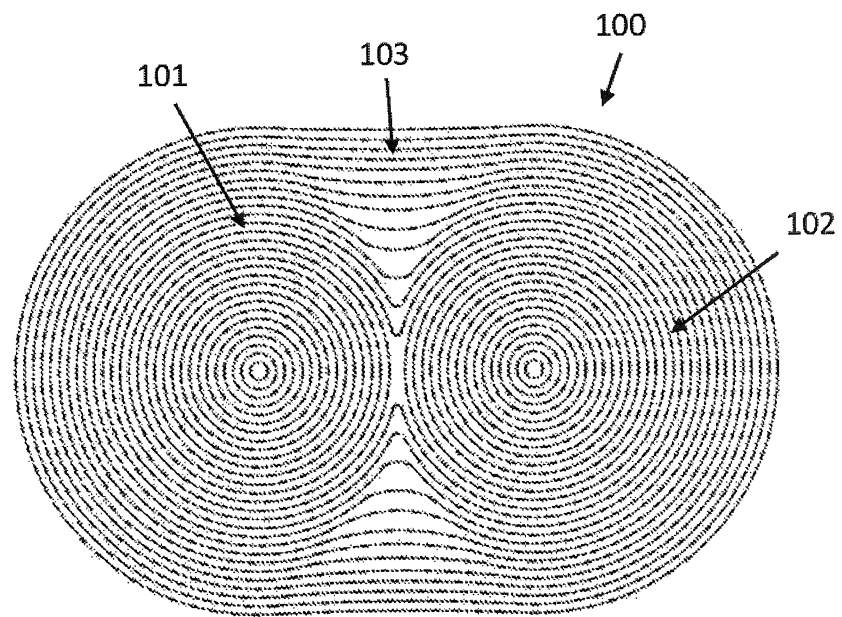


Fig. 1E

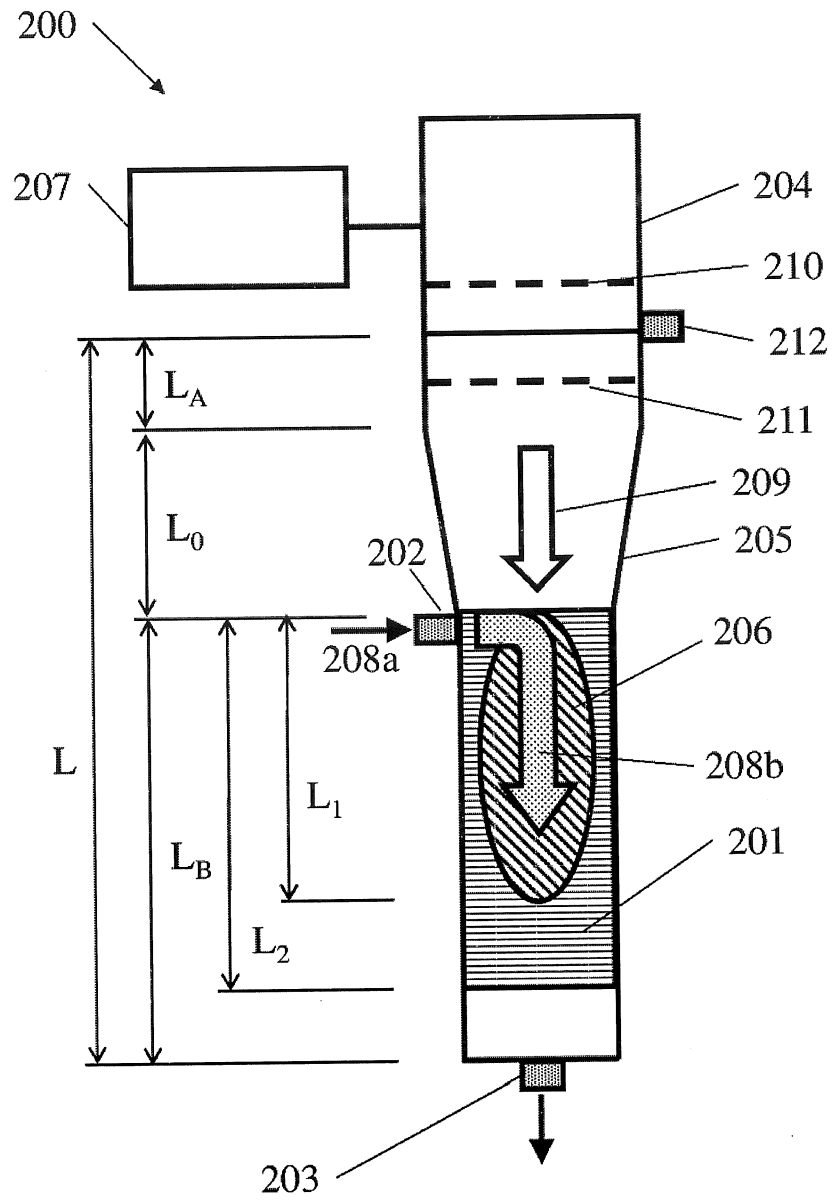


Fig. 2A

(Đơn đăng ký sáng chế tại Mỹ số 15/428,474)

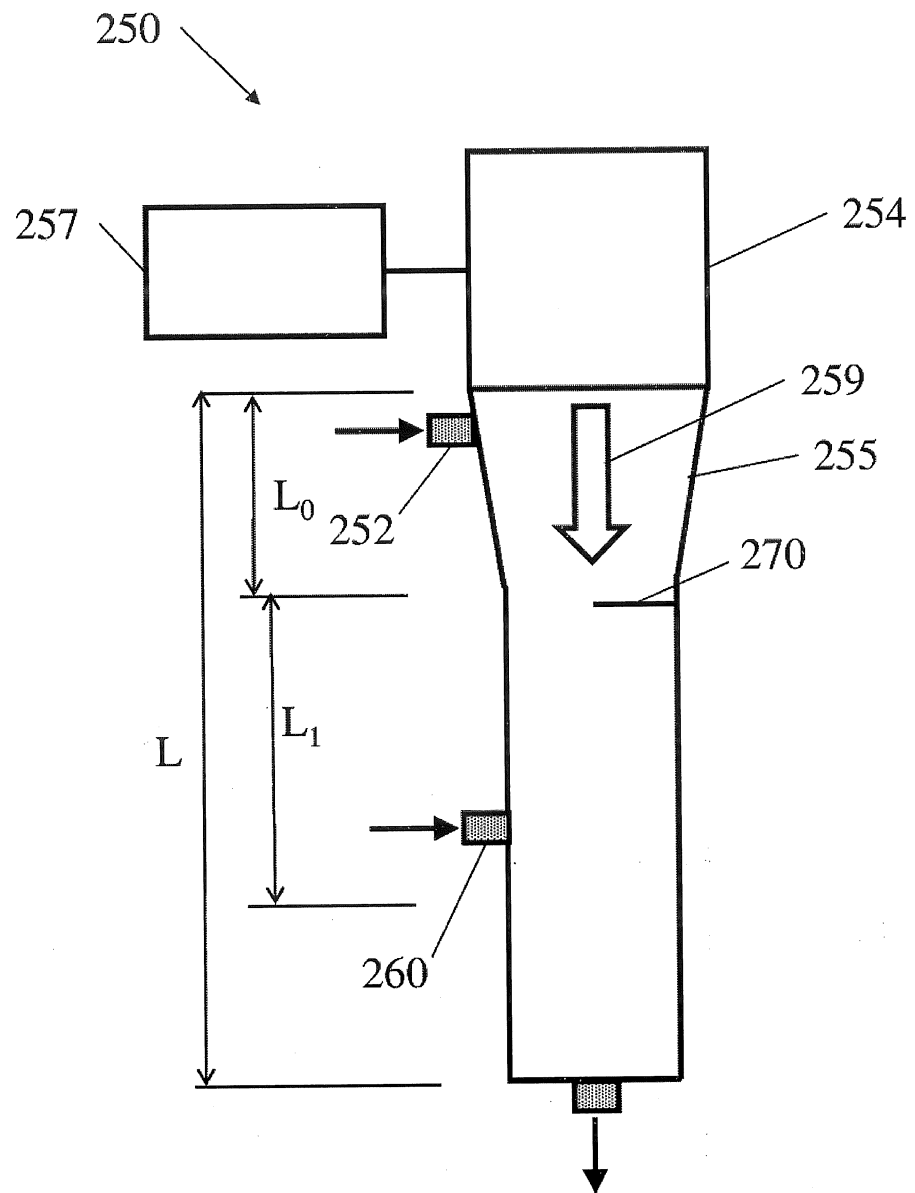


Fig. 2B

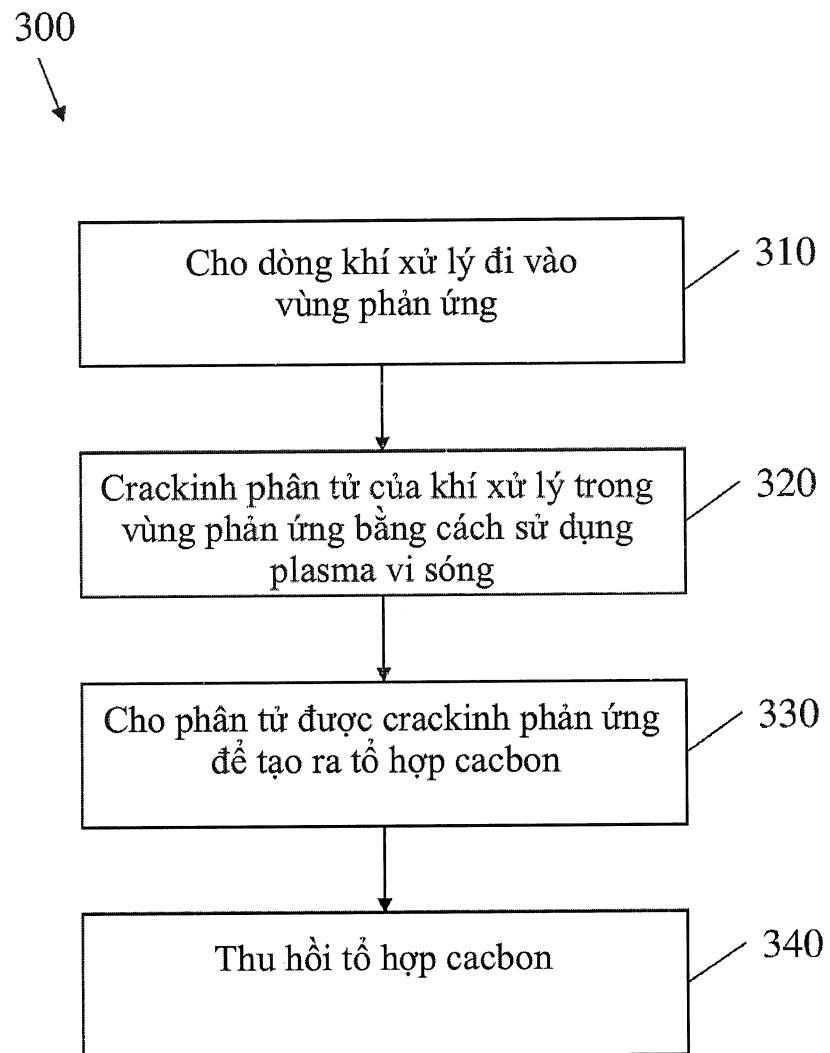


Fig. 3

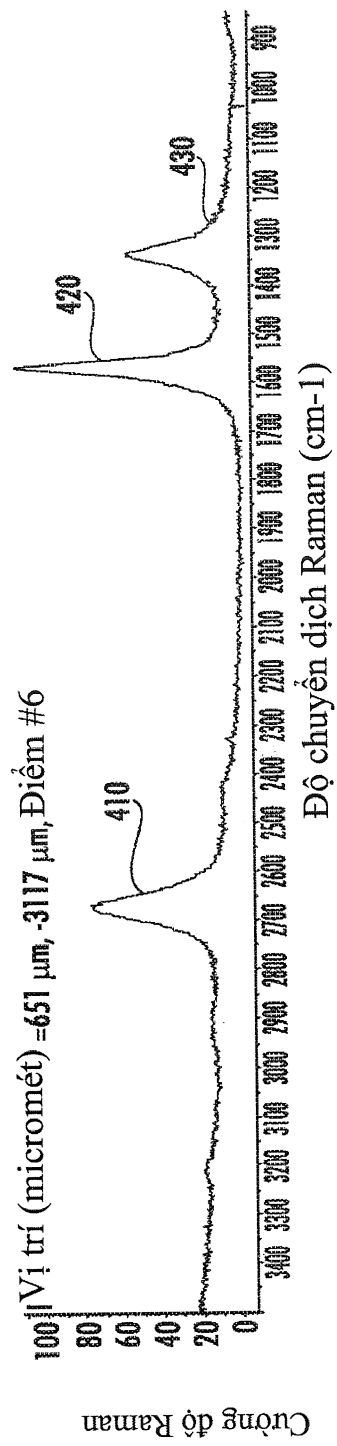


FIG. 4A

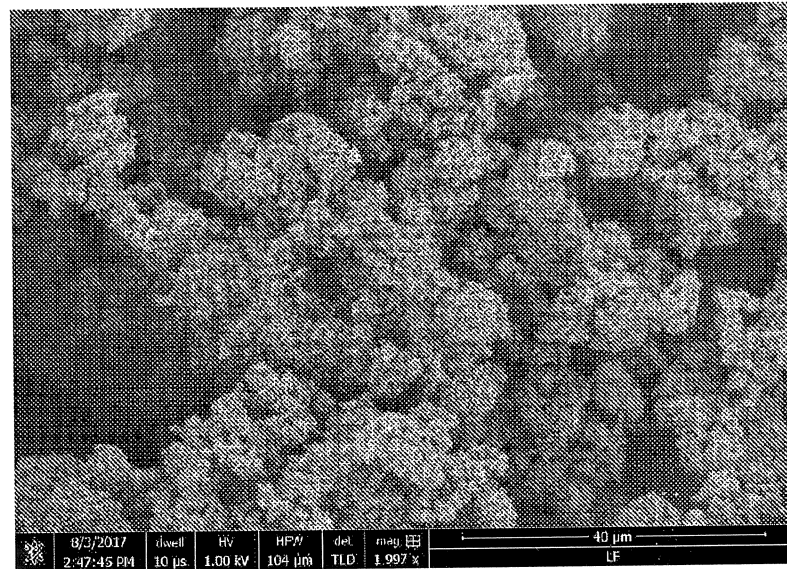


Fig. 4B

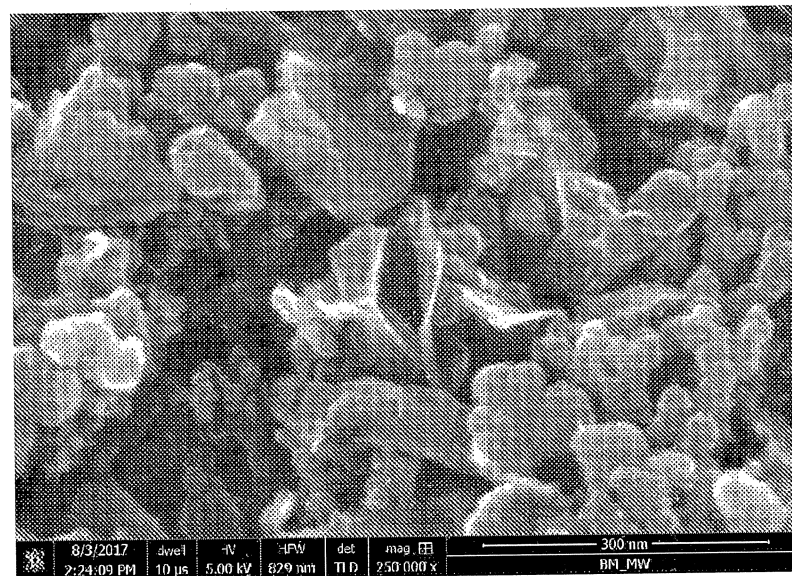


Fig. 4C

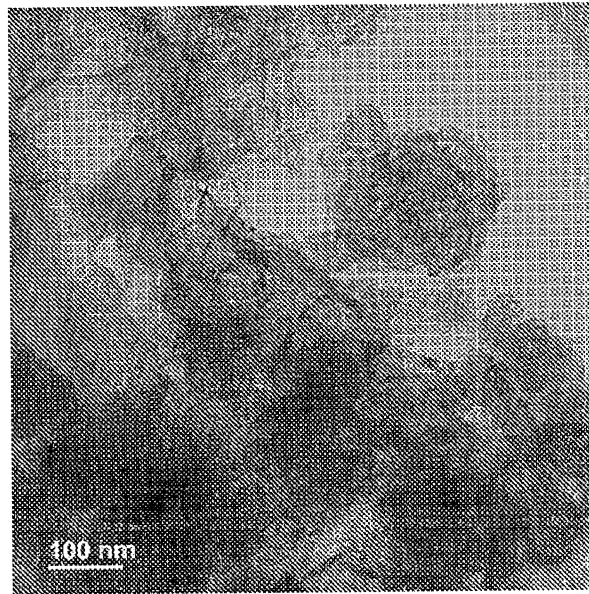


Fig. 4D

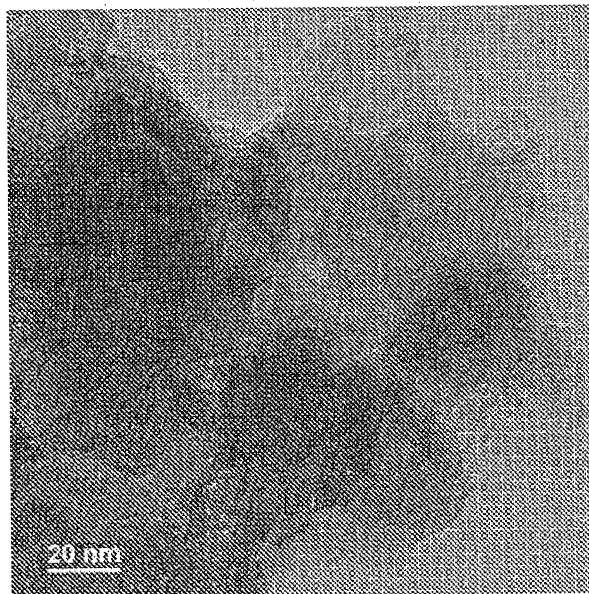


Fig. 4E

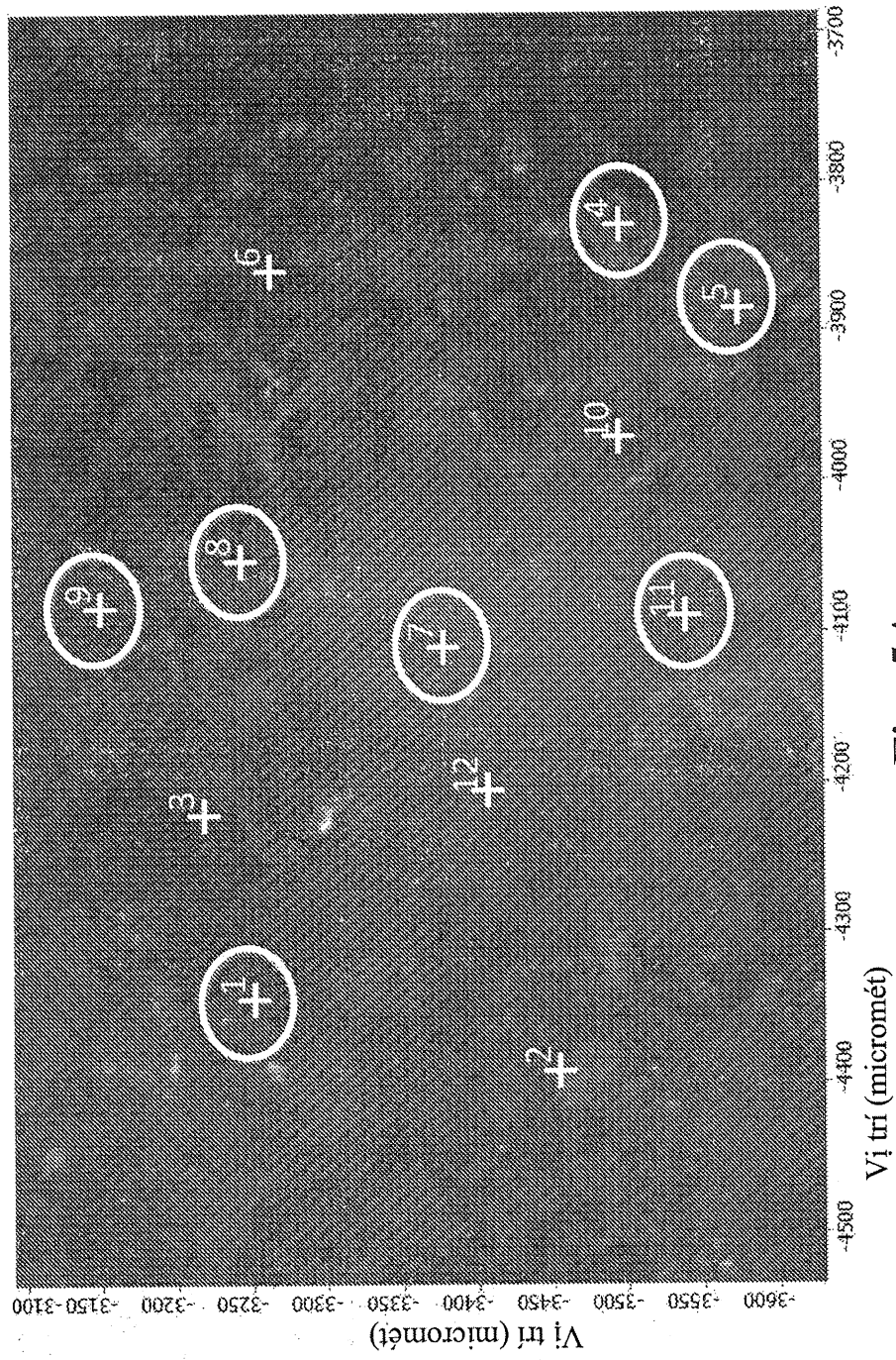


Fig. 5A

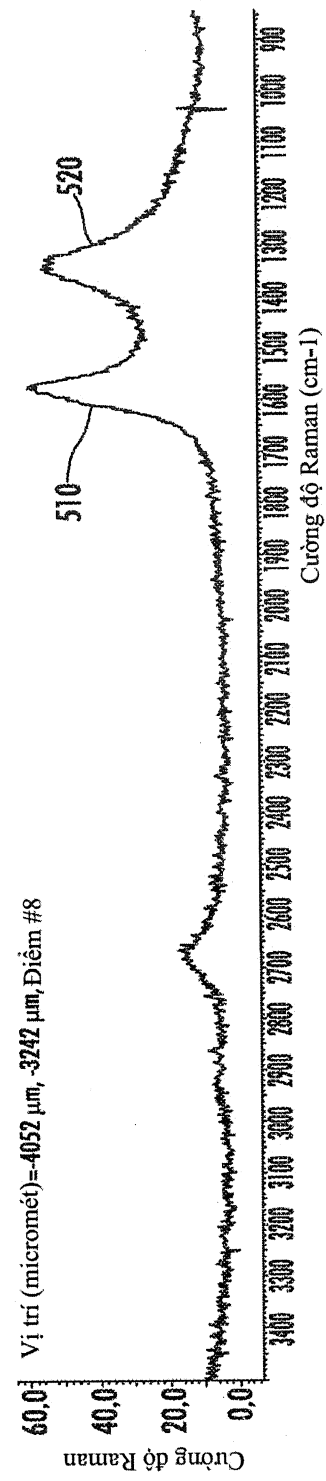


FIG. 5B

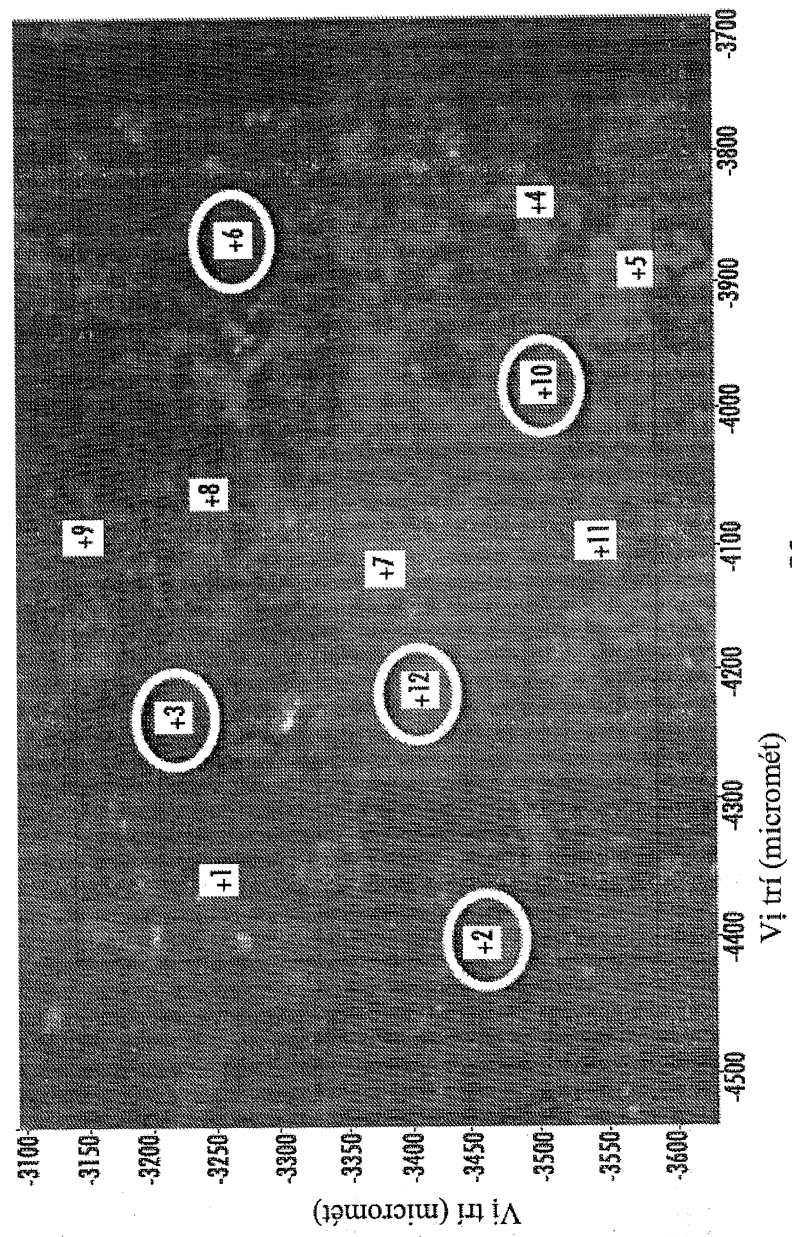


FIG. 5C

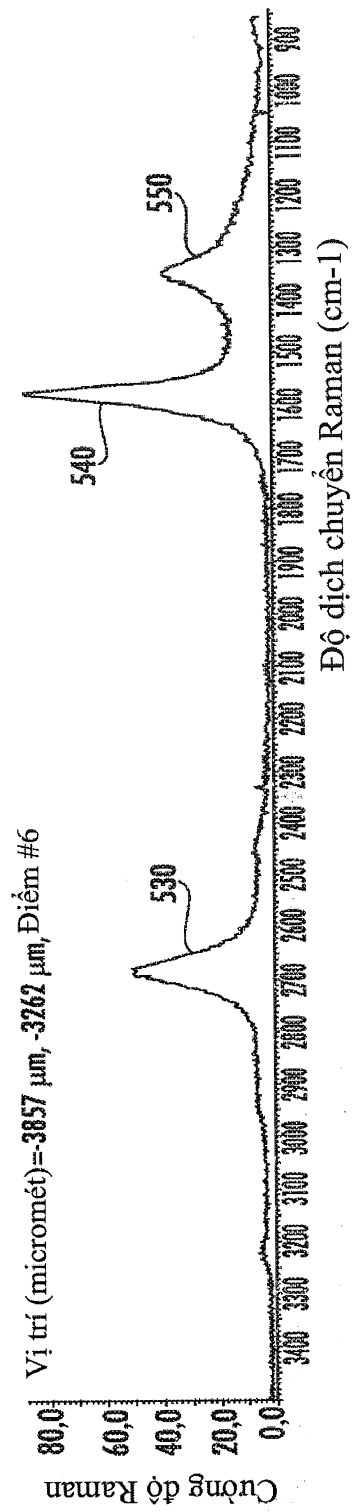


FIG. 5D

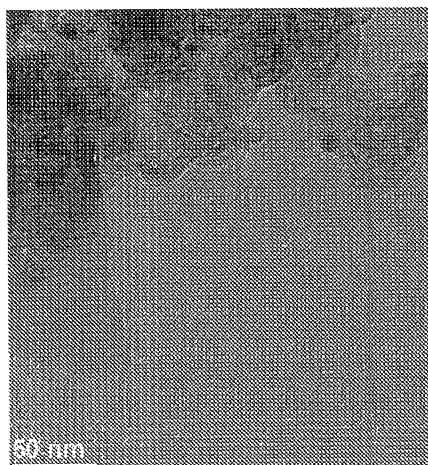


Fig. 5E

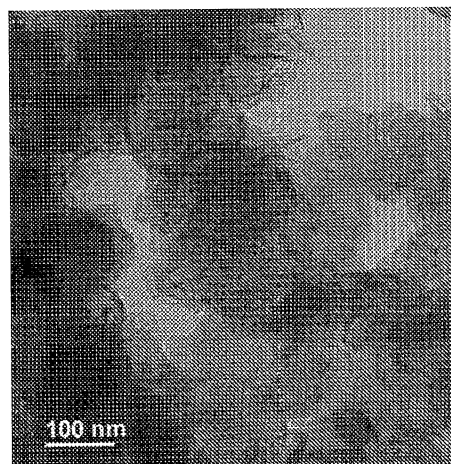


Fig. 5F

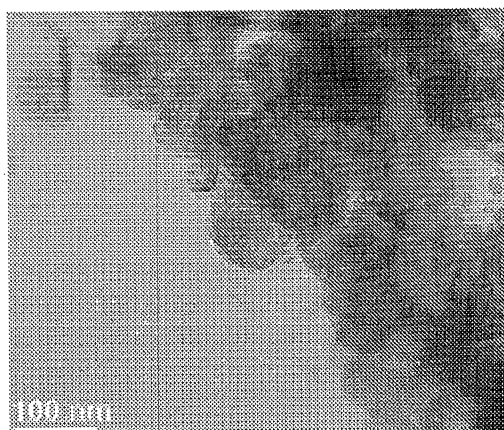


Fig. 5G

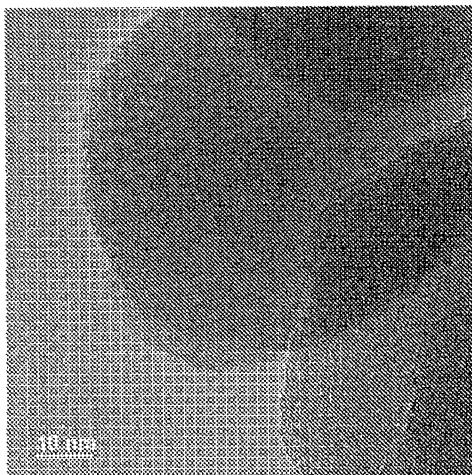


Fig. 5H

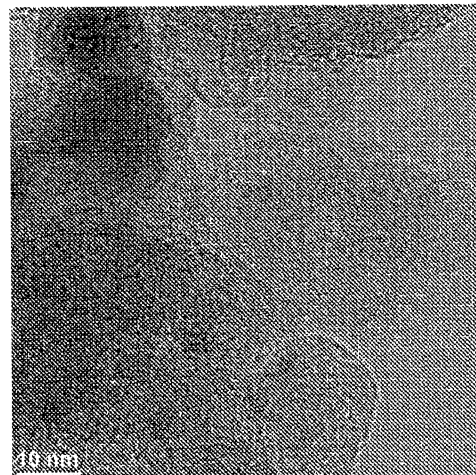


Fig. 5I

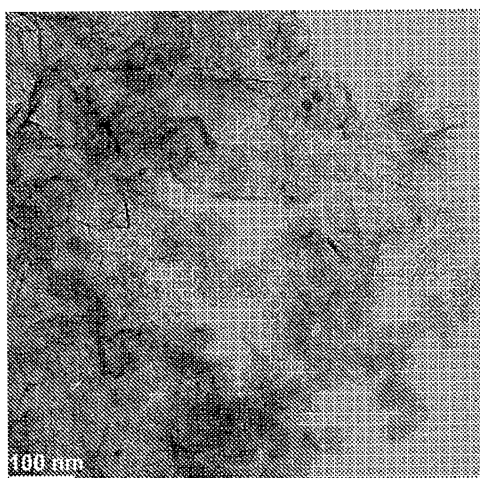


Fig. 5J

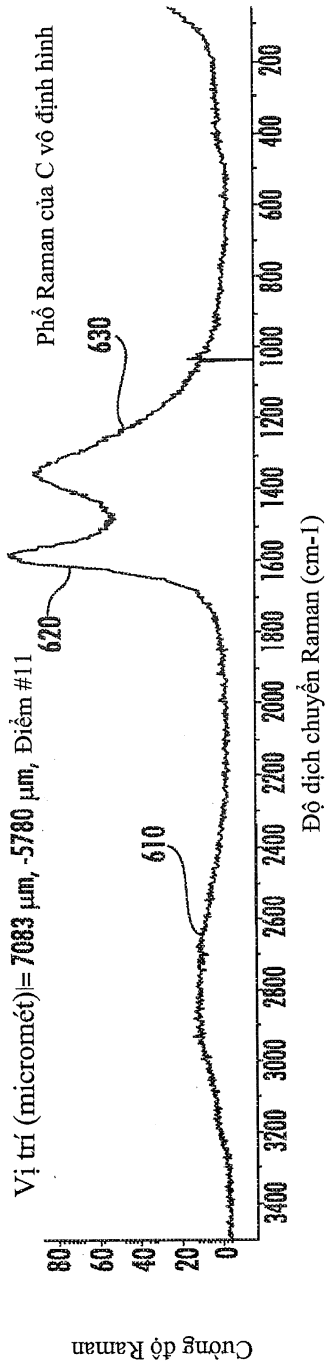


FIG. 6A

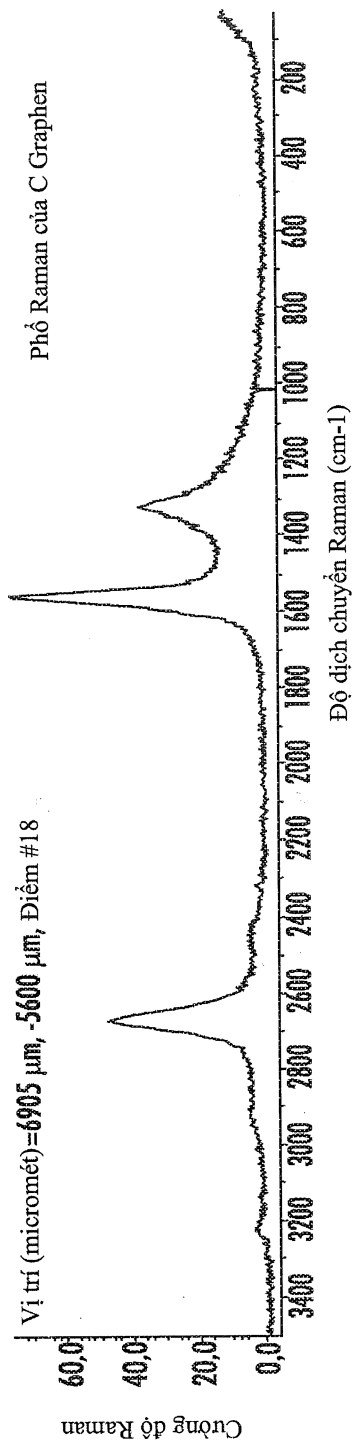


FIG. 6B

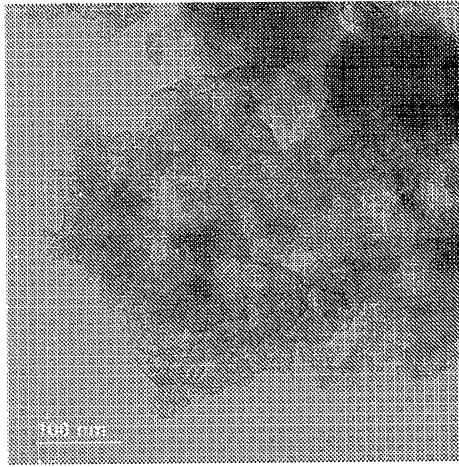


Fig. 6C

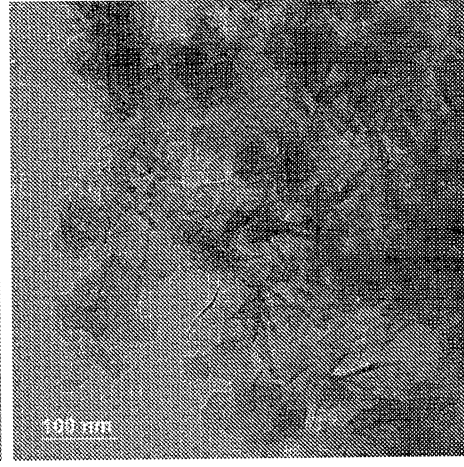


Fig. 6D

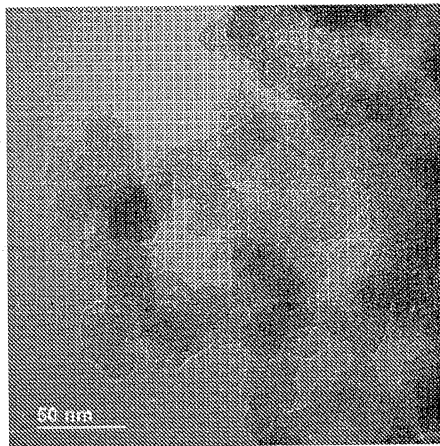


Fig. 6E