

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT**



**BÁO CÁO HỌC THUẬT  
NĂM HỌC 2022-2023**

**ỨNG DỤNG CỦA VẬT LIỆU NANO CÁC BON  
TRONG TÍCH TRỮ NĂNG LƯỢNG ĐIỆN**

**Người báo cáo: Nguyễn Xuân Chung**

**Đơn vị: Bộ môn Vật lý, Khoa Khoa học Cơ bản**

**Hà Nội, 12/2022**

# **BÁO CÁO HỌC THUẬT HỌC KỲ I, NĂM HỌC 2022-2023**

**Mục đích:** Báo cáo trình bày về các dạng thù hình của cacbon, các tính chất của nano cacbon, tổng quan về các kết quả nghiên cứu trên thế giới về khả năng ứng dụng của vật liệu nano cacbon trong việc chế tạo điện cực cho siêu tụ điện tích trữ năng lượng điện.

**Tên báo cáo:**

## **ỨNG DỤNG CỦA VẬT LIỆU NANO CÁCBON TRONG TÍCH TRỮ NĂNG LƯỢNG ĐIỆN**

**Nguyễn Xuân chung**

**Bộ môn Vật lý, khoa Khoa học Cơ bản**

### **Tóm tắt**

Vật liệu nano cacbon là một trong những vật liệu có nhiều ứng dụng trong các ngành công nghệ điện tử, cơ khí ... Vật liệu cacbon tồn tại ở nhiều dạng thù hình khác nhau trong tự nhiên như graphite, kim cương, cacbon vô định hình. Vật liệu nano cacbon là loại vật liệu nhân tạo với nhiều cấu trúc khác nhau và tính chất quý báu. Báo cáo này sẽ đề cập các ứng dụng của vật liệu này trong ngành công nghệ điện tử, đặc biệt là ứng dụng chế tạo điện cực trong các thiết bị lưu trữ năng lượng như siêu tụ, pin...

### **1. MỞ ĐẦU**

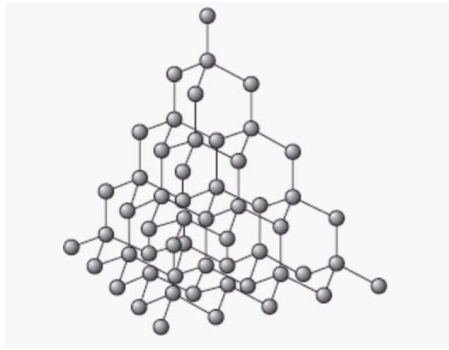
Hiện nay, việc tìm ra các loại vật liệu mới trong việc tích trữ năng lượng đang là chủ đề được nhiều nhà khoa học và nhiều nhóm nghiên cứu trên thế giới quan tâm. Các thiết bị điện tử cầm tay đều cần phải sử dụng nguồn pin. Pin sạc và siêu tụ cỡ nhỏ được sử dụng rất nhiều để làm nguồn tích trữ năng lượng cho các thiết bị điện tử cầm tay như điện thoại, máy ghi âm, máy ảnh, máy quay phim ... Bên cạnh đó, một loại thiết bị khác được sử dụng là siêu tụ. Đây là một loại linh kiện có điểm giống với các

tụ điện trong các mạch điện tử thông thường, tuy nhiên có điểm khác là siêu tụ có điện dung cao gấp hàng trăm lần điện dung các tụ điện thông thường, do vậy nó tích trữ một lượng điện năng rất lớn, có thể hoạt động lâu gần như pin sạc. Khi pin sạc và siêu tụ nạp điện, một lượng điện tích lớn từ sạc đi vào trong pin và tụ thông qua cơ chế phản ứng oxi hóa khử giữa chất điện phân và điện cực, điện cực phải tải một mật độ dòng điện rất lớn. Khi pin và siêu tụ xả điện, quá trình phản ứng theo chiều ngược lại xảy ra, mật độ dòng xả lớn được đi qua các bản cực của tụ điện và của pin. Đối với các loại vật liệu dùng làm điện cực trong các thiết bị lưu trữ năng lượng nói trên thì cần có độ bền cao, có thể sử dụng nhiều lần mà không bị giảm chất lượng, có thể chịu được mật độ dòng điện cao mà không bị phá hủy, đồng thời độ dẫn điện lớn để không làm tăng trở nội của nguồn. Vật liệu cacbon có thể thỏa mãn được các yêu cầu ở trên. Vật liệu cacbon là một trong những vật liệu được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm do tính chất của chúng phụ thuộc rất nhiều vào các dạng thù hình của vật liệu. Các vật liệu này được ứng dụng nhiều trong lĩnh vực cơ khí do vật liệu có độ bền cao, độ cứng. Vật liệu nano cacbon dạng màng có độ dẫn điện cao, có thể chịu được số lần sạc và xả điện rất lớn.

## **2. CÁC DẠNG THÙ HÌNH CỦA VẬT LIỆU CÁC BON**

### **2.1. Kim cương**

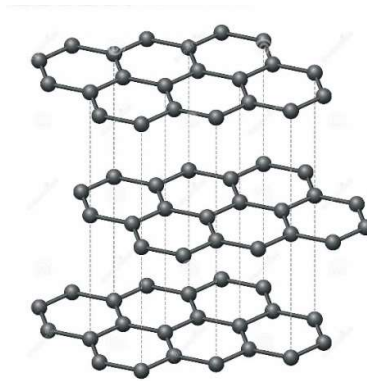
Kim cương là một dạng thù hình của cacbon, nó không những là vật liệu dùng để chế tác các đồ trang sức, mà nó còn được ứng dụng trong rất nhiều thiết bị mà cần độ siêu bền của linh kiện. Trong nguyên tử kim cương, các liên kết cộng hóa trị cân bằng, sự lai hóa của các orbital  $sp^3$  đã tạo nên độ siêu bền cho vật liệu này. Kim cương có nhiệt độ nóng chảy cao, khối lượng riêng lớn, độ cứng cao, chịu được áp suất lớn.



Hình 1. Cấu trúc mạng tinh thể của kim cương

## 2.2. Graphite

Vật liệu graphite có độ bền cao, có hình dạng là các lớp nguyên tử. Trong dạng thù hình graphite, có sự lai hóa các orbital  $sp^2$ , các nguyên tử liên kết với nhau và tạo ra các ô cơ sở là các hình lục giác. Vật liệu được cấu tạo từ graphite có chứa nhiều lớp nguyên tử liên kết như nói ở trên với lực liên kết mạnh. Vật liệu graphite có độ dẫn điện cao, khối lượng riêng lớn nhưng nhẹ hơn kim cương. Khối lượng riêng của graphite là  $2.26 \text{ g/cm}^3$ .



Hình 2. Cấu trúc các lớp của graphite với các lớp nguyên tử

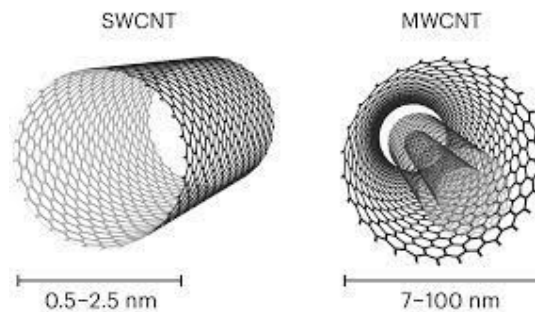
## 2.3. Cacbon vô định hình

Khác với các dạng thù hình đề cập ở trên, cacbon vô định hình tồn tại ở trạng thái phi tinh thể. Trong vật liệu này, các nguyên tử carbon ở dạng tự do, phản ứng không theo bất kì cấu trúc tinh thể nào. Carbon vô định hình tồn tại ở một số vật liệu quen thuộc như than muội, than củi, than hoạt tính. Vật liệu này còn tồn tại trong các loại than phục vụ cho đời sống của con người, vật liệu tiêu biểu là than hoạt tính sử dụng trong

y tế (khâu trang, mặt nạ phòng độc) hoặc trong công nghiệp (các thiết bị lọc nước, hút dầu mỡ).

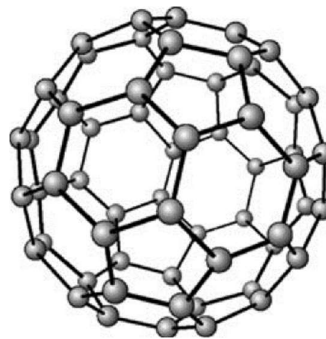
## 2.4. Cacbon nano

- Ống nano cacbon (*carbon nanotube*): là các ống được tạo bởi các nguyên tử carbon với đường kính từ vài tới vài chục nm. Chiều dài của ống nano cacbon có thể gấp hàng nghìn lần. Ống nano có thể tồn tại ở dạng đơn vách (ống chỉ gồm một lớp) và đa vách (ống được tạo từ nhiều lớp xếp lại với nhau). Các ống nano được ứng dụng nhiều trong ngành quang điện tử, điện tử do có độ dẫn điện và dẫn nhiệt cao.



Hình 3. Cấu trúc ống nano đơn vách (trái) và đa vách (phải)

- Fullerene: mỗi phân tử fullerene bao gồm các carbon nguyên tử nối với nhau bằng liên kết đơn và đôi để tạo thành một lưới khép kín hoặc khép kín một phần. Phân tử fulleren có thể là dạng hình cầu rỗng, hình elipsoid, ống hoặc nhiều hình dạng và kích cỡ khác. Fullerene được ký hiệu là  $C_n$ , với  $n$  là số nguyên tử carbon trong mỗi phân tử fullerene. Cấu trúc thông dụng nhất của fullerene là buckminsterfullerene ( $C_{60}$ ).



Hình 4. Cấu trúc của buckyball ( $C_{60}$ ) một cấu trúc phổ biến của fullerene bao gồm 60 nguyên tử carbon xếp lại thành hình cầu

*Sợi cacbon:* là các sợi được cấu tạo từ các nguyên tử cacbon có chiều dài từ 5-10  $\mu\text{m}$ . Các sợi cacbon có rất nhiều ưu điểm như độ cứng cao, rất bền, nhẹ, khả năng chống ăn mòn lớn, độ giãn nở nhiệt thấp. Vì vậy, các sợi cacbon được ứng dụng nhiều trong các thiết bị là việc trong điều kiện khắc nghiệt như áp suất cao, tải trọng nặng, nhiệt độ biến đổi ...

### **3. ỨNG DỤNG CỦA VẬT LIỆU NANO CACBON TRONG LƯU TRỮ NĂNG LƯỢNG**

Vật liệu cacbon, đặc biệt là ống nano cacbon có các đặc tính quý báu như độ dẫn điện cao, độ linh động hạt tải điện lớn, độ xốp cao, có thể chống lại sự ăn mòn hóa học của nhiều loại chất điện phân khác nhau trong pin sạc hoặc siêu tụ. Do vậy ống nano cacbon là vật liệu phù hợp cho ứng dụng làm điện cực pin và siêu tụ. Do các ống nano cacbon có độ xốp lớn, tạo nên diện tích tiếp xúc với chất điện phân lớn, điện dung của siêu tụ có thể cao gấp hàng trăm lần tụ điện thông thường. Các siêu tụ điện được bán trên thị trường có điện dung cỡ vài Fara đối với các tụ điện có kích thước bằng tụ thông thường.

Ngoài vật liệu ống nano carbon, các hạt nano carbon cũng được sử dụng để chế tạo siêu tụ. Sử dụng các hạt nano cacbon pha tạp trên nền  $\text{TiO}_2$  sẽ tạo ra điện cực cho siêu tụ với độ dẫn được cải thiện hơn 1.2%. Đối với chất điện phân  $\text{H}_2\text{SO}_4$  trong siêu tụ, pha tạp thêm các hạt nano cacbon sẽ làm điện dung của tụ tăng thêm gần gấp 3 lần so với trường hợp chất điện phân chỉ sử dụng  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Đồng thời, tuổi thọ của tụ điện được cải thiện đáng kể, sau 5000 sạc và xả, năng lượng mà tụ tích được còn 98.4%.

Graphite cũng là một vật liệu tốt cho ứng dụng chế tạo điện cực cho siêu tụ. Các tính chất của vật liệu này được khảo sát để đánh giá khả năng ứng dụng trong việc tạo điện cực cho siêu tụ. Năm 2022, Zhang đã nghiên cứu điện cực sử dụng graphite, kết quả cho thấy điện cực này cho điện dung rất lớn ( $65 \text{ mF cm}^{-2}$ ), dòng xả lớn, phẩm chất của tụ thay đổi không đáng kể sau nhiều lần sạc. Với dòng sạc  $20 \text{ mA cm}^{-1}$ , điện dung của tụ điện chỉ giảm 1 lượng là 5% sau hơn 10000 lần sạc/xả. Vì vậy, siêu tụ điện có thể sử dụng trong vài năm mà không giảm chất lượng đáng kể.

Cũng giống như các loại vật liệu khác, hiệu ứng pha tạp trong vật liệu cacbon sẽ làm thay đổi tính chất điện, đặc biệt là độ dẫn của vật liệu. Vật liệu graphite được pha tạp N được nhóm Yahui nghiên cứu vào năm 2021, kết quả cho thấy sau khả năng ứng dụng của vật liệu này được tăng lên sau khi pha tạp N. Điện dung riêng của tụ điện sử dụng điện cực vật liệu này đạt  $278 \text{ F g}^{-1}$ , trong khi khả năng xả nạp được duy trì tốt, điện dung còn 94.3% sau 10,000 xả nạp.

#### 4. KẾT LUẬN

Như vậy, vật liệu cacbon tồn tại ở nhiều dạng thù hình trong tự nhiên với các tính chất rất khác nhau. Các tính chất cơ, nhiệt điện của vật liệu này đều rất quý báu, điều này khiến cho vật liệu này trở nên phổ biến hơn trong ngành khoa học vật liệu. Vật liệu nano cacbon có nhiều triển vọng trong việc chế tạo điện cực và chất điện phân trong tụ điện, gợi ý một loại vật liệu mới tiên tiến, nhỏ gọn nhưng cho hiệu suất hoạt động cao.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Zhang, D., 2022, Expanded Graphite-Based Materials for Supercapacitors: A Review, *Molecules* 27(3), 716.
2. Wasinee, P., 2022, High-performance supercapacitors using carbon dots/titanium dioxide composite electrodes and carbon dot-added sulfuric acid electrolyte, *Journal of Electroanalytical Chemistry* (910), 116177.
3. Pan, H., 2010, Carbon Nanotubes for Supercapacitor, *Nanoscale Research Letters* 5, 654.
4. Hamada, N., Sawada, S.I., Oshiyama, A., 1992. "New one-dimensional conductors: Graphitic microtubules", *Physical Review Letters*, 68 (10), 1579–1581.
5. Yu, M., Lourie O, Dyer, M., Moloni, K., Kelly, TF, 2000, "Strength and breaking mechanism of multiwalled carbon nanotubes under tensile load". *Science*. 287 (5453): 637–640.

