



(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)



1-0047306

(51)^{2020.01} C01B 32/164; C01B 32/158; B82Y
30/00; B82Y 40/00

(13) B

(21) 1-2020-01581

(22) 21/08/2018

(86) PCT/US2018/047283 21/08/2018

(87) WO 2019/040468 28/02/2019

(30) 62/548,942 22/08/2017 US; 62/548,952 22/08/2017 US; 62/548,945 22/08/2017 US

(45) 25/06/2025 447

(43) 25/06/2020 387A

(73) NThERMA CORPORATIONN (US)

46824 Lakeview Blvd., Fremont, CA 94358, United States of America

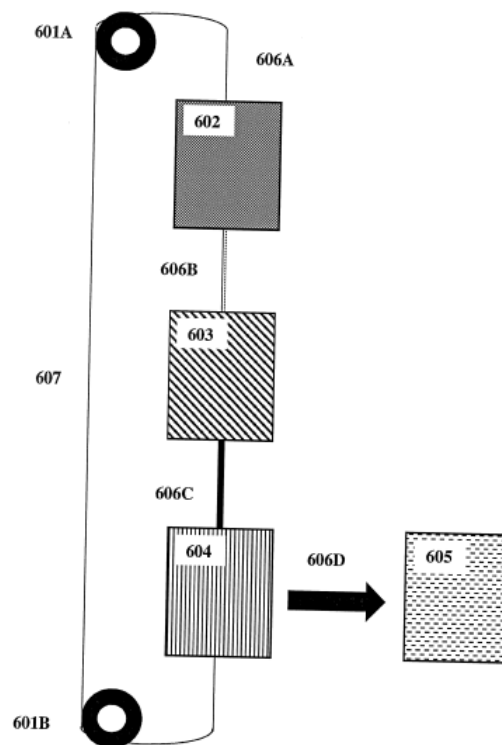
(72) Cattien V. NGUYEN (US).

(74) Công ty cổ phần tư vấn Trung Thực (TRUNG THUC.,JSC)

(54) PHƯƠNG PHÁP DÙNG ĐỂ TỔNG HỢP ỐNG NANO CACBON

(21) 1-2020-01581

(57) Sáng chế đề cập đến các phương pháp và các thiết bị để sản xuất ống nano cacbon (CNT) mà có mức độ đồng đều cao về cấu trúc và mức tạp chất thấp. Thiết bị này bao gồm, ví dụ, môđun để lắng đọng chất xúc tác lên nền, môđun để tạo CNT, môđun để tách CNT khỏi nền, môđun để gom CNT và môđun để dịch chuyển một cách lần lượt và liên tục nền qua các môđun nêu trên. Phương pháp bao gồm, ví dụ, các bước lắng đọng chất xúc tác lên nền đang di chuyển, bước tạo ra ống nano cacbon trên nền, bước tách ống nano cacbon khỏi nền và bước gom ống nano cacbon từ bề mặt, khi nền di chuyển liên tục qua bước lắng đọng, bước tạo, bước tách và bước gom.



Hình 6

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp và các thiết bị để sản xuất ống nano cacbon (ống nano cacbon - CNT) mà có mức độ đồng đều cao về cấu trúc và mức tạp chất thấp. Thiết bị này bao gồm, ví dụ, môđun để lắng đọng chất xúc tác lên nền, môđun để tạo CNT, môđun để tách CNT khỏi nền, môđun để gom CNT và môđun để dịch chuyển một cách lần lượt và liên tục nền qua các môđun nêu trên. Phương pháp bao gồm, ví dụ, các bước lắng đọng chất xúc tác lên nền đang di chuyển, bước tạo ra ống nano cacbon trên nền, bước tách ống nano cacbon khỏi nền và bước gom ống nano cacbon từ bề mặt, khi nền di chuyển liên tục qua bước lắng đọng, bước tạo, bước tách và bước gom.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Ống nano cacbon (ống nano cacbon - CNT) là một dạng thù hình của cacbon, có cấu trúc hình trụ và đường kính mà nằm trong khoảng từ nhỏ hơn 1nm đến 100nm. CNT có nhiều ứng dụng tiềm năng trong nhiều ngành công nghiệp khác nhau do nhiều tính chất đặc biệt gắn liền với kích cỡ ở mức nanomet. Ví dụ, các tính chất như độ dẫn nhiệt cao, dẫn điện, sức bền cơ học và tính dẻo cơ học, gắn liền với tỷ lệ co cao là nguyên nhân khiến gia tăng số lượng ứng dụng của CNT.

Các phương pháp sản xuất CNT hiện nay thường sản xuất CNT chứa tạp chất đáng kể, ví dụ như, các chất xúc tác kim loại và cacbon vô định hình. Thông thường, cần có các bước tinh chế sau quy trình tổng hợp CNT theo các phương pháp sản xuất thông thường, để tạo ra ống nano cacbon tương đối tinh khiết. Các bước tinh chế CNT đòi hỏi nhà máy hóa học lớn và đắt tiền mà sản xuất ra lượng lớn CNT có độ tinh khiết cao hơn 90% một cách rất tốn kém. Hơn thế nữa, các phương pháp sản xuất CNT hiện nay sản xuất ra CNT với mức độ đồng đều thấp về cấu trúc (tức là, CNT có chiều dài biến đổi).

Do đó, cần có các phương pháp và các thiết bị mới để tạo ra CNT chất lượng cao và không tồn kém với mức độ đồng đều cao về cấu trúc và mức tạp chất thấp.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế thỏa mãn các nhu cầu này và các nhu cầu khác, theo một phương án, bằng cách đề xuất phương pháp tổng hợp ống nano cacbon. Theo một số phương án, ống nano là ống nano cacbon đa vách. Theo các phương án khác, ống nano là ống nano cacbon đơn vách. Theo các phương án khác nữa, ống nano là hỗn hợp gồm ống nano cacbon đơn vách và ống nano cacbon đa vách. Các phương pháp bao gồm các bước lắng đọng chất xúc tác lên nền không ngừng di chuyển, bước tạo ra ống nano cacbon trên nền, bước tách ống nano cacbon khỏi nền và bước gom ống nano cacbon khi nền di chuyển liên tục qua bước lắng đọng, bước tạo, bước tách và bước gom.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất thiết bị để tổng hợp ống nano cacbon. Theo một số phương án, ống nano là ống nano cacbon đa vách. Theo các phương án khác, ống nano là ống nano cacbon đơn vách. Theo các phương án khác nữa, ống nano này là hỗn hợp gồm ống nano cacbon đơn vách và ống nano cacbon đa vách. Các thiết bị bao gồm môđun xúc tác lắng đọng chất xúc tác lên nền, môđun tổng hợp ống nano mà tạo ra ống nano cacbon trên nền, môđun tách mà lấy ống nano cacbon ra khỏi nền, môđun gom mà gom ống nano cacbon và môđun vận chuyển để di chuyển nền qua môđun xúc tác, môđun ống nano, môđun tách và môđun gom theo thứ tự lần lượt.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 minh họa sơ đồ làm ví dụ cho quy trình tổng hợp ống nano cacbon, mà bao gồm các bước lắng đọng chất xúc tác lên nền; bước tạo ra ống nano cacbon trên nền; bước tách ống nano cacbon ra khỏi nền; và bước gom ống nano cacbon có độ tinh khiết cao và tính đồng đều về cấu trúc

Hình 2 minh họa sơ đồ làm ví dụ cho quy trình tổng hợp ống nano cacbon, mà bao gồm các bước tạo ra ống nano cacbon trên nền; bước tách ống nano cacbon khỏi nền; và bước gom ống nano cacbon có độ tinh khiết cao và tính đồng đều về cấu trúc.

Hình 3 minh họa là sơ đồ minh họa quy trình tổng hợp liên tục ống nano cacbon, mà bao gồm các bước lắng đọng một cách liên tục chất xúc tác lên nền không ngừng di chuyển; bước tạo ra CNT trên nền đang di chuyển; bước tách CNT ra khỏi nền đang di chuyển; và bước gom ống nano cacbon có độ tinh khiết cao và tính đồng đều về cấu trúc.

Hình 4 minh họa là sơ đồ minh họa quy trình tổng hợp liên tục ống nano cacbon, mà bao gồm các bước tạo ra CNT trên nền đang di chuyển chứa nền kim loại; bước tách CNT ra khỏi nền đang di chuyển; và bước gom ống nano cacbon có độ tinh khiết cao và tính đồng đều về cấu trúc.

Hình 5 là sơ đồ minh họa dụng cụ để tổng hợp liên tục ống nano cacbon, mà bao gồm các môđun biến đổi được đặt lần lượt như môđun vận chuyển để dịch chuyển nền qua các môđun; môđun xúc tác; môđun tổng hợp ống nano; môđun tách; và môđun gom.

Hình 6 là sơ đồ minh họa dụng cụ có vòng nạp nền khép kín để tổng hợp liên tục ống nano cacbon mà bao gồm các môđun biến đổi được đặt lần lượt như môđun vận chuyển để dịch chuyển nền qua các môđun; môđun xúc tác; môđun tổng hợp ống nano; môđun tách; và môđun gom.

Hình 7 là sơ đồ minh họa môđun tách làm ví dụ.

Hình 8 là sơ đồ minh họa mặt nằm ngang của khoang thạch anh hình chữ nhật, mà bao gồm nhiều nền, mà có thể được dùng trong môđun tổng hợp ống nano.

Hình 9 minh họa hình phối cảnh của khoang thạch anh hình chữ nhật, mà bao gồm nhiều nền, mà có thể được dùng trong môđun tổng hợp ống nano.

Hình 10 minh họa kết quả TGA mà thể hiện độ tinh khiết cao hơn 99,4% đối với MWCNT tạo ra được theo các phương pháp và thiết bị được bộc lộ trong bản mô tả này.

Hình 11 minh họa phổ Raman mà cho thấy rằng MWCNT tạo ra được theo phương pháp và thiết bị được bộc lộ trong bản mô tả này có độ kết tinh cao khi được so sánh với các mẫu công nghiệp.

Mô tả chi tiết sáng chế

Định nghĩa

Trừ khi được chỉ rõ khác, tất cả các thuật ngữ kỹ thuật và khoa học được dùng trong bản mô tả này có nghĩa giống như thường được hiểu bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật của sáng chế. Nếu có nhiều định nghĩa cho một thuật ngữ trong bản mô tả này, thì các định nghĩa trong phần này chiếm ưu thế, trừ khi có quy định khác.

Thuật ngữ “ống nano cacbon” được dùng trong bản mô tả này để chỉ các dạng thù hình của cacbon với cấu trúc hình trụ. Ống nano cacbon có thể có lỗi như bao gồm cấu trúc vòng C5 và/hoặc C7, khiến ống nano cacbon không thẳng, có thể bao gồm cấu trúc ngoằn ngoèo và có thể chứa các vị trí bị lỗi phân bố một cách ngẫu nhiên trong bố trí liên kết C-C. Ống nano cacbon có thể bao gồm một hoặc nhiều lớp hình trụ đồng tâm. Thuật ngữ “ống nano cacbon” được dùng trong bản mô tả này bao gồm ống nano cacbon đơn vách, ống nano cacbon vách kép, ống nano cacbon đa vách riêng ở dạng tinh khiết hoặc ở dạng hỗn hợp của chúng. Theo một số phương án, ống nano cacbon là đa vách. Theo các phương án khác, ống nano cacbon là đơn vách. Theo các phương án khác nữa, ống nano cacbon là vách kép. Theo các phương án khác nữa, ống nano cacbon là hỗn hợp gồm ống nano đơn vách và đa vách. Theo các phương án khác nữa, ống nano cacbon là hỗn hợp gồm ống nano đơn vách và vách kép. Theo các phương án khác nữa, ống nano cacbon là hỗn hợp gồm ống nano vách kép và đa vách. Theo các phương án khác nữa, ống nano cacbon là hỗn hợp gồm ống nano đơn vách, vách kép và đa vách.

Thuật ngữ “ống nano cacbon đa vách” được dùng trong bản mô tả này để chỉ ống nano cacbon cấu thành bởi nhiều tấm lá graphit được lồng đồng tâm vào nhau với khoảng cách xen giữa các lớp giống như graphit.

Thuật ngữ “ống nano cacbon vách kép” được dùng trong bản mô tả này để chỉ ống nano cacbon với hai tấm lá graphit được lồng đồng tâm vào nhau.

Thuật ngữ “ống nano cacbon đơn vách” được dùng trong bản mô tả này để chỉ ống nano cacbon với một lớp lá graphit hình trụ.

Thuật ngữ “các ống nano cacbon xếp theo chiều thẳng đứng” được dùng trong bản mô tả này để chỉ chùm ống nano cacbon nằm trên nền, trong đó các cấu trúc ống nano cacbon được xếp thẳng về mặt vật lý vuông góc với nền.

Thuật ngữ “các chất xúc tác” hoặc “các chất xúc tác kim loại” được dùng trong bản mô tả này để chỉ kim loại hoặc tổ hợp kim loại như Fe, Ni, Co, Cu, Ag, Pt, Pd, Au, v.v. mà được dùng trong quá trình phân hủy các khí hydrocacbon và trợ giúp trong quá trình tạo ra ống nano cacbon theo quy trình lắng đọng hơi hóa học.

Thuật ngữ “lắng đọng hơi hóa học” được dùng trong bản mô tả này để chỉ quy trình lắng đọng hơi hóa học tăng cường nhờ plasma, lắng đọng hơi hóa học bởi nhiệt, CVD xúc tác còn, phương pháp bốc bay, CVD được hỗ trợ bởi gel khí và CVD được hỗ trợ bởi laze.

Thuật ngữ “lắng đọng hơi hóa học tăng cường nhờ plasma” được dùng trong bản mô tả này để chỉ việc sử dụng plasma (ví dụ, dẫn điện tỏa sáng) để biến đổi hỗn hợp khí hydrocacbon thành loại bị kích thích mà đặt ống nano cacbon trên bề mặt.

Thuật ngữ “lắng đọng hơi hóa học bởi nhiệt” được dùng trong bản mô tả này để chỉ việc phân hủy hơi hydrocacbon bởi nhiệt khi có chất xúc tác mà có thể được sử dụng để đặt ống nano cacbon trên bề mặt.

Thuật ngữ “lắng đọng hơi vật lý” được dùng trong bản mô tả này để chỉ phương pháp lắng đọng chân không được áp dụng để lắng đọng màng mỏng bằng cách ngưng tụ chất liệu màng mong muốn đã được hóa hơi lên chất liệu màng và bao gồm các kỹ thuật như lắng đọng hồ quang cực âm, lắng đọng chùm điện tử, lắng đọng hóa hơi, lắng đọng bằng xung laze và lắng đọng phún xạ.

Thuật ngữ “tạo ra ống nano cacbon” được dùng trong bản mô tả này để chỉ quy trình lắng đọng hơi bất kỳ, bao gồm các phương pháp lắng đọng hơi hóa học, plasma và vật lý được bộc lộ trong bản mô tả này, để tạo ra ống nano cacbon trên nền trong buồng phản ứng.

Ống nano cacbon là chất liệu tương đối mới với các tính chất vật lý đặc biệt, như khả năng tải dòng điện vượt trội, độ dẫn nhiệt cao, sức bền cơ học tốt, và diện tích

bề mặt rộng, mà là có lợi đối với một số ứng dụng. Ống nano cacbon có tính dẫn nhiệt đặc biệt với trị số cao đến 3000W/mK mà chỉ thấp hơn độ dẫn nhiệt của kim cương. Ống nano cacbon là bền về mặt cơ học, bền nhiệt trên 400°C trong điều kiện áp suất khí quyển và có tính đàn hồi cơ học thuận nghịch đặc biệt là khi được xếp thẳng theo chiều thẳng đứng. Do đó, ống nano cacbon có thể thích ứng về mặt cơ học với các hình thái học bề mặt khác nhau nhờ tính đàn hồi nội tại này. Ngoài ra, ống nano cacbon có hệ số giãn nở nhiệt thấp và duy trì tính đàn hồi trong các điều kiện hạn chế ở nhiệt độ cao.

Việc tạo ra ống nano cacbon một cách tiết kiệm, theo cách kiểm soát được và tích hợp và/hoặc bao gói thực tế và đơn giản là cần thiết để thực hiện nhiều công nghệ ống nano cacbon. Các thiết bị và các phương pháp mà tạo ra lượng lớn ống nano cacbon có độ tinh khiết đặc biệt và chiều dài đồng đều được bộc lộ trong bản mô tả này. CNT tổng hợp được theo sáng chế không đòi hỏi quy trình tinh chế tốn kém sau khi tổng hợp.

Một cách vắn tắt, dấu hiệu chung của phương pháp là như sau. Trước hết, chất xúc tác kim loại được phủ lên bề mặt và nền được đun nóng ở nhiệt độ cao. Tiếp đó, chất xúc tác được phủ tiếp lên bề mặt của nền ở nhiệt độ cao để tạo ra phần tử kích cỡ nano của chất xúc tác trên nền, mà dùng làm vị trí bắt đầu để tổng hợp CNT. CNT được tổng hợp bằng cách cấp nguồn cacbon cho chất xúc tác. Do đó, hỗn hợp gồm nguồn cacbon và chất mang khí được thổi vào khoang mà bao gồm nền đã được gia nhiệt được phun bằng chất xúc tác để tạo ra nền có gắn CNT. Cuối cùng, CNT tổng hợp được chiết ra khỏi nền và được gom. Tùy ý, nền mà được phủ chất xúc tác được tái sinh.

Theo một số phương án, chất xúc tác được đặt lên nền bằng cách phún xạ, làm bay hơi, nhúng phủ, sàng lọc in, điện phun, phun nhiệt phân hoặc in phun. Tiếp đó, chất xúc tác có thể được khắc theo phương pháp hóa học hoặc có thể được gắn bởi nhiệt để gây ra quá trình tạo hạt nhân cho phần tử xúc tác. Lựa chọn chất xúc tác có thể dẫn đến ưu tiên phát triển CNT đơn vách so với CNT đa vách.

Theo một số phương án, chất xúc tác được đặt lên nền bằng cách nhúng nền vào dung dịch chứa chất xúc tác. Theo các phương án khác, nồng độ dung dịch chứa

chất xúc tác trong nước hoặc các dung môi hữu cơ nước nằm trong khoảng từ 0,01% đến 20%. Theo các phương án khác nữa, nồng độ dung dịch chứa chất xúc tác trong nước hoặc các dung môi hữu cơ nước nằm trong khoảng từ 0,1% đến 10%. Theo các phương án khác nữa, nồng độ dung dịch chứa chất xúc tác trong nước hoặc các dung môi hữu cơ nước nằm trong khoảng từ 1% đến 5%.

Nhiệt độ của buồng nơi CNT được tổng hợp nên là nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ nóng chảy của nền, thấp hơn nhiệt độ phân hủy của nguồn cacbon và cao hơn nhiệt độ phân hủy của chất liệu xúc tác thô. Khoảng nhiệt độ để ống nano cacbon đa vách phát triển nằm trong khoảng từ 600°C đến 900°C, trong khi khoảng nhiệt độ để CNT đơn vách phát triển nằm trong khoảng từ 700°C đến 1100°C.

Theo một số phương án, CNT được tạo nên bằng cách lắng đọng hơi hóa học trên nền chứa chất xúc tác kim loại để CNT phát triển. Quan trọng là lưu ý rằng sự hình thành liên tục CNT trên nền đang di chuyển liên tục cho phép CNT có chiều dài đồng đều. Các nguyên liệu cơ bản điển hình bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, cacbon monoxit, axetylen, rượu, etylen, metan, benzen, v.v.. Khí làm chất mang là các khí trơ, ví dụ như argon, heli, hoặc nitơ, trong khi hydro là khí khử điển hình. Thành phần của hỗn hợp khí và khoảng thời gian tiếp cận nền điều chỉnh chiều dài của CNT tổng hợp được. Các phương pháp khác mà người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này đã biết, ví dụ như, các phương pháp lắng đọng hơi vật lý đã được bộc lộ, nêu trên, phương pháp theo tài liệu: Nikolaev *et al.*, *Chemical Physics Letter*, 1999, 105, 10249-10256 và phun nhiệt phân khí dung (Rao *et al.*, *Chem. Eng. Sci.* 59, 466, 2004) có thể được áp dụng trong các phương pháp và các thiết bị được bộc lộ trong bản mô tả này. Các điều kiện đã biết đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này có thể được sử dụng để điều chế ống nano cacbon bằng cách áp dụng phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp nêu trên.

Hình 1 thể hiện phương pháp tổng hợp ống nano cacbon được đề xuất. Phương pháp này có thể được thực hiện theo các bước riêng rẽ, như được minh họa trên Hình 1. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này cần phải hiểu rằng tổ hợp các bước bất kỳ có thể được thực hiện một cách liên tục, nếu muốn. Chất xúc tác được

đặt trên nền tại **102**, ống nano cacbon được tạo ra trên nền tại **104**, ống nano cacbon được tách ra khỏi nền tại **106** và ống nano cacbon được gom tại **108**.

Hình 2 thể hiện phương pháp khác tổng hợp ống nano cacbon được đề xuất. Phương pháp này có thể được thực hiện theo các bước riêng rẽ, như được minh họa trên Hình 2. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này cần phải hiểu rằng tổ hợp các bước bất kỳ có thể được thực hiện một cách liên tục, nếu muốn. Ống nano cacbon được tạo ra trên nền, mà đã chứa chất xúc tác tại **202**, ống nano cacbon được tách ra khỏi nền tại **204** và ống nano cacbon được gom tại **206**.

Hình 3 thể hiện phương pháp khác tổng hợp ống nano cacbon được đề xuất. Phương pháp này được thực hiện một cách liên tục. Chất xúc tác được đặt một cách liên tục lên nền đang di chuyển tại **302**, ống nano cacbon được tạo thành một cách liên tục trên nền đang di chuyển tại **304**, ống nano cacbon được tách ra khỏi nền một cách liên tục tại **306** và ống nano cacbon được gom một cách liên tục tại **308**. Nền có thể được quay vòng qua các bước được bộc lộ trong bản mô tả này một lần hoặc tùy ý nhiều lần, ví dụ, nhiều hơn 50 lần, nhiều hơn 1.000 lần hoặc nhiều hơn 100.000 lần.

Hình 4 là phương pháp khác tổng hợp ống nano cacbon được đề xuất. Phương pháp này được thực hiện một cách liên tục như được minh họa. Ống nano cacbon được tạo thành một cách liên tục trên nền đang di chuyển mà đã chứa chất xúc tác tại **402**, ống nano cacbon được tách ra khỏi nền một cách liên tục tại **404** và ống nano cacbon được gom một cách liên tục tại **406**. Theo một số phương án, nền được quay vòng qua bước lắng đọng, bước tạo và bước tách nhiều hơn 50 lần, nhiều hơn 1.000 lần hoặc nhiều hơn 100.000 lần.

Việc đặt CNT trên nền đang di chuyển tạo ra CNT mà có cả độ tinh khiết cao và mức đồng đều cao về chiều dài. Hơn thế nữa, việc kiểm soát các điều kiện của quy trình cho phép tùy biến chiều dài của CNT. Ví dụ, sự biến thiên tốc độ của nền đang di chuyển qua quy trình sản xuất cải biến chiều dài của CNT; tốc độ nhanh hơn qua môđun lắng đọng CNT tạo ra CNT có chiều dài ngắn hơn, trong khi tốc độ chậm hơn sẽ tạo ra CNT có chiều dài ngắn hơn.

Theo một số phương án, nền được phủ hoàn toàn bằng lá kim loại. Theo các phương án này, nền có thể là chất liệu bất kỳ ổn định trong các điều kiện của quy trình lắng đọng chất xúc tác và tổng hợp CNT. Nhiều chất liệu như vậy là đã biết đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này và bao gồm, ví dụ, sợi cacbon, lá cacbon, silic, thạch anh, v.v.. Theo các phương án khác, nền là lá kim loại mà có thể được dịch chuyển một cách liên tục qua các bước khác nhau của các phương pháp được bộc lộ trong bản mô tả này.

Theo một số phương án, độ dày của lá kim loại là hơn $10\mu\text{M}$. Theo các phương án khác, độ dày của lá kim loại nằm trong khoảng từ $10\mu\text{M}$ đến $500\mu\text{M}$. Theo các phương án khác nữa, độ dày của lá kim loại nằm trong khoảng từ $500\mu\text{M}$ đến $2000\mu\text{M}$. Theo các phương án khác nữa, độ dày của lá kim loại nằm trong khoảng từ $0,05\mu\text{m}$ đến 100cm . Theo các phương án khác, độ dày của lá kim loại nằm trong khoảng từ $0,05\mu\text{m}$ đến 100cm . Theo các phương án khác, độ dày của lá kim loại nằm trong khoảng từ $0,05\text{mm}$ đến 5mm . Theo các phương án khác nữa, độ dày của lá kim loại nằm trong khoảng từ $0,1\text{mm}$ đến $2,5\text{mm}$. Theo các phương án khác nữa, độ dày của lá kim loại nằm trong khoảng từ $0,5\text{mm}$ đến $1,5\text{mm}$. Theo các phương án khác nữa, độ dày của lá kim loại nằm trong khoảng từ 1mm đến 5mm . Theo các phương án khác nữa, độ dày của lá kim loại nằm trong khoảng từ $0,05\text{mm}$ đến 1mm . Theo các phương án khác nữa, độ dày của lá kim loại nằm trong khoảng từ $0,05\text{mm}$ đến $0,5\text{mm}$. Theo các phương án khác nữa, độ dày của lá kim loại nằm trong khoảng từ $0,5\text{mm}$ đến 1mm . Theo các phương án khác nữa, độ dày của lá kim loại nằm trong khoảng từ 1mm đến $2,5\text{mm}$. Theo các phương án khác nữa, độ dày của lá kim loại nằm trong khoảng từ $2,5\text{mm}$ đến 5mm . Theo các phương án khác nữa, độ dày của lá kim loại nằm trong khoảng từ $100\mu\text{M}$ đến 5mm . Theo các phương án khác nữa, độ dày của lá kim loại nằm trong khoảng từ $10\mu\text{M}$ đến 5mm . Theo các phương án khác nữa, độ dày của lá kim loại là hơn $100\mu\text{M}$. Theo các phương án khác nữa, độ dày của lá kim loại thấp hơn $100\mu\text{M}$.

Theo một số phương án, lá kim loại bao gồm sắt, niken, nhôm, coban, đồng, crom, vàng, bạc, platin, paladi hoặc hỗn hợp của chúng. Theo các phương án khác, lá kim loại bao gồm sắt, niken, coban, đồng, vàng hoặc hỗn hợp của chúng. Theo một số

phương án, lá kim loại có thể được phun bằng metanloxe hữu cơ, ví dụ như, feroxe, cobaltoxe hoặc nickeloxe.

Theo một số phương án, lá kim loại là hợp kim gồm hai hoặc nhiều kim loại trong số sắt, niken, coban, đồng, crom, nhôm, vàng hoặc hỗn hợp của chúng. Theo các phương án khác, lá kim loại là hợp kim gồm hai hoặc nhiều kim loại trong số sắt, niken, coban, đồng, vàng hoặc hỗn hợp của chúng.

Theo một số phương án, lá kim loại là hợp kim kim loại nhiệt độ cao. Theo các phương án khác, lá kim loại là thép không gỉ. Theo các phương án khác nữa, lá kim loại là hợp kim kim loại nhiệt độ cao mà chất xúc tác được lắng trên đó để phát triển ống nano cacbon. Theo các phương án khác nữa, lá kim loại là thép không gỉ mà chất xúc tác được lắng trên đó để phát triển ống nano cacbon.

Theo một số phương án, lá kim loại là kim loại hoặc tổ hợp kim loại mà là bền nhiệt ở nhiệt độ cao hơn 400°C. Theo các phương án khác, lá kim loại là kim loại hoặc tổ hợp kim loại mà là bền nhiệt ở nhiệt độ cao hơn 500°C, cao hơn 600°C, cao hơn 700°C hoặc cao hơn 1000°C. Theo một số phương án trong số các phương án nêu trên, tổ hợp kim loại là thép không gỉ.

Theo một số phương án, lá kim loại có độ dày nhỏ hơn khoảng 100µm và độ ráp căn quân phương của bề mặt nhỏ hơn khoảng 250nm. Theo một số phương án, lá kim loại có độ dày lớn hơn khoảng 100µm và độ ráp căn quân phương của bề mặt nhỏ hơn khoảng 250nm. Theo các phương án khác nữa, lá kim loại có độ dày nhỏ hơn khoảng 100µm và độ ráp căn quân phương của bề mặt nhỏ hơn khoảng 250nm và bao gồm sắt, niken, coban, đồng, vàng hoặc hỗn hợp của chúng. Theo các phương án khác nữa, lá kim loại có độ dày lớn hơn khoảng 100µm và độ ráp căn quân phương của bề mặt nhỏ hơn khoảng 250nm và bao gồm sắt, niken, coban, đồng, vàng hoặc hỗn hợp của chúng. Theo các phương án khác nữa, lá kim loại có độ dày nhỏ hơn khoảng 100µm và độ ráp căn quân phương của bề mặt nhỏ hơn khoảng 250nm và bao gồm màng chất xúc tác. Theo các phương án khác nữa, lá kim loại có độ dày lớn hơn khoảng 100µm và độ ráp căn quân phương của bề mặt nhỏ hơn khoảng 250nm và bao gồm màng chất xúc tác. Theo một số phương án trong số các phương án nêu trên, độ ráp căn quân phương nhỏ hơn khoảng 100nm.

Theo một số phương án, nền di chuyển một cách liên tục qua các bước của các phương pháp nêu trên với tốc độ nhanh hơn 0,1cm/phút. Theo các phương án khác, nền di chuyển một cách liên tục qua các bước của các phương pháp nêu trên với tốc độ nhanh hơn 0,05cm/phút. Theo các phương án khác nữa, nền di chuyển một cách liên tục qua các bước của các phương pháp nêu trên với tốc độ nhanh hơn 0,01cm/phút. Theo các phương án khác nữa, nền được quay vòng qua bước lắng đọng, bước tạo, bước tách và bước gom nhiều hơn 10 lần, 50 lần, nhiều hơn 1.000 lần hoặc nhiều hơn 100.000 lần.

Theo một số phương án, nền là rộng hơn khoảng 1cm. Theo các phương án khác, nền có chiều dài hơn 1m, 10m, 100m, 1.000m hoặc 10.000m. Theo một vài phương án trong số các phương án này, nền là lá kim loại.

Theo một số phương án, ống nano cacbon được tạo ra trên tất cả các cạnh của nền. Theo các phương án khác, ống nano cacbon được tạo ra ở cả hai bên của lá kim loại.

Theo một số phương án, nồng độ của chất xúc tác lắng đọng trên nền nằm trong khoảng từ 0,001% đến 25%. Theo các phương án khác, nồng độ của chất xúc tác lắng đọng trên nền nằm trong khoảng từ 0,1% đến 1%. Theo các phương án khác nữa, nồng độ của chất xúc tác lắng đọng trên nền nằm trong khoảng từ 0,5% đến 20%.

Theo một số phương án, mật độ của ống nano cacbon trên nền nằm trong khoảng từ 1 ống nano mỗi μM đến 50 ống nano mỗi μM . Theo các phương án khác, nồng độ của ống nano cacbon trên nền nằm trong khoảng từ 10 ống nano mỗi μM đến 500 ống nano mỗi μM .

Theo một số phương án, CNT được tách ra khỏi nền bằng cách loại bỏ cơ học CNT ra khỏi bề mặt của nền. Theo các phương án khác, việc tách CNT ra khỏi nền bao gồm việc loại bỏ CNT ra khỏi bề mặt của nền bằng công cụ cơ học (ví dụ, lưới, bề mặt nhám, v.v.) bằng cách đó tạo ra CNT có độ tinh khiết cao với ít, hoặc không có, tạp chất kim loại, mà không cần tinh chế thêm. Theo các phương án khác nữa, việc tách CNT ra khỏi nền bao gồm các phương pháp hóa học mà phá vỡ sự bám dính của CNT vào nền. Theo các phương án khác nữa, việc xử lý bằng siêu âm phá vỡ sự bám dính

của CNT vào nền. Theo các phương án khác nữa, dòng khí nén phá vỡ sự bám dính của CNT vào nền. Tổ hợp gồm việc lắng đọng CNT trên nền và tách CNT ra khỏi nền tạo ra các sản phẩm CNT có chiều dài đồng đều không chứa chất xúc tác và các tạp chất cacbon vô định hình.

CNT có thể được gom ở hoặc trên vật thể thuận tiện bất kỳ, như ví dụ, bình mở, màn hình mắt lưới kim loại, bề mặt rắn, thiết bị lọc, v.v.. Lựa chọn thiết bị gom thường sẽ tương quan với phương pháp được sử dụng để phá vỡ sự bám dính của CNT vào nền.

Theo một số phương án, các ống nano cacbon được sắp xếp một cách ngẫu nhiên. Theo các phương án khác, các ống nano cacbon được sắp xếp theo phương thẳng đứng. Theo các phương án khác nữa, chiều dài đồng đều trung bình khoảng $50\mu\text{M}$, khoảng $100\mu\text{M}$, khoảng $150\mu\text{M}$ hoặc khoảng $200\mu\text{M}$. Theo các phương án khác nữa, chiều dài đồng đều có thể nằm trong khoảng từ $50\mu\text{M}$ đến 2cm . Nói chung, chiều dài đồng đều là khoảng $\pm 10\%$ chiều dài đã nêu. Do đó, mẫu có chiều dài đồng đều khoảng $100\mu\text{M}$ sẽ bao gồm các ống nano nằm trong khoảng từ $90\mu\text{M}$ đến $110\mu\text{M}$. Theo các phương án khác nữa, các ống nano cacbon được sắp xếp theo phương thẳng đứng và có chiều dài đồng đều.

Theo một số phương án, mật độ của ống nano cacbon nằm trong khoảng từ $2\text{mg}/\text{cm}^2$ đến $1\text{mg}/\text{cm}^2$. Theo các phương án khác, mật độ của ống nano cacbon nằm trong khoảng từ $2\text{mg}/\text{cm}^2$ đến $0,2\text{mg}/\text{cm}^2$.

Theo một số phương án, ống nano cacbon mà được xếp theo phương thẳng đứng có độ dẫn nhiệt lớn hơn khoảng $50\text{W}/\text{mK}$. Theo các phương án khác, ống nano cacbon mà được xếp theo phương thẳng đứng có độ dẫn nhiệt lớn hơn khoảng $70\text{W}/\text{mK}$.

Theo một số phương án, độ dày của ống nano cacbon mà được xếp theo phương thẳng đứng nằm trong khoảng từ $100\mu\text{m}$ đến $500\mu\text{m}$. Theo các phương án khác, độ dày của ống nano cacbon mà được xếp theo phương thẳng đứng nhỏ hơn khoảng $100\mu\text{m}$.

Theo một số phương án, ống nano cacbon có độ tinh khiết cao hơn 90%, 95%, 99%, 99,5% hoặc 99,9%. Theo các phương án khác, ống nano cacbon có độ tinh khiết cao hơn 90%, 95%, 99%, 99,5% hoặc 99,9% và có chiều dài đồng đều khoảng 50 μ M, khoảng 100 μ M, khoảng 150 μ M hoặc khoảng 200 μ M. Theo các phương án khác nữa, ống nano cacbon được sắp xếp theo phương thẳng đứng, có độ tinh khiết cao hơn 90%, 95%, 99%, 99,5% hoặc 99,9% và có chiều dài đồng đều khoảng 50 μ M, khoảng 100 μ M, khoảng 150 μ M hoặc khoảng 200 μ M.

Theo một số phương án, lực kéo căng của ống nano cacbon nằm trong khoảng từ 11GPa đến 63GPa. Theo các phương án khác, lực kéo căng của ống nano cacbon nằm trong khoảng từ 20GPa đến 63GPa. Theo các phương án khác nữa, lực kéo căng của ống nano cacbon nằm trong khoảng từ 30GPa đến 63GPa. Theo các phương án khác nữa, lực kéo căng của ống nano cacbon nằm trong khoảng từ 40GPa đến 63GPa. Theo các phương án khác nữa, lực kéo căng của ống nano cacbon nằm trong khoảng từ 50GPa đến 63GPa. Theo các phương án khác nữa, lực kéo căng của ống nano cacbon nằm trong khoảng từ 20GPa đến 45GPa.

Theo một số phương án, suất đàn hồi của ống nano cacbon nằm trong khoảng từ 1,3TPa đến 5TPa. Theo các phương án khác, suất đàn hồi của ống nano cacbon nằm trong khoảng từ 1,7TPa đến 2,5TPa. Theo các phương án khác nữa, suất đàn hồi của ống nano cacbon nằm trong khoảng từ 2,7TPa đến 3,8TPa.

Hình 5 thể hiện thiết bị để tổng hợp CNT một cách liên tục được đề xuất. Môđun vận chuyển bao gồm các trống **501A** và **501B**, mà được kết nối bởi nền **506**. Nền **506** di chuyển một cách liên tục từ trống **501A** qua môđun xúc tác **502**, môđun tổng hợp ống nano **503** và môđun tách **504** đến trống **501B**. Lưu ý rằng nền nguyên thể **506A**, được cải biến bởi môđun xúc tác **502** để tạo ra nền **506B** mà bao gồm chất xúc tác. Theo một số phương án, môđun xúc tác **502** là dung dịch chứa chất xúc tác mà nền **506A** được nhúng vào. Ống nano cacbon được tạo ra một cách liên tục trên nền **506B** trong khi chuyển tiếp qua môđun tổng hợp ống nano **503** để tạo ra nền **506C**, mà bao gồm ống nano cacbon. Theo một số phương án, môđun tổng hợp ống nano **503** là buồng CVD. Nền **506C** được xử lý một cách liên tục bởi môđun tách **504** và phân tách khỏi các ống nano cacbon gắn kèm để tạo ra nền **506A**, mà tiếp đó được gom bởi trống

501B. Theo một số phương án, môđun tách **504** bao gồm lưới mà cắt về mặt cơ học CNT mới tạo thành ra khỏi nền **506C**. Lưu ý rằng các ống nano cacbon được loại khỏi nền **506C** được gom một cách liên tục theo quy trình **506D** ở môđun gom **505**. Theo một số phương án, môđun gom **505** đơn giản là một bình rỗng nằm ở vị trí thích hợp để gom CNT mà được tách ra khỏi bề mặt nền bởi môđun tách **504**. Theo phương án nêu trên, nền **506** không được quay vòng trong quá trình sản xuất.

Hình 6 là sơ đồ minh họa thiết bị khác để tổng hợp CNT một cách liên tục. Môđun vận chuyển bao gồm các trống **601A** và **601B**, mà được kết nối bởi nền **606**. Nền **606** di chuyển một cách liên tục từ trống **601A** qua môđun xúc tác **602**, môđun tổng hợp ống nano **603** và môđun tách **604** đến trống **601B**. Lưu ý rằng nền nguyên thể **606A**, được cải biến bởi môđun xúc tác **602** để tạo ra nền **606B** mà chứa chất xúc tác. Theo một số phương án, môđun xúc tác **502** là dung dịch chứa chất xúc tác mà nền **606A** được nhúng vào. Ống nano cacbon được tạo ra một cách liên tục trên nền **606B** khi chuyển tiếp qua môđun tổng hợp ống nano **603** để tạo ra nền **506C**. Theo một số phương án, môđun tổng hợp ống nano **603** là buồng CVD. Nền **606C** được xử lý một cách liên tục bởi môđun tách **604** và phân tách khỏi ống nano cacbon gắn kèm để tạo ra nền **606A**, mà tiếp đó được gom bởi trống **601B**. Theo một số phương án, môđun tách **604** bao gồm lưới mà cắt về mặt cơ học CNT mới tạo thành ra khỏi nền **606C**. Lưu ý rằng ống nano cacbon được loại khỏi nền **606C** được gom một cách liên tục theo quy trình **606D** ở môđun gom **605**. Theo một số phương án, môđun gom **605** đơn giản là một bình rỗng nằm ở vị trí thích hợp để gom CNT mà được tách ra khỏi bề mặt nền bởi môđun tách **604**. Theo phương án nêu trên, nền được quay vòng trong quá trình sản xuất ít nhất một lần.

Mặc dù nhiều phương án nêu trên đã được bộc lộ để tổng hợp ống nano một cách liên tục, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này cần phải hiểu rằng các phương pháp và các thiết bị được bộc lộ trong bản mô tả này có thể được thực hiện một cách không liên tục.

Hình 7 là sơ đồ minh họa môđun tách làm ví dụ. Trống **704** dịch chuyển nền **701**, mà đã được xử lý bởi môđun xúc tác (không được thể hiện) và môđun lắng đọng ống nano cacbon (không được thể hiện) và được phủ bằng ống nano cacbon đến dụng

cụ 700, mà loại bỏ ống nano cacbon 702 để tạo ra nền 703 không có ống nano cacbon. Theo một số phương án, dụng cụ 700 là lưới cắt. Nền 703 được gom bởi trống 705. Ống nano cacbon 702 được gom vào vật chứa 706. Nền 701, như được minh họa, chỉ được phủ một bên bởi ống nano cacbon. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này cần phải hiểu rằng ống nano có thể được phát triển ở cả hai bên của nền và rằng nền đó với cả hai bên đều được phủ có thể được xử lý theo cách tương tự như nêu trên.

Hình 8 minh họa mặt nằm ngang của khoang thạch anh hình chữ nhật làm ví dụ 800, mà có thể được dùng trong môđun tổng hợp ống nano mà bao gồm nhiều nền 801, mà chứa chất xúc tác. Hình 9 minh họa hình phối cảnh của khoang thạch anh hình chữ nhật làm ví dụ 900, mà có thể được dùng trong môđun tổng hợp ống nano mà bao gồm nhiều nền 901, mà chứa chất xúc tác. Khoang thạch anh bao gồm các đầu phun rửa (không được thể hiện) cho khí làm chất mang và nguyên liệu cấp cacbon và có thể được đun nóng ở nhiệt độ đủ để tạo nên CNT. Theo một số phương án, khoang này có độ dày bên trong khoang lớn hơn 0,2 inxơ. Theo các phương án khác, nhiều nền được xử lý đồng thời bởi khoang này.

CNT có thể được xác định tính chất theo nhiều kỹ thuật, bao gồm, ví dụ, Raman, phổ, UV, nhìn thấy được, phổ cận hồng ngoại, huỳnh quang và phổ quang điện tử tia X, phân tích nhiệt trọng, kính hiển vi lực nguyên tử, hiệu ứng tunen quét, kính hiển vi, kính hiển vi điện tử quét và soi kính hiển vi điện tử hiệu ứng tunen. Tổ hợp của nhiều, nếu không phải là tất cả các kỹ thuật nêu trên là đủ để xác định hoàn toàn đầy đủ tính chất của ống nano cacbon.

Một số ví dụ về các ứng dụng của CNT bao gồm trộn CNT với kim loại hoặc hợp kim kim loại để tạo ra áo giáp cho thân thể loại chắc chắn hơn và nhẹ hơn, trộn CNT với chất dẻo và hoặc các polyme để tạo ra các chất dẻo và/hoặc các polyme dẫn nhiệt và/hoặc dẫn điện, mà mà có nhiều khả năng ứng dụng trong các ngành công nghiệp khác nhau, bổ sung CNT vào lớp để kéo dài thời gian sử dụng lớp, trộn CNT với nhựa đường, bê tông, kim loại, chất dẻo hoặc hỗn hợp của chúng để tạo ra vật liệu composit có tính năng và khả năng chịu đựng cao hơn (ví dụ, các đặc tính siêu chống mòn, sức bền cơ học tốt hơn, v.v.) mà ngăn ngừa hoặc làm giảm đến mức tối thiểu sự

nứt gãy cơ học của chất liệu và trộn CNT với chất bao và chất làm trơn để kéo dài thời gian tồn tại của trang thiết bị và cấu trúc đã được bao và/hoặc được làm trơn. Ngoài ra, CNT có thể được dùng trong các ứng dụng cơ học, các vật liệu xây dựng, pin ion lithi, các chất phụ gia làm trơn, vi điện tử, siêu tụ điện, tụ điện điện phân, pin mặt trời, bộ cảm biến, hàng dệt may, bộ hiển thị màn hình cảm ứng, dây dẫn, các ứng dụng y tế khác nhau (ví dụ, phân phối thuốc, cấy ghép nhân tạo, chất bảo quản, mẫu nano, điều trị ung thư, phân phối gen, các cảm biến sinh học hiện hình sinh học, v.v.) và làm mực.

Chất lượng của CNT, đặc biệt là độ tinh khiết và tính đồng đều về cấu trúc, ví dụ như, chiều dài của CNT, là thiết yếu đối với tính đều trong sản xuất để tạo ra một cách ổn định các sản phẩm CNT có hiệu năng cao và chất lượng vượt trội. Nhiều ứng dụng bất kỳ khác, ví dụ, các ứng dụng trong dược khoa và các ứng dụng sinh học mà sử dụng CNT và mà đòi hỏi CNT có chất lượng vượt trội và giảm chi phí để tăng đến mức tối đa tiềm năng thương mại hóa.

Cuối cùng, cần lưu ý rằng có các cách khác để thực hiện sáng chế. Do đó, các phương án này được xem xét là có tính minh họa và không nhằm hạn chế, và sáng chế không bị giới hạn ở các chi tiết được bộc lộ trong bản mô tả này, mà có thể được điều chỉnh trong phạm vi và các phương án tương đương của các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo.

Tất cả các tài liệu công bố và các patent mà được trích dẫn trong bản mô tả này được kết hợp hoàn toàn vào đây bằng cách viện dẫn.

Các ví dụ dưới đây được đưa ra chỉ nhằm mục đích minh họa và không nhằm giới hạn phạm vi của sáng chế.

Ví dụ 1: Phân tích nhiệt trọng đối với CNT đa vách

Độ tinh khiết cacbon và tính ổn định nhiệt của CNT được thử nghiệm bằng cách sử dụng thiết bị phân tích nhiệt trọng lượng (TGA) Q500, do TA Instruments cung cấp. Các mẫu được gia nhiệt trong khí quyển (Praxair AI NDK) từ nhiệt độ đến 900°C với tốc độ 10°C/phút và được giữ ở nhiệt độ 900°C trong thời gian 10 phút trước khi làm nguội. Độ tinh khiết cacbon được định nghĩa là (trọng lượng của toàn bộ chất liệu có cacbon)/(trọng lượng của toàn bộ chất liệu có cacbon + trọng lượng của

chất xúc tác). Điểm uốn là nhiệt độ mà tại đó mức độ phân hủy bởi nhiệt đạt đến trị số tối đa của nó. Điểm bắt đầu là nhiệt độ mà tại đó khoảng 10% chất liệu phân hủy do nhiệt độ cao. Hình 10 minh họa dữ liệu về tính ổn định nhiệt đối với ống nano cacbon đa vách điều chế được theo các phương pháp và các thiết bị được bộc lộ trong bản mô tả này. Các ống nano cacbon đa vách tạo ra được theo sáng chế có đường kính trong khoảng 5nm với khoảng 5 đến 8 vách có chiều dài tùy biến nằm trong khoảng từ 10 μ M đến 200 μ M. Trong khoảng dưới 400°C cacbon vô định hình và chất liệu chứa cacbon có tính chịu nhiệt kém bị phân hủy. Như có thể thấy từ đồ thị này hầu như không có cacbon vô định hình và chất liệu chứa cacbon ở ống nano cacbon đa vách điều chế được theo các phương pháp và các thiết bị được bộc lộ trong bản mô tả này. Điểm uốn là 721°C, điểm khởi đầu là 644°C và mức độ tinh khiết cacbon là hơn 99,4%. Trái lại NC7000 (không được thể hiện), CNT loại thương phẩm có sẵn trên thị trường, điểm uốn là 643°C, điểm khởi đầu là 583°C và mức độ tinh khiết cacbon là 90%.

Ví dụ 2: Phân tích Raman đối với CNT đa vách

10mg CNT được tạo huyền phù trong khoảng 100ml metanol để tạo ra dung dịch hơi đen. Sau đó, huyền phù thu được được nghiên bằng sóng âm trong khoảng thời gian 10 phút để phân tán đều CNT trong huyền phù vì lớp CNT mỏng là cần thiết cho phổ Raman. Tiếp đó, huyền phù được dàn trên nền Si để tạo ra lớp mỏng. Tiếp đó, nền đã được phủ Si được đặt vào trong lò trong thời gian 10 phút ở nhiệt độ 130°C để làm hóa hơi tác nhân phân tán ra khỏi mẫu. Tiếp đó, phổ Raman được ghi bằng kính hiển vi Raman Thermos Nicolet Dispersive XR với bức xạ laze ở 532nm, tích hợp 50s, vật kính 10X và laze 24mW. Tỷ lệ giữa cường độ của dải D và G thường được sử dụng làm công cụ chẩn đoán để xác nhận mức độ hoàn hảo về mặt cấu trúc của CNT.

Hình 11 minh họa phổ Raman của ống nano cacbon đa vách điều chế được theo các phương pháp và các thiết bị được bộc lộ trong bản mô tả này (đường liền nét) và NC7000 có sẵn trên thị trường (đường nét đứt). Tỷ lệ I_D/I_G và tỷ lệ $I_{G'}/I_G$ của ống nano cacbon đa vách điều chế được theo các phương pháp và các thiết bị được bộc lộ trong bản mô tả này lần lượt là 0,76 và 0,44, trong khi các tỷ lệ này đối với NC7000 lần lượt là 1,27 và 0,4. Dữ liệu này cho thấy rằng mức độ tinh thể của ống nano cacbon đa vách

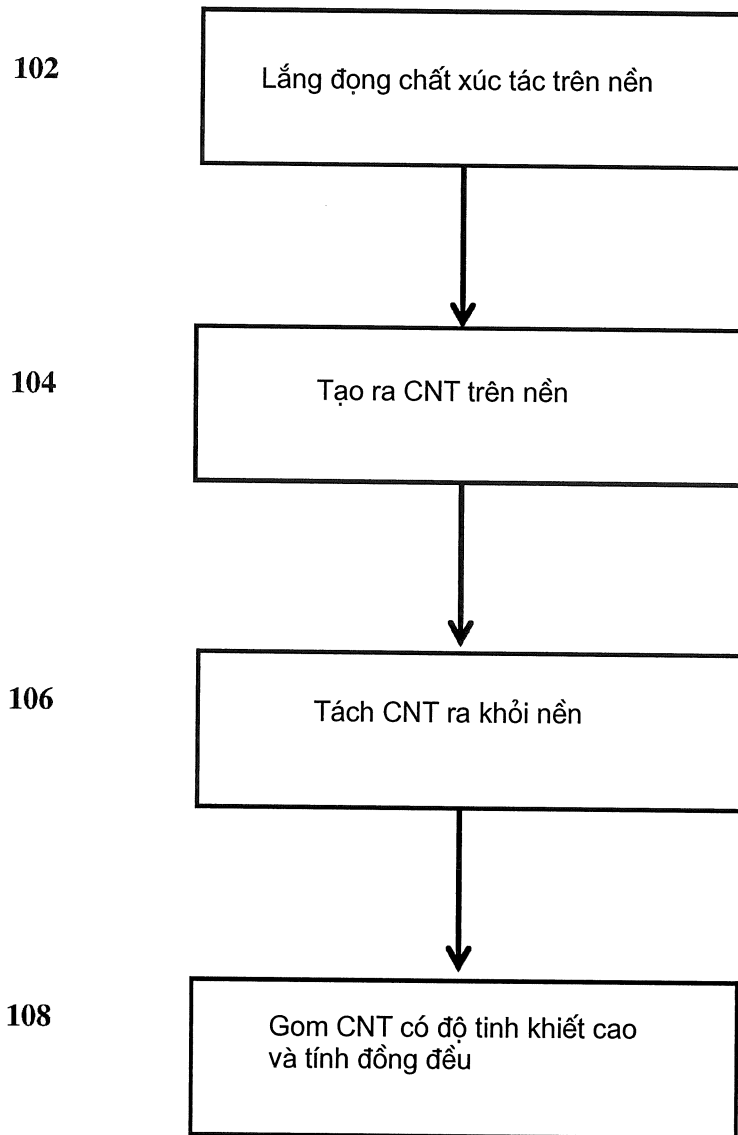
điều chế được theo các phương pháp và các thiết bị được bộc lộ trong bản mô tả này cao hơn so với loại tạo ra được theo các phương pháp khác và là phù hợp với dữ liệu về tính ổn định nhiệt.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp tổng hợp ống nano cacbon đa vách bao gồm các bước:
lắng đọng một cách liên tục chất xúc tác lên nền không ngừng di chuyển;
tạo ra ống nano cacbon đa vách trên nền;
tách ống nano cacbon đa vách ra khỏi nền; và
gom ống nano cacbon đa vách;
trong đó nền này đều đặn di chuyển liên tục qua bước lắng đọng, bước tạo, bước tách và bước gom và ống nano cacbon đa vách có độ tinh khiết lớn hơn 95%.
2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ống nano cacbon đa vách được sắp xếp theo phương thẳng đứng.
3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ống nano cacbon đa vách được sắp xếp theo phương thẳng đứng và có chiều dài đồng đều.
4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ống nano cacbon đa vách có chiều dài đồng đều và chiều dài đồng đều là khoảng 50 μ M, khoảng 100 μ M, khoảng 150 μ M hoặc khoảng 200 μ M.
5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ống nano cacbon đa vách có độ tinh khiết lớn hơn 99%.
6. Phương pháp theo điểm 5, trong đó ống nano cacbon đa vách có chiều dài đồng đều và chiều dài đồng đều là khoảng 50 μ M, khoảng 100 μ M, khoảng 150 μ M hoặc khoảng 200 μ M.
7. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ống nano cacbon đa vách có độ tinh khiết lớn hơn 99,5%.
8. Phương pháp theo điểm 7, trong đó ống nano cacbon đa vách có chiều dài đồng đều và chiều dài đồng đều là khoảng 50 μ M, khoảng 100 μ M, khoảng 150 μ M hoặc khoảng 200 μ M.

9. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phổ Raman của ống nano cacbon đa vách có tỷ lệ I_d/I_g là khoảng 0,76.

1/11



Hình 1

2/11

202

Tạo nên CNT trên nền
bao gồm chất xúc tác kim loại

204

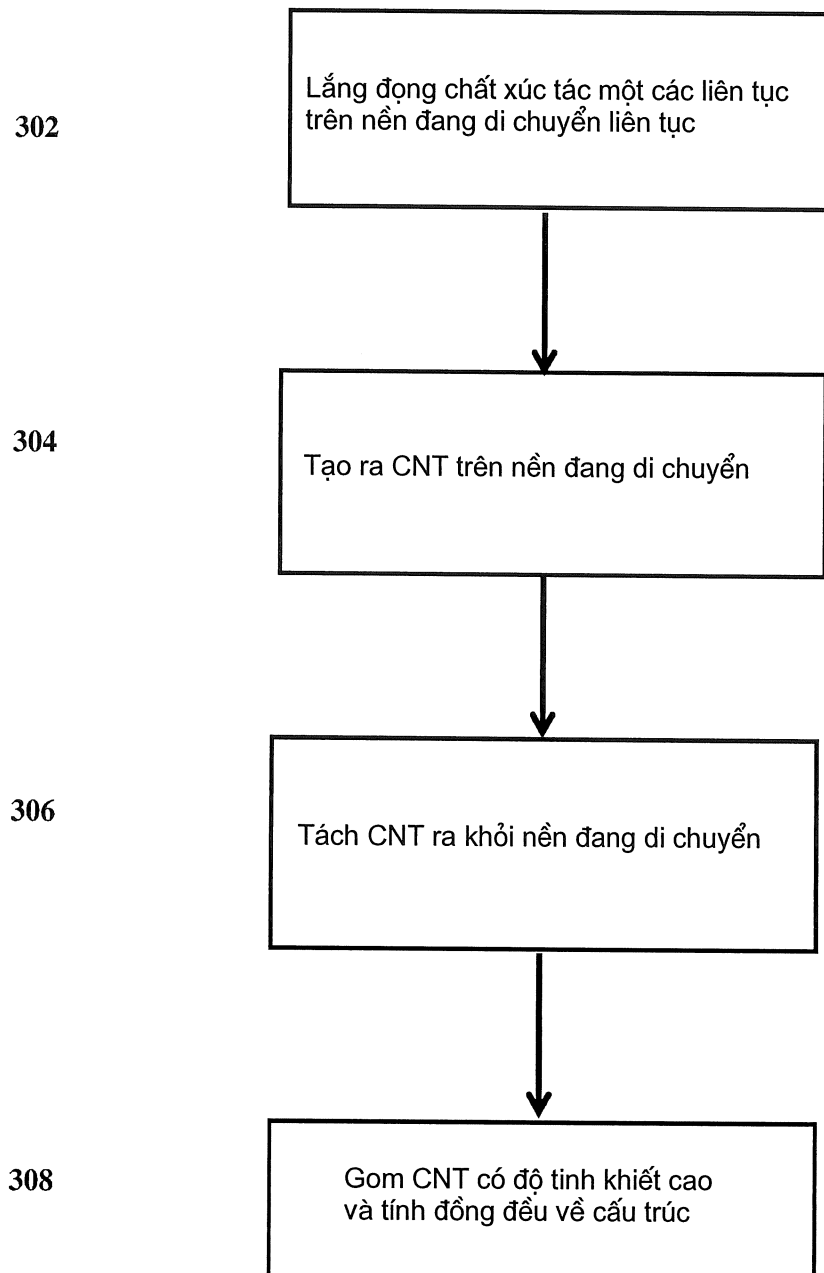
Tách CNT ra khỏi nền

206

Gom CNT có độ tinh khiết cao
và tính đồng đều về cấu trúc

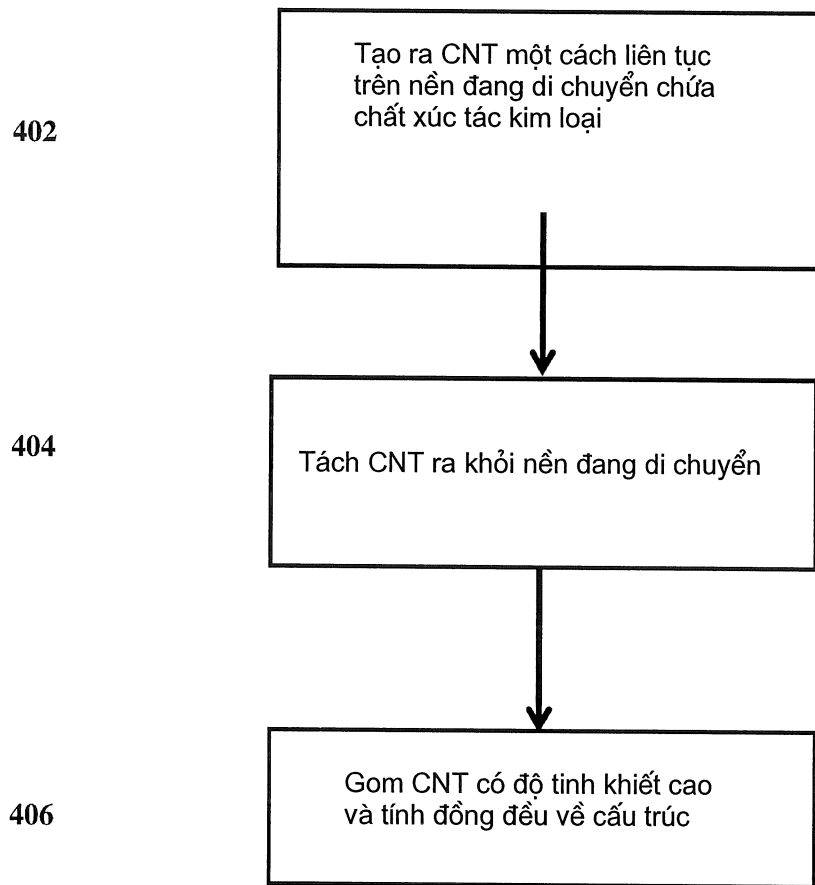
Hình 2

3/11



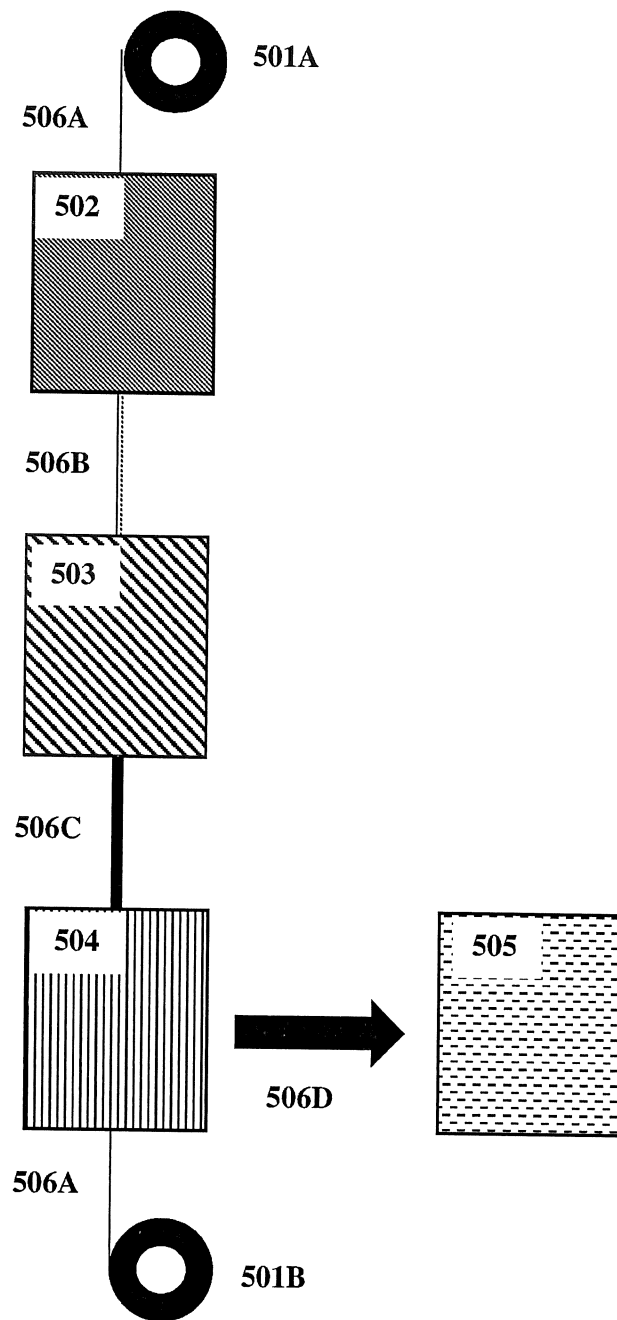
Hình 3

4/11



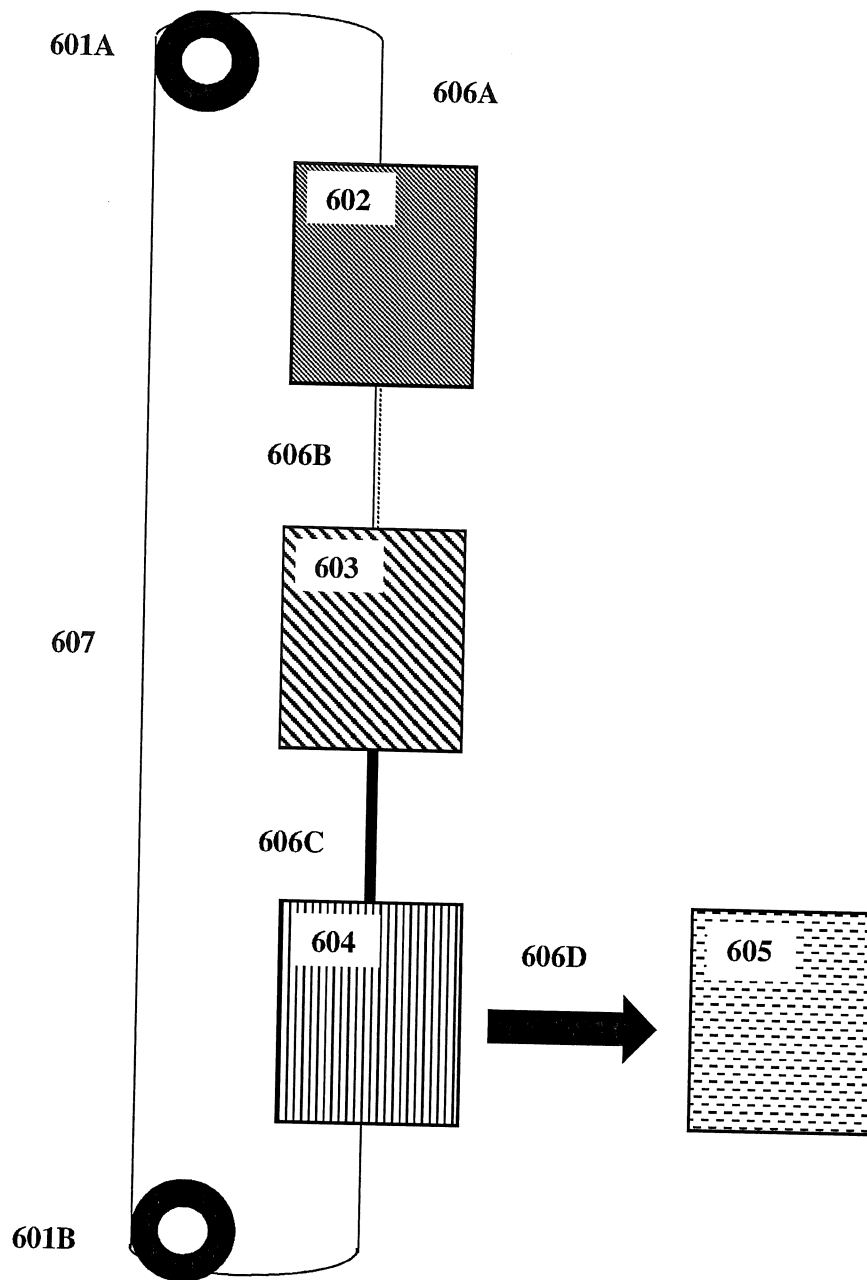
Hình 4

5/11



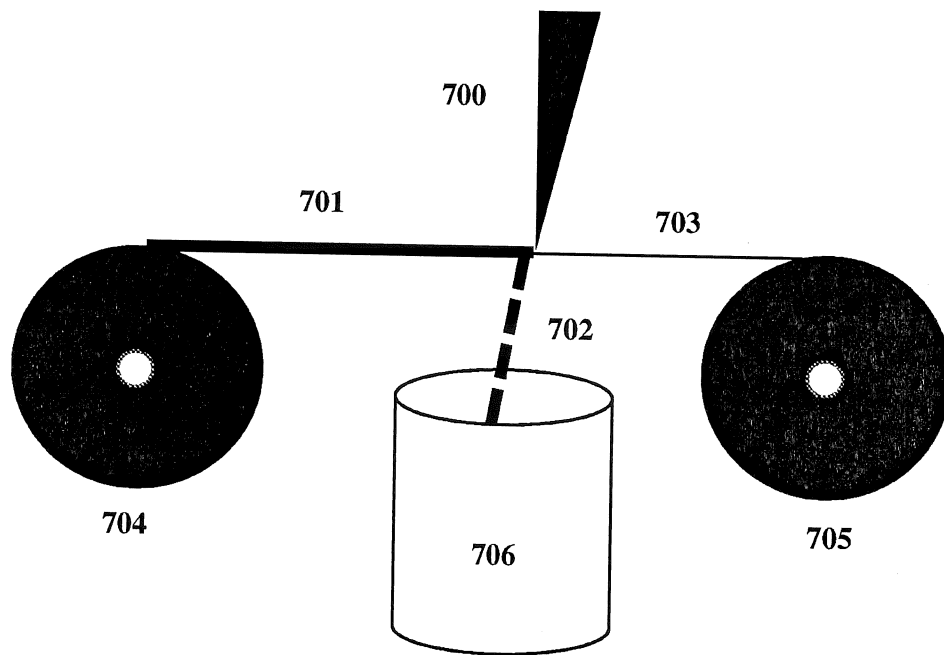
Hình 5

6/11



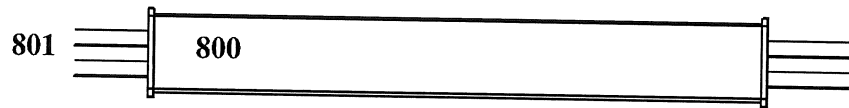
Hình 6

7/11



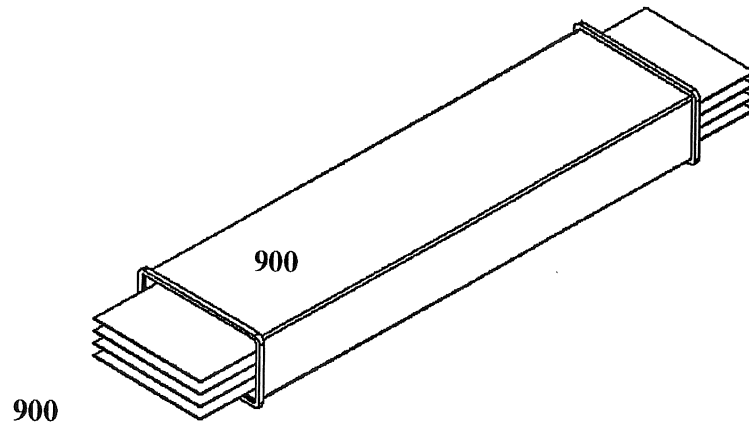
Hình 7

8/11



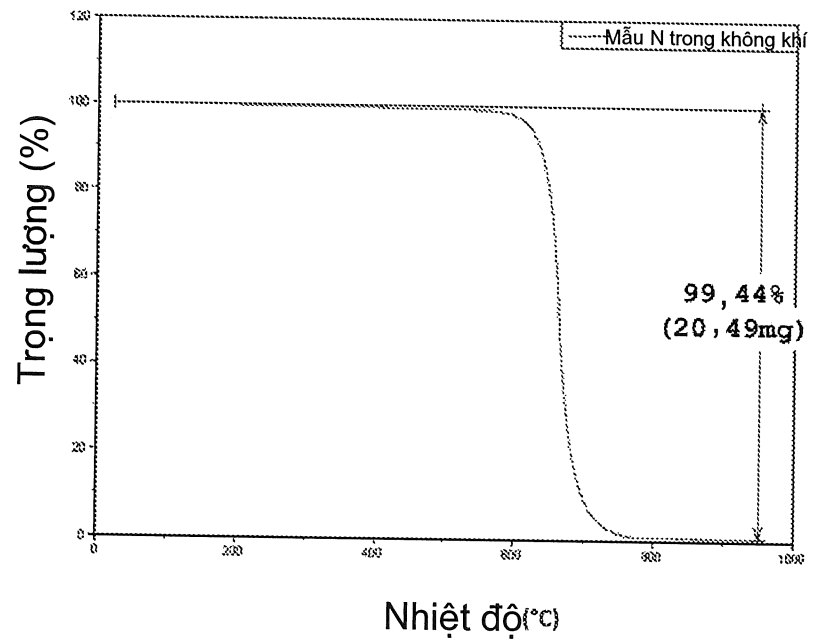
Hình 8

9/11



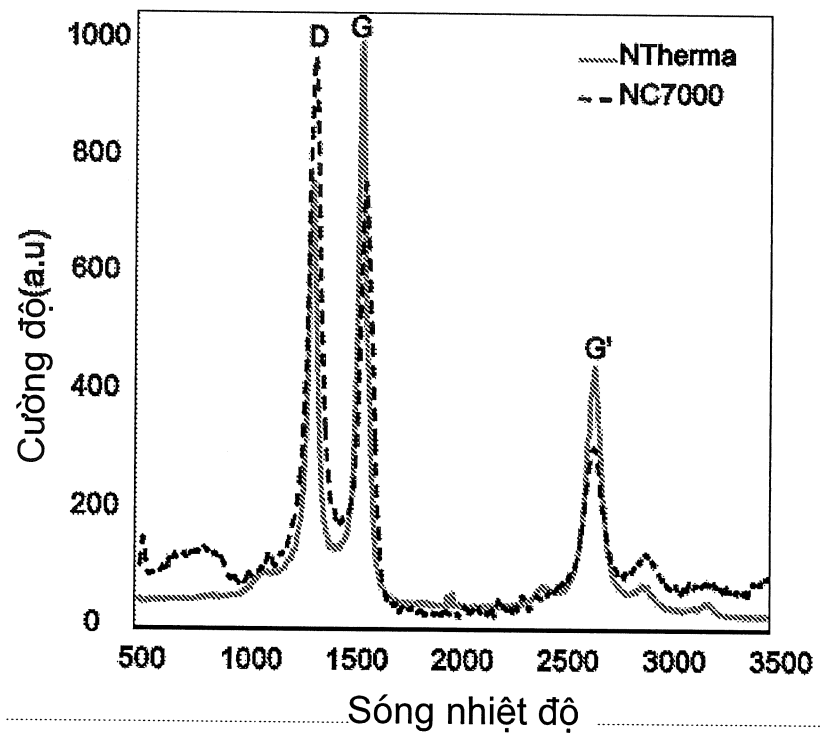
Hình 9

10/11



Hình 10

11/11



Hình 11