

NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO VÀ ỨNG DỤNG VẬT LIỆU ỐNG NANÔ CÁC BON

**Phan Ngọc Minh, Nguyễn Văn Chúc, Ngô Thị Thanh Tâm, Bùi Hùng Thắng,
Thân Xuân Tình, Phan Ngọc Hồng, Lê Đình Quang, Phạm Văn Trình,
Nguyễn Văn Tú, Nguyễn Bá Thăng, Cao Thị Thanh, Phan Hồng Khôi**

Viện Khoa học vật liệu, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam
18 - Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội
Email: minhpn@ims.vast.ac.vn

Tóm tắt:

Báo cáo trình bày một số kết quả nghiên cứu công nghệ chế tạo, khảo sát tính chất và một số ứng dụng của vật liệu ống nanô cacbon (CNTs) và kim cương nhân tạo thực hiện tại Viện Khoa học Vật liệu, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Bằng kỹ thuật lắng đọng hóa học pha hơi (CVD), vật liệu ống nanô cacbon đơn tường (SWCNTs) đường kính vài nm và đa tường (MWCNTs) đường kính vài chục nm, độ sạch đạt trên 90%, sản lượng 250-300 gram/ngày đã được thực hiện. Cấu hình thiết bị và quy trình công nghệ chế tạo vật liệu đã được cấp bản quyền. Vật liệu CNTs định hướng trên đế Si, đế Cu và trên đầu tip kim loại W, và vật liệu kim cương nhân tạo cho một số ứng dụng đã được chế tạo thành công. Các tính chất của vật liệu CNTs như cấu trúc tinh thể, hình thái học, tính chất tản nhiệt, tính chất phát xạ điện tử trường đã được khảo sát chi tiết.

Một số nghiên cứu định hướng ứng dụng sử dụng vật liệu CNTs đã được khảo sát với nhiều kết quả lý thú như: các đầu phát xạ điện tử, đầu dò hiển vi điện tử xuyên hầm (STM); các vật liệu tổ hợp composite nền kim loại (lớp mạ Cr, Ni; hợp kim Cu/CNTs) có độ cứng cao, chịu mài mòn; vật liệu tản nhiệt cho các bộ vi xử lý hoặc các linh kiện điện tử công suất cao (CPU, LED).

Abstract:

The paper presents the results of synthesis, properties and applications of carbon nanotubes (CNTs) and diamond material made at the Institute of Materials Science, VAST.

Single wall CNTs (SWCNTs) with a few nanometers diameter and multi-material wall CNTs (MWCNTs) material with output of 200-250 grams per day, purity of 90% were successfully synthesized using the Chemical Vapor Deposition (CVD) technique. The equipment configuration and manufacturing technology have been patented. Vertically aligned CNTs on the Si, Cu substrates; CNTs on W tips and diamond material for several applications were studied detailly. The properties of CNTs materials such as crystal structure, morphology, thermal dissipation and characteristics of electronic field emission have been studied through measurements like FESEM, Raman scattering, AFM, TEM, etc...

Some applications using CNTs materials were examined with many interesting results such as application of CNTs for the manufacture of electronic emission, STM probe; applications of CNTs for the material composite base metal (metal coating Cr, Ni, alloy Cu / CNTs) have high hardness, abrasion resistance; CNTs in thermal dissipation materials for high power electronic devieces (CPU, LED).

GIỚI THIỆU

Vật liệu ống nano cacbon (CNTs) đã được giới khoa học quan tâm đặc biệt kể từ khi phát hiện vào năm 1991 [1]. Sau gần 20 năm nghiên cứu phát triển, đến nay một số loại sản phẩm công nghệ cao ứng dụng vật liệu CNTs đã được công bố với nhiều tính năng vượt trội [2].

Với cấu trúc độc đáo, tính chất điện tử đặc biệt (kim loại hoặc bán dẫn tùy thuộc vào cấu hình của ống), tính dẫn nhiệt tốt, tính chất phát xạ điện tử mạnh ở thể phân cực thấp, v.v... vật liệu CNTs đã và đang mở ra nhiều triển vọng ứng dụng mới, chẳng hạn chế tạo các đầu phát xạ điện tử kích thước bé; màn hình phẳng-công suất thấp; các đầu dò hiển vi xuyên hầm STM; vật liệu tản nhiệt mới trong các linh kiện điện tử công suất cao (CPU, LED). Đặc biệt là với nhiều tính chất cơ học quý (nhẹ, độ cứng cao, độ chịu mài mòn cơ và hoá tốt, diện tích bề mặt lớn) CNTs hiện là vật liệu gia cường lý tưởng cho nhiều loại vật liệu tổ hợp mới nền kim loại, nền polymer, cao su, epoxy với phạm vi ứng dụng rất rộng.

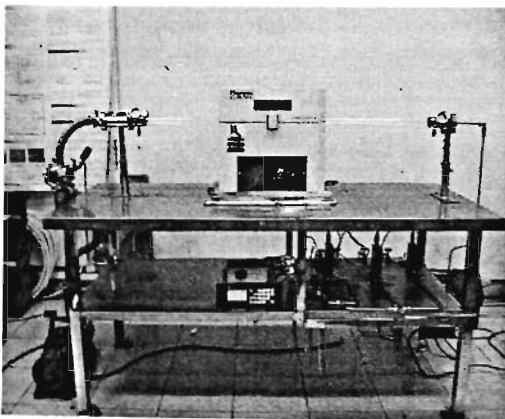
Từ năm 2002, Phòng thí nghiệm đã tiếp cận đối tượng vật liệu mới CNTs và đến nay vật liệu CNTs đơn, đa tường đã trở thành đối tượng nghiên cứu chính của Phòng thí nghiệm cả về nghiên cứu cơ bản, nghiên cứu công nghệ và ứng dụng. Trong bài giới thiệu này, chúng tôi tóm lược một số kết quả chính đã và đang tiến hành tại Phòng thí nghiệm. Các mô tả chi tiết được trình bày trong các công trình công bố ở phần tài liệu tham khảo.

MỘT SỐ KẾT QUẢ CHÍNH

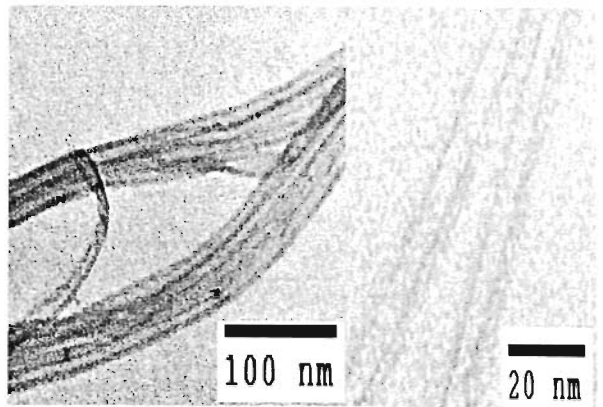
1. Kết quả chế tạo vật liệu CNTs, kim cương

Có nhiều phương pháp khác nhau để tổng hợp vật liệu CNTs như: phóng điện hồ quang trong môi trường khí trơ (arc discharge), bốc bay bằng laser (laser ablation), lắng đọng hoá học pha hơi (Chemical Vapor Deposition-CVD). Phương pháp CVD thường được lựa chọn để tổng hợp lượng lớn vật liệu CNTs với chất lượng tốt và giá thành rẻ.

Hình 1 là ảnh chụp hệ CVD nhiệt buồng phản ứng thạch anh được lắp đặt tại phòng thí nghiệm Vật liệu Cacbon nano, Viện Khoa học Vật liệu. Các khí phản ứng được đưa vào buồng phản ứng bằng các van khí điều khiển tự động với sai số $\pm 0,1$ sccm ($\text{cm}^3/\text{phút}$). Nhiệt độ của buồng phản ứng được điều khiển tự động và có thể được khống chế đến 1100°C với sai số $\pm 2^\circ\text{C}$.



(a)



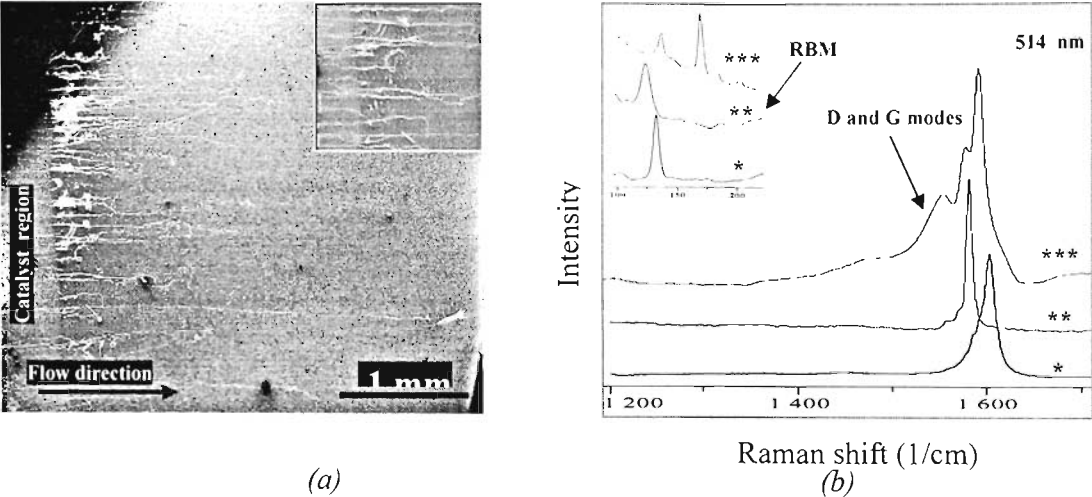
(b)

Hình 1: (a) Hệ thiết bị CVD nhiệt và (b) ảnh SEM vật liệu ống cacbon nano SWCNTs sử dụng chất hỗ trợ xúc tác Al_2O_3 (đường kính sợi khoảng 4nm)

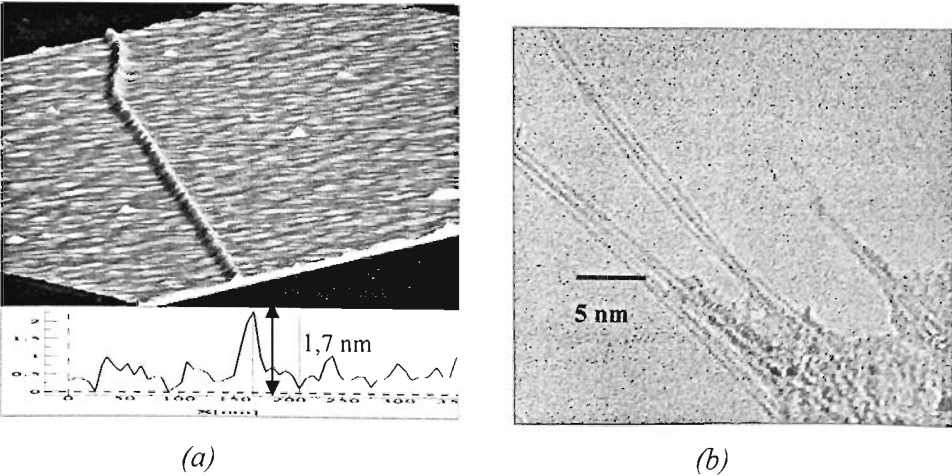
Kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy, với tỷ lệ hỗn hợp muối xúc tác $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$: $\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$: $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$: $\text{Al}_2\text{O}_3 = 5/3/1/80$; tỷ lệ khí phản ứng $\text{Ar}/\text{H}_2/\text{C}_2\text{H}_2 = 300/100/30$ sccm, thời gian CVD 30 phút và nhiệt độ CVD 800°C , vật liệu CNTs thu được ngoài SWCNTs với đường kính xấp xỉ 4nm còn xuất hiện các bó SWCNTs và MWCNTs (hình 1b).

Ngoài ra, với việc sử dụng vật liệu xúc tác là muối FeCl_3 nồng độ 0,01 M hoặc hỗn hợp của muối FeCl_3 với $\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ 0,02M, hỗn hợp của muối FeCl_3 với Ru $(\text{CH}_3\text{COO})_2$ 0,02M được phủ trên bề mặt đế SiO_2/Si ; khí phản ứng là metan (CH_4) và H_2 với tỷ lệ 1:2; tổng lưu lượng dòng khí 300 sccm; thời gian CVD 60 phút và nhiệt độ CVD 950°C , vật liệu CNTs thu được là các đơn sợi SWCNTs với chiều dài tới 4mm (hình 2a).

Đường kính của các ống SWCNTs được xác định thông qua các phép đo Raman, AFM và TEM. Hình 2b là kết quả đo phổ Raman dưới bước sóng kích thích 514 nm trên các mẫu SWCNTs mọc trên đế SiO_2/Si với vật liệu xúc tác: (*) hỗn hợp muối FeCl_3 với Ru $(\text{CH}_3\text{COO})_2$ 0,02M; (**) và (***) muối FeCl_3 0,01M. Phổ Raman của các mẫu trên hình 2b cho thấy ngoài xuất hiện các dải (dải D ứng với số sóng $\sim 1300\text{ cm}^{-1}$, đỉnh đặc trưng cho vật



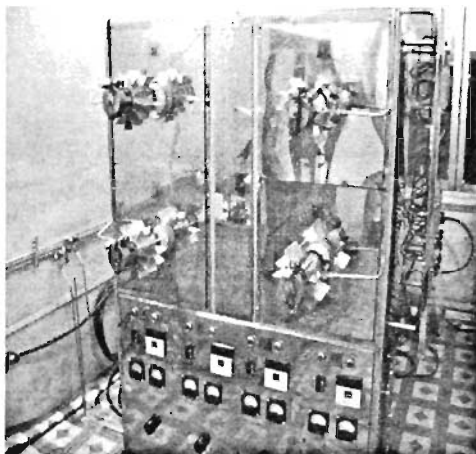
Hình 2: Ảnh (a) SEM và (b) Raman của vật liệu SWCNTs trên đế SiO_2/Si [3]



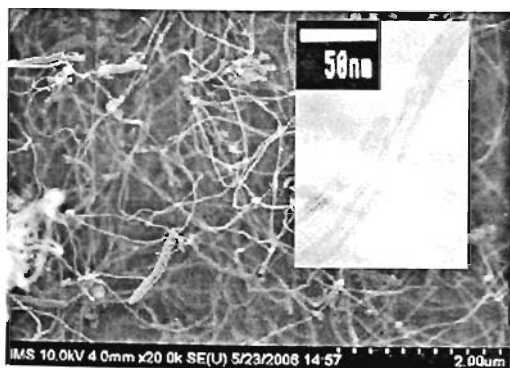
Hình 3: (a) AFM và (b) TEM của vật liệu SWCNTs [3]

liệu CNTs có cấu trúc mất trật tự và các khuyết tật và dải G dao động từ 1500 cm^{-1} - 1600 cm^{-1} là đặc trưng của cấu trúc nano cacbon mà tất cả các nguyên tử cacbon đều sắp xếp có dạng hình lục giác) còn xuất hiện dải phổ RBM (radial breathing mode) với số sóng từ $100\text{--}300\text{ cm}^{-1}$ đặc trưng cho vật liệu SWCNTs chế tạo được. Hình 3a và 3b là ảnh AFM và ảnh TEM của vật liệu SWCNTs. Hình 3a và 3b cho thấy đường kính của vật liệu SWCNTs thu được dao động trong khoảng từ 1-2 nm.

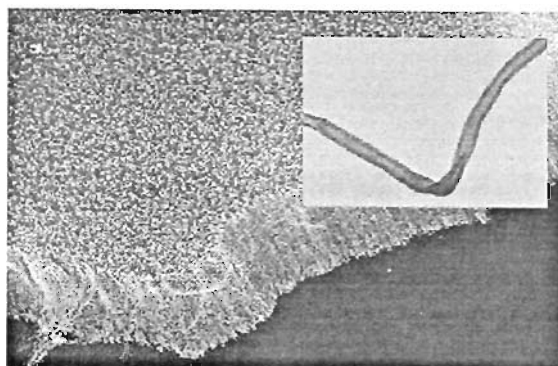
Ngoài kết quả chế tạo vật liệu SWCNTs, chúng tôi đã xây dựng hệ thiết bị CVD nhiệt mở rộng để chế tạo lượng lớn vật liệu MWCNTs. Khác với các hệ thống thiết bị CVD phổ biến, điểm mới là chúng tôi sử dụng vật liệu xúc tác rẻ tiền, dễ kiếm (lưới thép, foil thép, muối sắt, vv...); khí phản ứng là acetylene (C_2H_2), hydro (H_2), nitơ (N_2); buồng phản ứng là vật liệu bền cơ học, dễ gia công, chế tạo. Các khí phản ứng được đưa vào buồng phản ứng với liều lượng điều khiển được bằng các van điều khiển lưu lượng. Nhiệt độ của buồng phản ứng có thể được khống chế đến $1000\text{ }^\circ\text{C}$ với sai số dưới $5\text{ }^\circ\text{C}$. Hình 4 là ảnh chụp hệ CVD nhiệt tự tạo và sản phẩm CNTs chế tạo được với cấu hình 04 buồng phản ứng lắp đặt tại phòng thí nghiệm Vật liệu Cacbon nano, Viện Khoa học Vật liệu. Với cấu hình thiết bị đó hoàn toàn cho phép tăng sản lượng CNTs bằng cách tăng số lượng các buồng phản ứng, và tối ưu hoá quy trình chế tạo theo mô hình công nghiệp.



Hình 4: Ảnh chụp hệ thiết bị CVD nhiệt 04 ống lò phản ứng và sản phẩm CNTs đa tường chế tạo được



(a)



(b)

Hình 5: Ảnh SEM vật liệu CNTs và CNTs mọc định hướng trên đế Si (đường kính sợi khoảng 20 nm)

Trong quá trình CVD nhiệt, các thông số như nhiệt độ, tỷ lệ lưu lượng khí và thời gian lắng đọng có ảnh hưởng quyết định đến chất lượng và số lượng của vật liệu CNTs thu được. Chúng tôi đã tìm được công nghệ chế tạo tối ưu thông qua hàng loạt các khảo sát điều kiện công nghệ. Các khảo sát chi tiết cho thấy:

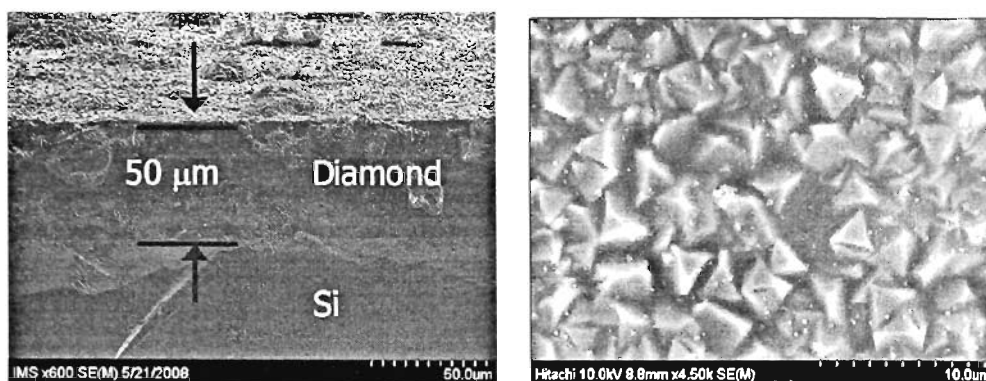
- Sử dụng vật liệu xúc tác lưới thép với 78,3 wt.% Fe (kiểm tra trên thiết bị huỳnh quang tia X, EDS-XT-99, Viện khoa học Vật liệu); nhiệt độ CVD 750 °C; thời gian CVD 60 phút; tỷ lệ khí phản ứng $N_2:H_2:C_2H_2 = 500:300:200$ sccm, vật liệu CNTs thu được là đa tường đường kính ống từ 15-100 nm, chiều dài ống từ vài μm đến vài chục μm và độ sạch đạt trên 90% [4].

- Sử dụng hỗn hợp xúc tác muối $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ và $CaCO_3$ với 5 wt.% Fe; nhiệt độ CVD 800°C; thời gian CVD 60 phút; tỷ lệ khí phản ứng $N_2:H_2:C_2H_2 = 500:300:200$ sccm, vật liệu CNTs thu được có đường kính ống từ 10-80 nm, chiều dài ống từ vài μm đến vài chục μm và độ sạch đạt trên 95%.

Với điều kiện công nghệ và hệ thiết bị như đã trình bày, chúng tôi có thể tổng hợp được vật liệu CNTs từ lưới thép với sản lượng đạt 10-15g/m², ứng với công suất 240-290 g/ngày và đạt 200-250 g CNTs/ngày ứng với xúc tác hỗn hợp muối $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ và $CaCO_3$.

Ngoài ra, công nghệ chế tạo CNTs mọc định hướng và nghiên cứu tính chất phát xạ điện tử của vật liệu cũng được khảo sát. Các hạt xúc tác nanô Fe_3O_4 được phủ trên bề mặt đế phẳng Si/SiO₂ bằng kỹ thuật spin-coating, mật độ hạt xúc tác trên đế vào khoảng 10^{10} - 10^{12} cm⁻². Kết quả khảo sát chi tiết cho thấy: ở nhiệt độ 750 °C, CNTs đã được mọc định hướng trên đế Si với chiều dài khoảng 15 μm như chỉ ra trên hình 5b [5].

Với kỹ thuật MP-CVD, chúng tôi đã chế tạo được vật liệu kim cương nhân tạo dạng màng, hạt (hình 6). Vật liệu chế tạo được nhằm ứng dụng trong chế tạo của sổ kim cương quang học và tia X, chế tạo vật liệu tản nhiệt cho các linh kiện điện tử công suất lớn. Thực tế vật liệu kim cương cùng với CNTs đã được thử nghiệm ứng dụng làm vật liệu tản nhiệt cho bộ vi xử lý máy tính (sẽ được trình bày ở phần ứng dụng của bài viết).



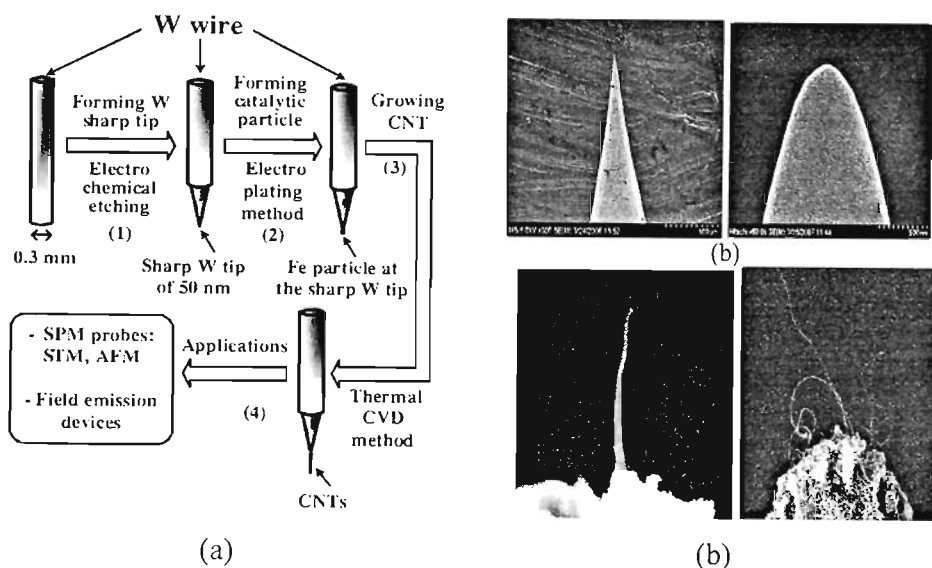
Hình 6: Màng kim cương tạo bằng MPCVD [6]

2. Một số kết quả ứng dụng vật liệu CNTs, kim cương

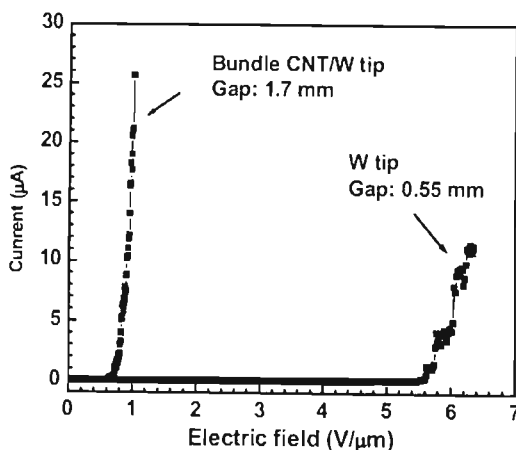
Trước hết vật liệu CNTs và CNTs biến tính là sản phẩm có thể thương mại hoá. Do sử dụng vật liệu xúc tác và công nghệ đơn giản, ngay cả ở quy mô phòng thí nghiệm, vật liệu chế tạo được có giá thành tương đương với sản phẩm thương mại của Trung quốc (0,5 USD/gram). Giá thành có thể suy giảm tiếp tục nếu vật liệu được sản xuất ở quy mô lớn hơn. Sử dụng vật liệu CNTs chế tạo được, một số nghiên cứu định hướng ứng dụng sau đã được thử nghiệm với nhiều kết quả lý thú:

Ứng dụng CNTs làm đầu phát xạ điện tử, đầu dò STM

Như đã trình bày ở phần trên do vật liệu CNTs có tính chất phát xạ điện tử mạnh ở thế rất thấp nên có thể ứng dụng làm đầu phát xạ điện tử. Mặt khác CNTs là vật liệu dẫn điện có kích thước bé nên sẽ là đầu dò STM lý tưởng (hình 7a). Đầu tip W với kích thước dưới 50 nm đã được chế tạo bằng kỹ thuật ăn mòn điện hoá (hình 7b) và ống nano cacbon được mọc trên đầu tip bằng phương pháp CVD. Kết quả đo đặc trưng phát xạ trường cho thấy đầu tip W ở thế mở là 5,6 V/ μm , trong khi CNTs/W phát xạ ở thế 0,6 V/ μm ứng với mật độ dòng phát xạ 2,5 mA/ cm^2 (hình 8). Cấu trúc đơn sợi CNTs/W đang được tập trung chế tạo và ứng dụng làm đầu dò STM phân giải cao đặc biệt là ống nano cacbon đơn tường.



Hình 7: Ảnh SEM đầu tip W (a) và CNTs mọc trên các hạt xúc tác Fe gắn trên sợi tip W (b) [7]



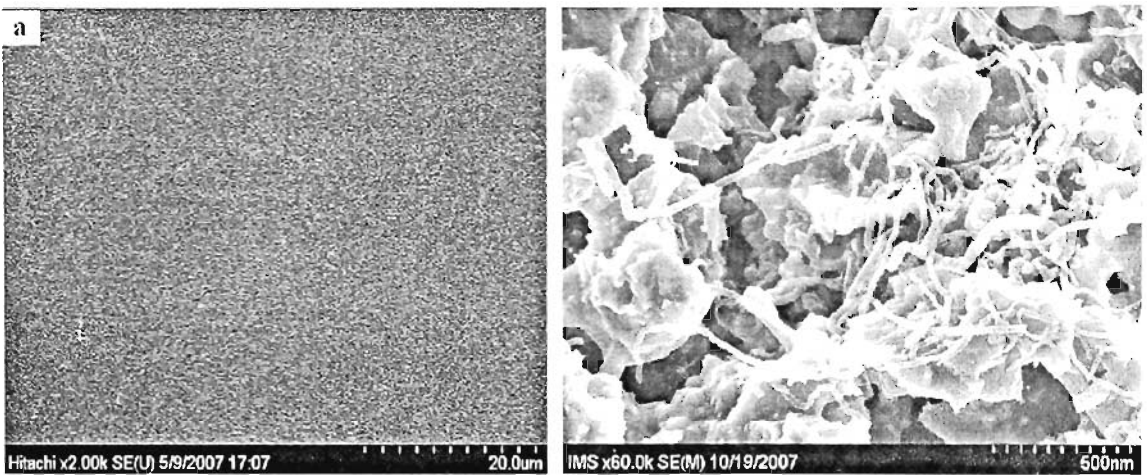
Hình 8: Đặc trưng phát xạ điện tử của mẫu tip W và tip CNTs/W đo trong chân không 2.10^{-6} Torr, ở các khoảng cách 0.55 và 1.7 mm [7]

Ứng dụng CNTs tăng độ cứng trong vật liệu tổ hợp composite nền kim loại:

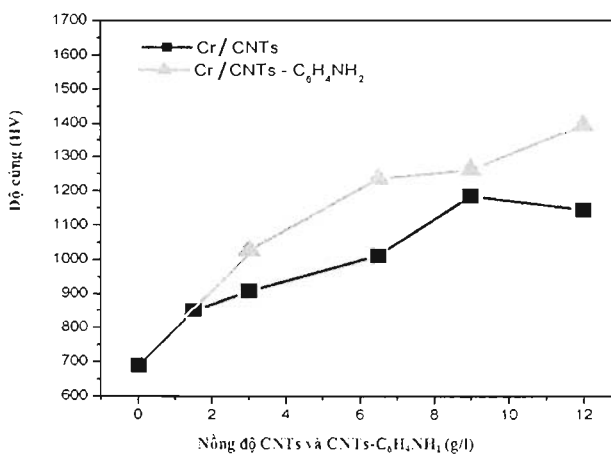
- Vật liệu CNTs đã được thử nghiệm gia cường trong mạ Ni, Cr nhằm tăng cường độ cứng, độ chịu mài mòn. Hình 9 là ảnh SEM chụp bề mặt lớp mạ Cr có gia cường CNTs và phân bố

CNTs trong lòng lớp mạ. Kết quả bước đầu cho thấy độ cứng và độ chịu mài mòn của lớp mạ Ni, Cr gia cường vật liệu CNTs tăng lên 1,5-2 lần so với lớp mạ thông thường không có gia cường vật liệu biến tính (hình 10). Để tăng khả năng phân tán vật liệu CNTs trong dung dịch mạ, chúng tôi đã biến tính vật liệu CNTs bằng cách gắn nhóm chức $C_6H_4NH_2$ với vật liệu CNTs (CNTs- $C_6H_4NH_2$).

- Bằng phương pháp luyện kim bột, vật liệu CNTs biến tính có chứa gốc -COOH cũng đã được thử nghiệm đưa vào nền kim loại đồng (Cu) nhằm tăng cường độ cứng, độ chịu mài mòn. Hình 11a là ảnh chụp mẫu tổ hợp composite nền Cu/CNTs với 1wt.% CNTs sau khi thiêu kết ở nhiệt độ 850 °C trong môi trường khí N_2 . Hình 11b là ảnh SEM bề mặt các hạt Cu được bao phủ bởi các sợi CNTs biến tính -COOH. Có thể nhận thấy các sợi CNTs bám trên hạt đồng và phân bố đều rất đều. Kết quả bước đầu cho thấy độ cứng HB của mẫu tổ hợp composite nền Cu/CNTs tăng khi nồng độ CNTs tăng. Với 3% CNTs, độ cứng của mẫu đạt 38,9 HB, lớn gấp 1,13 lần với khi không có CNTs (như được thể hiện trên hình 12).

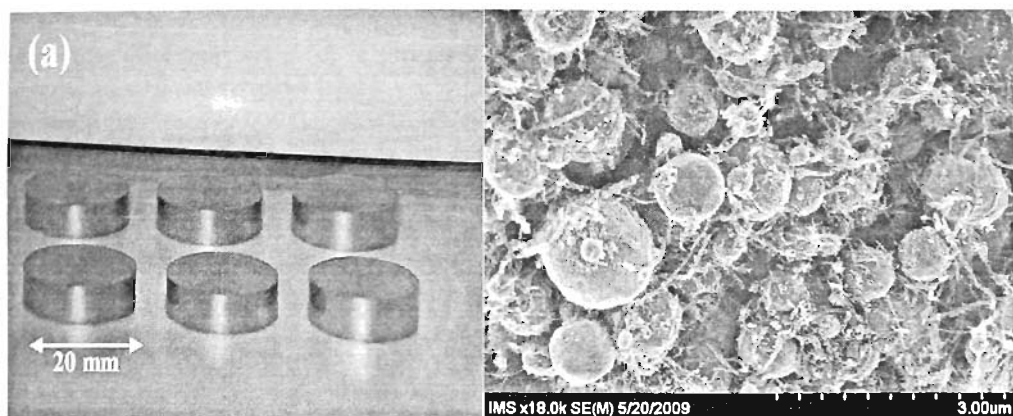


Hình 9: Ảnh SEM chụp bề mặt lớp mạ Cr có gia cường CNTs và phân bố CNT trong lòng lớp mạ [6]

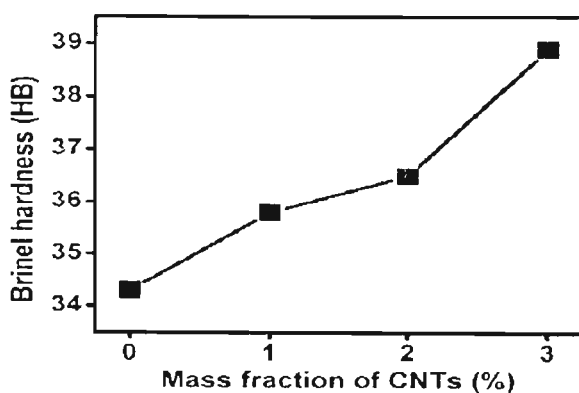


Hình 10: Độ cứng lớp mạ Cr theo nồng độ MWCNTs trong dung dịch mạ [6]

Ngoài việc ứng dụng trong các vật liệu tổ hợp nền kim loại, vật liệu CNTs đang được thử nghiệm trong các vật liệu tổ hợp nền polymer, epoxy cho các ứng dụng khác hiện đang được thực hiện tại phòng thí nghiệm.



Hình 11: (a) Ảnh chụp và (b) ảnh SEM bề mặt mẫu tổ hợp composite nền Cu/CNTs với 1wt.% CNTs [8]



Hình 12: Sự phụ thuộc độ cứng (HB) của tổ hợp composite nền Cu/CNTs vào wt.% CNTs [8]

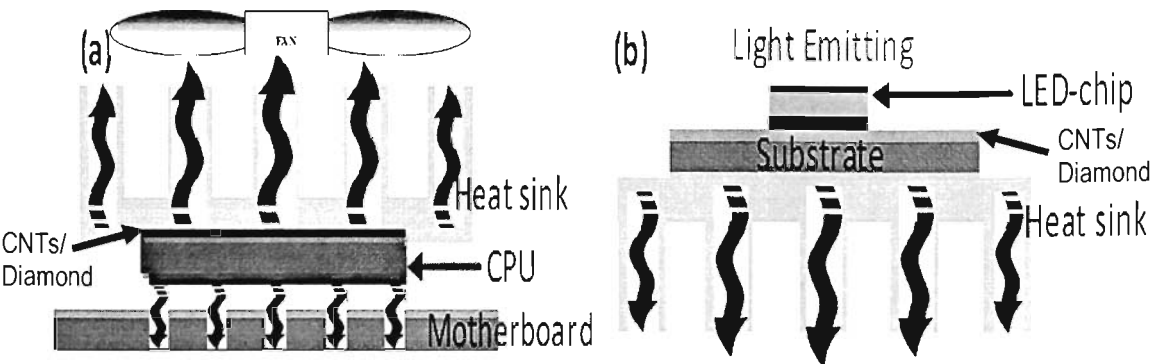
Ứng dụng CNTs trong vật liệu tản nhiệt

Một trong những hướng ứng dụng quan trọng của vật liệu CNTs là chế tạo vật liệu tản nhiệt. Hình 13a và 13b mô tả ý tưởng sử dụng CNTs hoặc kim cương làm vật liệu tản nhiệt cho bộ vi xử lý hay các linh kiện điện tử và diốt phát quang (LED) công suất lớn.

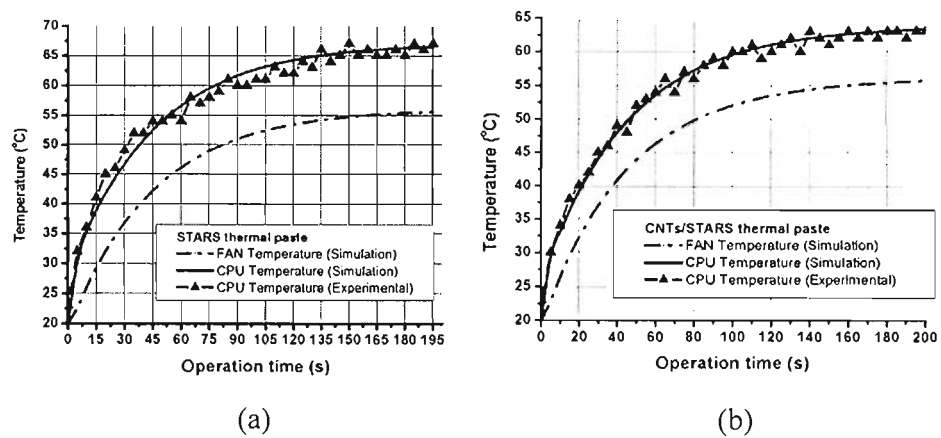
- Ứng dụng CNTs tản nhiệt trong bộ vi xử lý máy tính CPU

Chúng tôi đã thử nghiệm hiệu quả tản nhiệt trực tiếp trên bộ vi xử lý của máy tính (Intel Pentium IV, 3.066 GHz, 512Mb RAM, Windows XP Service Pack 2 Operating System) bằng cách so sánh 3 chế độ: không có vật liệu tản nhiệt, sử dụng keo tản nhiệt thương mại, sử dụng keo tản nhiệt có CNTs và diamond. Bằng phương pháp mô phỏng và thực nghiệm, chúng tôi đã xác định và so sánh nhiệt độ của quạt làm mát, cũng như nhiệt độ của CPU khi sử dụng kem tản nhiệt thương mại Stars với kem tản nhiệt CNTs/Stars; kem tản nhiệt thương mại AS5 với kem tản nhiệt CNTs/AS5.

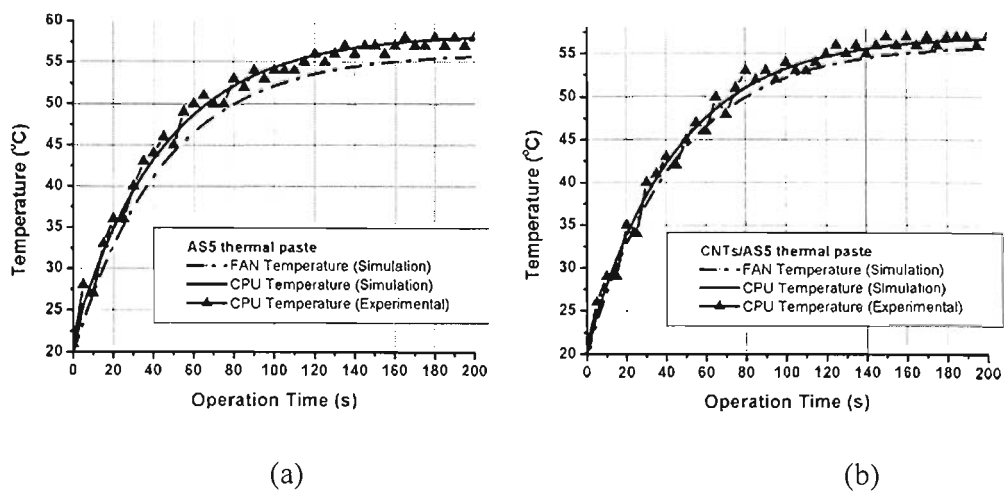
Hình 14a cho thấy, khi sử dụng keo nhiệt Stars, nhiệt độ của quạt làm mát duy trì ở 55,7 °C và nhiệt độ của CPU duy trì ở 66 °C; trong khi nếu sử dụng kem tản nhiệt Stars với 2% CNTs, nhiệt độ của quạt làm mát hầu như không thay đổi, duy trì ở nhiệt độ 55,6 °C, nhiệt độ của CPU duy trì ở 63 °C (hình 14b). Kết quả trên cho thấy nhiệt độ của CPU giảm khoảng 3 °C khi sử dụng kem tản nhiệt Stars với 2% CNTs.



Hình13: Ứng dụng vật liệu CNTs làm vật liệu tản nhiệt trong
(a) thiết bị CPU, (b) linh kiện LED



Hình 14: Kết quả mô phỏng và đo nhiệt độ của quạt FAN và nhiệt độ của CPU:
(a) trường hợp sử dụng keo nhiệt Stars, (b) dùng keo nhiệt Stars với 2%CNTs [9]



Hình 15: Kết quả mô phỏng và đo nhiệt độ của quạt FAN và nhiệt độ của CPU:
(a) trường hợp dùng keo nhiệt AS5, (b) dùng keo nhiệt AS5 với 2%CNTs [9].

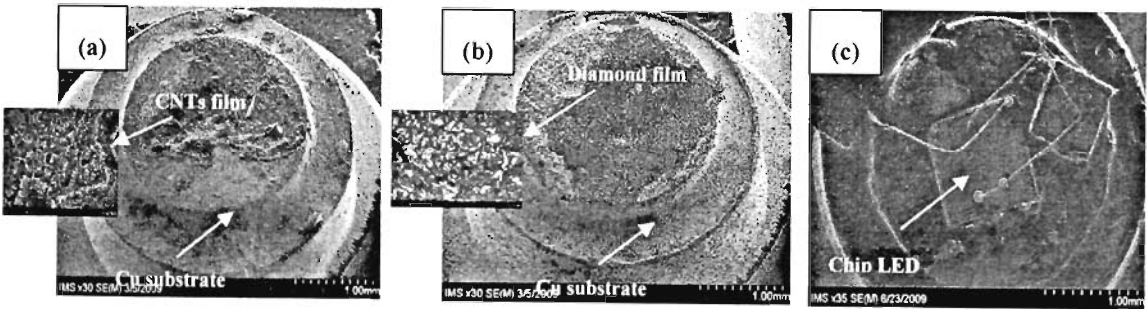
Hình 15a cho thấy, khi sử dụng keo nhiệt AS5, nhiệt độ của quạt làm mát duy trì ở 55,7 °C và nhiệt độ của CPU duy trì ở 58 °C; trong khi nếu sử dụng kem tản nhiệt AS5 với 2%CNTs, nhiệt độ của quạt làm mát hầu như không thay đổi, duy trì ở nhiệt độ 55,6 °C, nhiệt độ của CPU duy trì ở 56 °C (hình 15b). Kết quả trên cho thấy nhiệt độ của CPU giảm khoảng 2 °C khi sử dụng kem tản nhiệt AS5 với 2% CNTs.

- Ứng dụng bước đầu CNTs tản nhiệt trong linh kiện LED

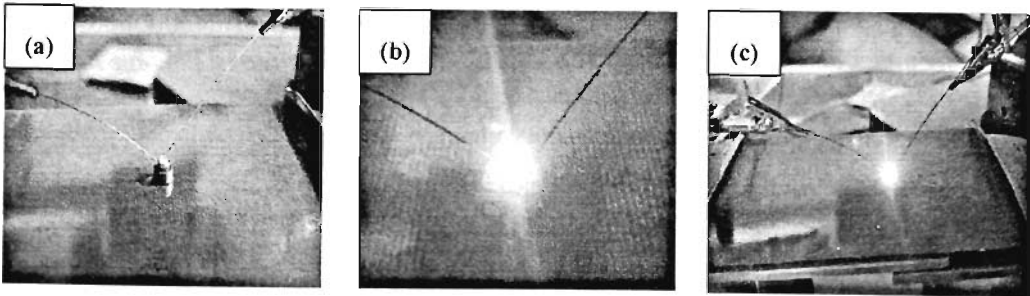
Chúng tôi đã sử dụng chip LED loại InGaN với diện tích hoạt động 0,5 mm x 0,5 mm, bước sóng ánh sáng kích thích 460 nm và công suất làm việc 0,5 W. Hình 16a là ảnh SEM bề mặt của lớp VA-CNTs sau khi được tách ra khỏi đế SiO₂/Si và được gắn trên đế Cu. Hình 16b là ảnh SEM chip LED được gắn lên trên bề mặt của đế Cu/VA-CNTs.

Công suất phát sáng của linh kiện LED có quan hệ tuyến tính với dòng nuôi nếu nhiệt tạo ra từ các mô-đun LED được phân tán tốt. Đối với các chip InGaN LED sử dụng trong thí nghiệm này, công suất ánh sáng của các linh kiện LED sử dụng các vật liệu tản nhiệt thương mại thường đạt đến giá trị bão hòa khi dòng nuôi lớn hơn 350 mA. Bằng cách sử dụng CNTs thay vật liệu tản nhiệt thương mại, công suất ánh sáng đầu ra của gói LED có thể tăng tuyến tính mà không đạt đến độ bão hòa ngay cả khi dòng nuôi lớn hơn 500 mA.

Các kết quả nghiên cứu và thử nghiệm bước đầu cho thấy khả năng phân tán nhiệt rất tốt của vật liệu CNTs và mở ra triển vọng ứng dụng tốt cho các linh kiện điện tử công suất lớn.



Hình 16: Các ảnh SEM của (a) lớp màng VA-CNTs, (b) lớp màng kim cương gắn trên đế Cu, (c) chip LED gắn lên trên lớp màng VA-CNTs hoặc kim cương [10]



Hình 17: Ảnh chụp độ sáng từ linh kiện LED với dòng đầu vào (a) 100, (b) 500 mA sử dụng màng VA-CNTs và (c) 350 mA sử dụng màng kim cương như là vật liệu tản nhiệt [10]

KẾT LUẬN

Vật liệu ống nanô cacbon (CNTs) là đối tượng vật liệu mới có nhiều triển vọng trong cả nghiên cứu cơ bản và nghiên cứu ứng dụng. Chúng tôi đã đạt được một số kết quả khả quan về xây dựng thiết bị và quy trình công nghệ chế tạo vật liệu ống nanô cacbon đơn tường, đa tường. Mở rộng quy mô chế tạo và từng bước thương mại hoá sản phẩm vật liệu và mở rộng nghiên cứu ứng dụng trên cơ sở vật liệu CNTs là mục tiêu của Phòng thí nghiệm.

Lời cảm ơn

Chúng tôi xin trân trọng cảm ơn sự hỗ trợ tài chính của Đề tài hợp tác nghị định thư với Hàn Quốc, Đề tài hợp tác nghị định thư với CH Pháp, Đề tài cấp Viện KHCNVN về vật liệu ống cacbon nanô; đề tài nghiên cứu cơ bản (Quỹ NAFOSTED). Chúng tôi xin trân trọng cảm ơn GS. VS. Nguyễn Văn Hiệu đã ủng hộ cho hướng nghiên cứu của phòng thí nghiệm.

Chúng tôi xin trân trọng cảm ơn sự cộng tác của các thể hệ sinh viên, cao học, nghiên cứu sinh đã thực hiện công việc tại PTN chúng tôi. Chúng tôi xin cảm ơn sự hợp tác của các Gs. Hanjo Lim, Soonil Lee-Đại học Ajou-Hàn Quốc; Gs. L. Sauvajol - Đại học Montpellier - CH Pháp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. S. Iijima, Nature, 354, 56 (1991)
2. Korean Exhibitors in Nanotech2008 (www.nanokorea.net); www.teg.frounhofer.de;
3. Than Xuan Tinh, Nguyen Van Chuc, Vincent Jourdain, Jean-Louis Sauvajol, Ngo Thi Thanh Tam, Phan Ngoc Minh, “*Growth of ultralong individual carbon nanotubes by CVD method*”, Hội nghị Vật lý chất rắn và Khoa học vật liệu toàn quốc lần thứ 6, Đà Nẵng, 738-741 (2009)
4. Nguyen Van Chuc, Nguyen Thanh Quy, Nguyen Duc Dung, Phan Ngoc Hong, Ngo Thi Thanh Tam, Le Dinh Quang, Dao Duc Khang, Phan Hong Khoi, Phan Ngoc Minh, “*Synthesis and purification of carbon nanotubes on iron meshes*”, The Fifteenth International Conference on composites/nano engineering (ICCE-15), Haikou, Hainan Island, China, 696-687 (2007)
5. Ngo Thi Thanh Tam, Dang Thu Ha, Ngo Thanh Hieu, Nguyen Duc Dung, Phan Ngoc Minh, and Phan Hong Khoi, “*Production of vertically aligned carbon nanotubes by thermal chemical vapor depositon using Fe_3O_4 catalytic nanopaticles*”, Advances in Natural Sciences, Vol. 10, No.2, 199-204 (2009)
6. Phan Ngoc Minh, Ngô Thị Thanh Tâm, Lê Đình Quang, Đào Đức Khang, Nguyễn Văn Chúc, Phan Ngọc Hồng, Bùi Hùng Thắng, Thân Xuân Tinh, Nguyễn Tuấn Hồng, Ngô Quang Minh, Lê Thị Trọng Tuyên, Phan Hồng Khôi, “*Chế tạo và ứng dụng vật liệu ống nanô cacbon*”, Tuyển tập báo cáo kỷ niệm 15 năm thành lập Viện Khoa học Vật liệu-Hà Nội, trang 96-107 (2008)
7. Phan Ngoc Hong, Bui Hung Thang, Nguyen Tuan Hong, Soonil Lee and Phan Ngoc Minh, “*Electron field emission characteristics of carbon nanotube on tungsten tip*”, Journal of Physics: Conference Series 187, 012041 (2009)
8. Pham Van Trinh, Tran Bao Trung, Nguyen Ba Thang, Bui Hung Thang, Than Xuan

- Tinh, Le Dinh Quang, Doan Dinh Phuong, Phan Ngoc Minh, “*Calculation of the friction coefficient of Cu matrix composite reinforced by carbon nanotubes*”, Computational Materials Science 49, S239–S241 (2010)
9. Bui Hung Thang, Phan Ngoc Hong, Pham Van Trinh, Nguyen Van Chuc, Ngo Thi Thanh Tam, Phan Hong Khoi, Phan Ngoc Minh, “*Simulation of thermal dissipation in a μ -processor using carbon nanotubes based composite*”, Computational Materials Science 49, S302–S306 (2010)
10. Nguyen Van Chuc, Ngo Thi Thanh Tam, Nguyen Van Tu, Bui Hung Thang, Phan Ngoc Hong, Le Dinh Quang and Phan Ngoc Minh, “*Synthesis of vertically aligned carbon nanotubes on Cu substrates for high power electronic devices*”, Hội nghị Vật lý chất rắn và Khoa học vật liệu toàn quốc lần thứ 6, Đà Nẵng, trang 733-737 (2009)