

Nghiên cứu biến tính nano graphene ứng dụng chế tạo mực in dẫn điện

Trần Văn Khanh, Lê Hữu Thành, Nguyễn Thu Hương,
Đinh Thế Dũng, Trần Văn Chính*

Viện Hóa học - Vật liệu, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự, 17 Hoàng Sâm, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam.

*Email: chinhpkkq@gmail.com

Nhận bài: 11/3/2024; Hoàn thiện: 09/7/2024; Chấp nhận đăng: 12/7/2024; Xuất bản: 25/8/2024.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.97.2024.113-118>

TÓM TẮT

Trong thí nghiệm này đã nghiên cứu biến tính nano graphene ứng dụng chế tạo mực in dẫn điện. Nano graphene sau khi được biến tính bằng axit oleic để tăng khả năng phân tán trong dung môi hữu cơ được trộn với tỉ lệ chất kết dính và dung môi phù hợp tạo thành mực in dẫn điện. Đã chế tạo thành công mẫu mực in dẫn điện trên cơ sở graphene: mực dung môi với tỉ lệ thành phần 6% bột graphene được biến tính với 2,5% axit oleic và 0,75% chất kết dính cellulose acetate butyrate hòa tan trong dung môi ethyl axetat. Ở công thức mực này điện trở thấp nhất thu được là 22 Ω và điện trở suất 7,56 $\Omega.cm^2$.

Từ khoá: Mực in dẫn điện; Nano graphene.

1. MỞ ĐẦU

Nano graphene có nhiều tính chất đặc biệt nên được nghiên cứu ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, đặc biệt là ngành điện tử làm mực in dẫn điện. Mực dẫn điện graphene có tiềm năng cách mạng hóa ngành in dẫn điện bởi khả năng thay thế mực kim loại, mực polymer dẫn điện và các loại mực sử dụng vật liệu cacbon khác. Báo cáo của Huang [1] nghiên cứu về một loạt các quy trình in phun sử dụng graphene oxide (GO) đơn lớp và GO (FGO) đa lớp phân tán trong nước được in trên các chất nền khác nhau, kết quả cho thấy độ dẫn điện của GO và FGO sau 25 lần in trên nền polyimide (PI) lần lượt là $5,0 \times 10^2$ S/m và $9,0 \times 10^2$ S/m. Trong khi đó, Gao [2] chế tạo các điện cực graphene có độ dẫn cao bằng cách in phun sử dụng ethyl cellulose. Màng in có độ dẫn cao với giá trị $9,24 \times 10^3$ S/m sau 30 lần in nung ở 300 °C trong 30 phút. Vào năm 2016, Miao [3] báo cáo về một phương pháp điều chế graphene cầu (GNPs) đơn giản bằng cách sử dụng quá trình điện hóa trong chất điện phân trên cơ sở muối vô cơ không sử dụng chất ổn định. Majee [4] báo cáo về mực GNP dung môi nước chế tạo bằng cách sử dụng quá trình ăn mòn với xúc tác brom và chất ổn định cellulose hòa tan trong nước, ví dụ (hydroxypropyl)methyl cellulose. Độ dẫn điện dòng một chiều (DC) là $1,4 \times 10^3$ S/m khi màng in GNP được sấy khô ở 100 °C và tăng đến khoảng 3×10^4 S/m nếu nhúng màng vào dung dịch iốt trước khi sấy. He và cộng sự [5] chế tạo màng khử graphene oxide (rGO), in trên nền Si/SiO₂ và thủy tinh, sấy ở 80 °C. Màng in có độ dẫn điện cao với giá trị từ $1,53 \times 10^4$ S/m đến $2,48 \times 10^4$ S/m với đường kính từ 0,68 μ m đến 35,9 μ m. Vào năm 2017, Secor [6] thí nghiệm mực graphene với nitrocellulose như là chất ổn định polymer tổng hợp. Màng in graphene trên thủy tinh có giá trị dẫn điện là $1,0 \times 10^4$ S/m và $4,1 \times 10^4$ S/m tương ứng khi nung ở 200 °C và 350 °C. Năm 2019, Bishakha Ray [7] và cộng sự đã tổng hợp mực rGO, mực từ rGO biến tính với Fe₃O₄ và biến tính với Ni. Kết quả thu được độ dẫn điện của mực rGo, rGo-Fe₃O₄ và rGO-Ni lần lượt là 0,02 S/m, 0,10059 S/m và 0,1828 S/m. Từ đó, ta thấy được rằng biến tính với các hạt nano kim loại đã làm tăng độ dẫn điện của màng so với rGO. Năm 2020, Yaohong Zhang và cộng sự [8] đã sử dụng GO biến tính với butylamin (BTA) để chế tạo mực in ứng dụng trong pin mặt trời thế hệ mới. GO biến tính với BTA giúp tăng tốc độ truyền điện tích, tính di động của sóng mang, và độ dẫn điện.

GNPs có độ hòa tan kém trong các dung môi phổ biến do đặc tính tự nhiên của graphene là kỵ nước. Để tăng cường khả năng phân tán graphene trong dung môi thì bề mặt của vật liệu graphene cần phải được biến tính để gắn kết với các nhóm chức hóa học. Hiện nay, có nhiều phương pháp khác nhau để biến tính gắn nhóm chức hóa học lên bề mặt của graphene, trong các phương pháp

đó thì phổ biến nhất là phương pháp biến tính hóa học bằng cách sử dụng chất oxi hóa mạnh. Các nhóm chức dùng để gắn kết lên bề mặt graphene cũng khá đa dạng, thường thấy là nhóm chức -COOH. Trong nghiên cứu này đưa ra phương án biến tính graphene với axit oleic.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Hóa chất, thiết bị

Dung dịch Graphene phân tán 4% (Vngraphene), Cellulose acetate butyrate (CAB), Etyl axetat (Merk) 99,8%, Axit Oleic 99% (VIETCHEM). Thí nghiệm sử dụng máy khuấy cắt tốc độ cao Model AD500S-H, tủ sấy Memmert UN110 và thiết bị đo điện trở suất Jandel RM3-AR.

2.2. Quy trình biến tính nanographene

Cho dung dịch graphene vào máy khuấy cắt ở tốc độ 5000 vòng/phút đồng thời gia nhiệt bằng phương pháp cách thủy. Khi dung dịch đạt nhiệt độ từ 70 đến 80 °C thì dừng cấp nhiệt, cho axit oleic vào khuấy cắt trong 1 tiếng. Lúc này, các phân tử axit oleic sẽ bám dính lên bề mặt graphene đồng thời việc khuấy cắt sẽ giúp giảm kích cỡ hạt graphene. Sau khi biến tính, dung dịch graphene được đưa vào tủ sấy ở nhiệt độ 140 °C và sấy đến khi nước bay hơi hoàn toàn và ta thu được bột graphene biến tính.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Đặc trưng tính chất của nano graphene sau khi biến tính

Các tính chất của nano graphene sau khi biến tính được nghiên cứu bằng phương pháp ảnh SEM, nhiễu xạ tia X và quang phổ FTIR.

2.3.2. Khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng axit oleic lên tính chất mực in

Lấy 1l dung dịch graphene chia đều ra 10 cốc 100 ml. Cho từng cốc vào máy khuấy cắt đồng thời gia nhiệt. Khi dung dịch graphene đạt 70 °C cho từ từ dung dịch axit oleic với hàm lượng % lần lượt là 50; 43; 33; 27; 20; 11; 5; 2,5; 2; 1,5 vào năm cốc dung dịch graphene. Sau khi được khuấy ở tốc độ 5000 vòng/phút trong 1 tiếng đưa mẫu sấy ở 140 °C cho đến khi dung dịch graphene bay hơi hết còn lại hợp chất dạng bột graphene biến tính axit oleic.

Sau khi sấy xong, lấy 1g từng mẫu cho vào các lọ chứa 5 ml dung dịch chất kết dính CAB hòa tan trong etyl axetat. Khuấy đều các mẫu đến khi bột GNPs phân tán đều trong dung dịch. In các mẫu mực lên nền giấy trắng bình thường với 3 lớp in và đo điện trở suất của từng mẫu.

2.3.3. Khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng chất kết dính tới điện trở suất mực in

Pha 5 ml dung dịch chất kết dính Cellulose acetate butyrate hòa tan trong Etyl axetat với hàm lượng % Cellulose acetate butyrate lần lượt là 10; 8; 6; 4; 2; 1,5; 1; 0,8; 0,75; 0,6; 0,5. Sau đó, cho 1 g GNPs biến tính axit oleic vào các mẫu dung dịch chất kết dính vừa pha. Khuấy đều các mẫu cho đến khi bột GNPs biến tính phân tán đều trong dung dịch. In các mẫu mực lên nền giấy trắng bình thường với 3 lớp in và đo điện trở suất của từng mẫu.

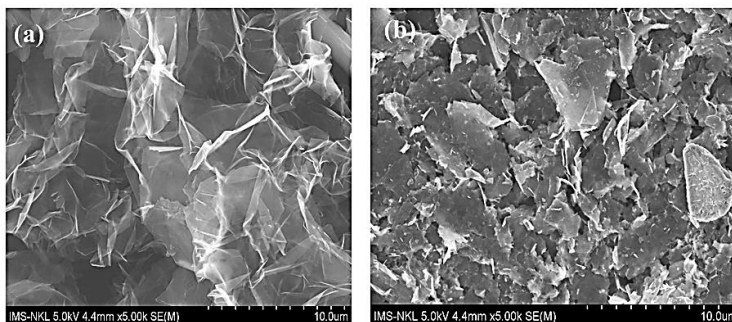
2.3.4. Khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng GNPs tới điện trở suất của mực in

Pha 5 ml dung dịch chất kết dính Cellulose acetate butyrate hòa tan trong Etyl axetat với nồng độ Cellulose acetate butyrate thành 10 cốc. Sau đó cho bột GNPs biến tính axit oleic vào các mẫu dung dịch chất kết dính vừa pha với hàm lượng % lần lượt là 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10. Dùng đĩa thủy tinh khuấy đều các mẫu cho đến khi bột GNPs biến tính phân tán đều trong dung dịch. In các mẫu mực lên nền giấy trắng bình thường với 3 lớp in và đo điện trở suất của từng mẫu.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc trưng tính chất của nano graphene sau khi biến tính

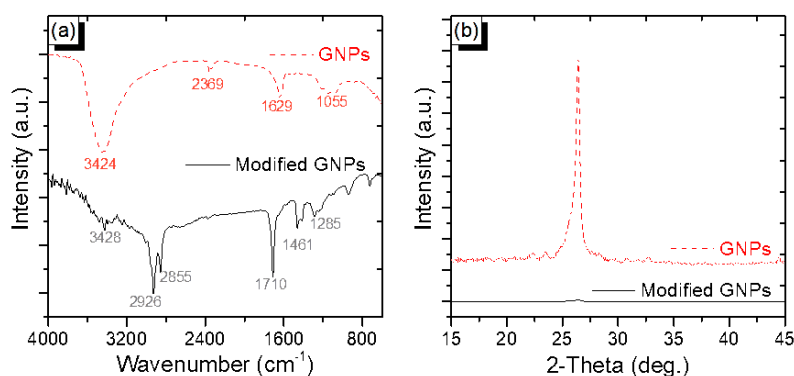
Hình thái của các lớp nano graphene (GNPs) và GNPs biến tính bởi axit oleic được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM), được thể hiện ở hình 1 dưới đây. Có thể thấy rằng các tấm nano graphene (GNPs) có hình thái cấu trúc nếp nhăn và cuộn (hình 1a). Sau khi biến tính bằng axit oleic, các GNPs có xu hướng tăng sự xếp chồng lên nhau của các lớp (hình 1b).



Hình 1. Ảnh kính hiển vi điện tử quét (SEM) của mẫu nano graphene (a) và nano graphene biến tính với acid oleic (b).

Bề mặt cấu trúc của GNPs biến tính axit oleic được phân tích bởi quang phổ hồng ngoại Fourier (FTIR) và phổ XRD (hình 2). Ở phổ hồng ngoại của GNPs, đỉnh peak 3424 và 1629 cm^{-1} là dao động của nhóm -OH được hấp thụ trên bề mặt của GNPs [9]. Hai đỉnh hấp thụ còn lại ở 2369 và 1055 cm^{-1} là đặc trưng dao động của COO- và C-O [10]. Điều này chỉ ra rằng GNPs hầu như không bị oxi hóa trong quá trình tổng hợp. Tất cả đỉnh hấp thụ phổ hồng ngoại của GNPs đều yếu hơn hoặc gần như tiêu biến so với phổ hồng ngoại của GNPs biến tính axit oleic, điều này đồng nghĩa với việc bề mặt của GNPs đã được bao phủ hoàn toàn bởi axit oleic. Trong phổ hồng ngoại của GNPs biến tính, đỉnh hấp thụ ở 2929 và 2855 cm^{-1} đặc trưng cho dao động đối xứng và bất đối xứng của $-\text{CH}_2-$ [11]. Các đỉnh peak ở 1710 cm^{-1} và 1285 cm^{-1} tương ứng với dao động của nhóm cacbonxylic C=O và C-O [12]. Dải đỉnh 1461 cm^{-1} đặc trưng cho dao động uốn (CH_2-) [13]. Kết quả này cho thấy toàn bộ bề mặt GNPs được bao phủ bởi axit oleic. Kết luận này càng được thể hiện rõ hơn qua ảnh chụp XRD (hình 2b). Qua phổ XRD ta thấy được đỉnh đặc trưng của GNPs ở 26.4°. Sau khi được biến tính axit oleic, đỉnh này hầu như biến mất nghĩa là bề mặt của GNPs đã được bao phủ bởi axit oleic.

Axit oleic sẽ tạo các liên kết hydro với các chất hoạt động bề mặt trong dung dịch graphen, làm tăng khả năng phân tán của nano graphene trong dung môi.



Hình 2. Phổ FTIR (a) và XRD (b) của graphene trước và sau biến tính.

3.2. Khảo sát tính chất mực in với hàm lượng axit oleic khác nhau

Bảng 1 cho thấy ảnh hưởng của thành phần axit oleic lên điện trở suất của mực in dẫn điện trên cơ sở GNPs đã biến tính với axit oleic trên bề mặt giấy với thành phần của mực là 1,5% chất kết dính CAB và 4% GNP biến tính.

Bảng 1. Ảnh hưởng của hàm lượng axit oleic tới điện trở suất của mực in.

Hàm lượng axit oleic (%)	50	43	33	27	20	11	5	2,5	2	1,5
Điện trở suất (Resistance, Ω . cm)	536	454	327	282	235	168	102	95	92	90

Kết quả cho thấy điện trở suất của mực giảm dần khi giảm hàm lượng axit oleic. Với hàm lượng axit oleic là 50%, điện trở suất của mực được xác định xấp xỉ 546 Ω . cm. Khi hàm lượng giảm xuống 2,5%, điện trở suất của mực giảm đáng kể xuống còn 95 Ω . cm. Điều này có thể giải thích là do tính chất không dẫn điện của của axit oleic, do đó, khi axit oleic tăng thì điện trở suất tăng. Tiếp tục giảm hàm lượng axit oleic xuống ít hơn 2,5%, điện trở suất giảm không đáng kể, tuy nhiên, ở hàm lượng này graphene khó phân tán trong mực, dẫn đến mực xuất hiện nhiều hạt lớn và không đồng nhất. Do đó, hàm lượng axit oleic 2,5% được chọn làm hàm lượng axit oleic tối ưu để biến tính GNPs.

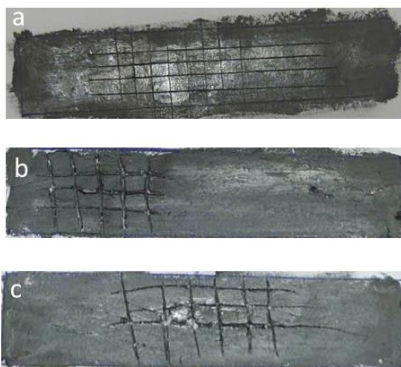
3.3. Khảo sát tính chất mực in với hàm lượng chất kết dính khác nhau

Chất kết dính CAB đóng vai trò quan trọng trong việc bám dính của mực trên các chất nền và ảnh hưởng lớn đến độ dẫn điện của mực. Khảo sát đo điện trở suất của mực in với các hàm lượng CAB khác nhau ta thu được kết quả như sau:

Bảng 2. Ảnh hưởng của hàm lượng chất kết dính CAB tới điện trở suất của mực in.

Hàm lượng CAB (%)	10	8	6	4	2	1,5	1	0,8	0,75	0,6	0,5
Điện trở suất (Resistance, Ω . cm)	864	659	435	324	125	82	54	48	32	36	37

Kết quả trên bảng 2 cho thấy ảnh hưởng của chất kết dính CAB lên điện trở suất của mực in dẫn điện. Với hàm lượng chất kết dính CAB 10% trong công thức, điện trở suất của mực đo được là khoảng 864 Ω .cm. Tuy nhiên, độ điện trở suất của mực giảm nhanh chóng khi hàm lượng chất kết dính CAB giảm. Tương tự như axit oleic, sự giảm điện trở suất của mực khi giảm hàm lượng CAB có thể giải thích là do bản chất không dẫn điện tốt của CAB. Ở hàm lượng CAB là 0,75%, điện trở suất của mực đo được là 32 Ω . cm. Khi giảm hàm lượng xuống dưới 0,75%, điện trở suất của mực bắt đầu tăng lên, tuy vậy, mực lại có độ bám dính thấp, dễ bong tróc (hình 3). Do đó, hàm lượng chất kết dính CAB tối ưu được chọn là 0,75%.



Hình 3. Độ bám dính của mực ở hàm lượng CAB 0,75% (a); 0,6% (b); 0,5% (c).

3.4. Khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng GNPs tới điện trở suất mực in

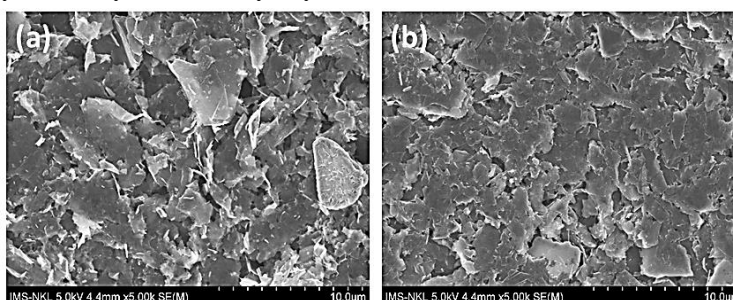
Thành phần dẫn điện chính trong công thức của mực là nanographene (GNPs) sau khi đã được biến tính bởi axit oleic. Do đó, hàm lượng GNPs trong công thức của mực in là một trong những yếu tố quyết định ảnh hưởng đến độ dẫn điện của mực in. Do tính chất dẫn điện cao của GNPs, nên việc tăng hàm lượng GNPs sẽ cải thiện độ dẫn điện của mực. Hàm lượng GNPs được biến tính bằng axit oleic ảnh hưởng lên điện trở suất của mực in với thành phần chất kết dính CAB 0,75% được thể hiện rõ ở bảng sau:

Bảng 3. Ảnh hưởng của hàm lượng GNPs tới điện trở suất của mực in.

Hàm lượng Graphene(%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Điện trở suất (Resistance, Ω . cm)	362	267	144	98	46	22	26	25	24	23

Ta thấy rõ rằng điện trở suất của mực giảm mạnh từ khoảng 360 $\Omega \cdot \text{cm}$ ở hàm lượng GNPs 1% xuống chỉ còn 22 $\Omega \cdot \text{cm}$ ở GNP 6%. Khi hàm lượng GNPs tăng lên hơn 6%, điện trở suất có sự thay đổi không đáng kể nhưng mực sẽ tăng độ nhớt và đặc quánh, gây khó khăn trong quá trình viết và in. Do vậy, hàm lượng GNPs đã được biến tính là 6% được chọn làm tỷ lệ GNPs tối ưu trong công thức của mực in dẫn điện.

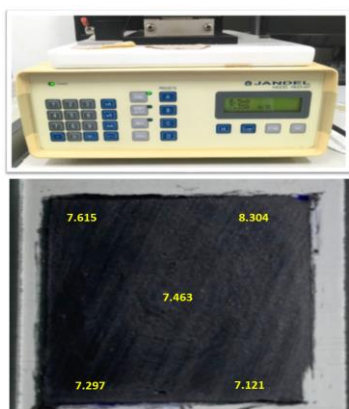
3.5. Hình thái học của mực in trên vật liệu nền



Hình 4. Ảnh SEM của mực in graphene trên giấy trước (a) và sau (b) khi ép.

Hình 4a cho thấy hình ảnh SEM của mực graphene được in trong chất nền giấy được làm khô ở nhiệt độ phòng trước khi ép bằng máy hai con lăn. Ta có thể quan sát thấy các vảy của các lớp GNPs trong công thức của mực. Sau khi ép bề mặt của mực trở nên mịn hơn, sự tiếp xúc giữa các tấm graphene tăng lên, làm cho độ dẫn điện của mực được cải thiện đáng kể. Cụ thể, điện trở của mực trên cơ sở GNPs biến tính với axit oleic đo được là khoảng 74 Ω trước khi ép. Sau khi ép bằng máy hai con lăn, điện trở giảm xuống chỉ còn 22 Ω (hình 4b). Do đó, kỹ thuật ép được sử dụng để cải thiện độ dẫn điện của mực.

Điện trở suất tấm của mực dẫn điện dựa trên GNPs biến tính với axit oleic được xác định bằng cách sử dụng phép đo điện trở bốn đầu dò cho màng mỏng. Mực in dẫn điện trên cơ sở GNPs biến tính được in trên giấy có kích thước 2×2 cm với 3 lớp in, làm khô ở nhiệt độ phòng, sau đó được ép bằng máy hai trục lăn. Giá trị điện trở suất trung bình đo được là 7,56 $\Omega \cdot \text{cm}^{-2}$, cho thấy rằng mực dựa trên GNPs biến tính có tính dẫn điện đáng kể cho các ứng dụng điện tử và cảm biến [14, 15].



Hình 5. Phép đo điện trở bốn đầu dò của mực dẫn điện dựa trên cơ sở GNPs biến tính.

4. KẾT LUẬN

Đã biến tính thành công graphene bằng axit oleic, đưa ra quy trình biến tính và lựa chọn hàm lượng axit oleic 2,5% tối ưu để biến tính GNPs. Từ đó, chế tạo thành công mực in dẫn điện với thành phần chất kết dính CAB, dung môi etyl axetat và nano graphene biến tính. Qua quá trình khảo sát và đánh giá các ảnh hưởng đến quá trình tổng hợp vật liệu đưa ra các thông số tối ưu để chế tạo mực in dẫn điện: mực với tỉ lệ thành phần 6% bột graphene (được biến tính với 2,5% axit

oleic) và 0,75% chất kết dính cellulose acetate butyrate hòa tan trong dung môi ethyl axetat. Ở công thức mực này điện trở thấp nhất thu được là 22Ω và điện trở suất $7,56 \Omega/\text{cm}^2$.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả cảm ơn sự tài trợ kinh phí từ đề tài trẻ cấp Viện Hóa học – Vật liệu: “Nghiên cứu chế tạo mực in dẫn điện trên cơ sở nano graphene biến tính”, quyết định số 19/QĐ-VHHVL ký ngày 02 tháng 02 năm 2023.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. H. Lu, H. Yi, L. Jiajie, W. Xiangjian and C. Yongsheng, "Graphene-Based Conducting Inks for Direct Inkjet Printing of Flexible Conductive Patterns and Their Applications in Electric Circuits and Chemical Sensors," Nano Research, (2011).
- [2]. G. Yahui, S. Wen, W. Wucong, L. Yuanpeng, Z. Yaping, "Inkjet Printing Patterns of Highly Conductive Pristine Graphene on Flexible Substrates," Industrial & Engineering Chemistry Research, (2014).
- [3]. F. Miao, S. Majee, M. Songa, J. Zhao, S.L. Zhang, and Z.B. Zhang, Synth. Met. 220, 318, (2016).
- [4]. S. Majee, C. Liu, B. Wu, S.L. Zhang, and Z.B. Zhang, Carbon 114, 77, (2017).
- [5]. P. He, B. Derby, "Inkjet Printing Graphene-Based Transparent Conductive Films," Research Gate, (2014).
- [6]. E. B.Secor, T. Z.Gao, A. E.Islam, R. Rao and S. G.Wallace, "Enhanced Conductivity, Adhesion, and Environmental Stability of Printed Graphene Inks with Nitrocellulose," Chemistry of Materials, (2017).
- [7]. Saurabh Parmar, Bishakha Ray, Kalyani Date and Suwarna Datar, "Modified graphene as a conducting ink for electromagnetic interference shielding", J. Phys. D: Appl. Phys. 52, 375302, (2019).
- [8]. Yaohong Zhang, Guohua Wu, Chao Ding, Feng Liu, Dong Liu, Taizo Masuda, Kenji Yoshino, Shuzi Hayase, Ruixiang Wang, Qing Shen, "Surface-Modified Graphene Oxide/Lead Sulfide Hybrid Film-Forming Ink for High-Efficiency Bulk Nano-Heterojunction Colloidal Quantum Dot Solar Cells", Nano-Micro Lett, 12:111, (2020).
- [9]. Fan, H.-L.; Li, L.; Zhou, S.-F.; Liu, Y.-Z. "Continuous preparation of Fe_3O_4 nanoparticles combined with surface modification by L-cysteine and their application in heavy metal adsorption". Ceram. Int. 42, 4228–4237, (2016).
- [10]. Coenen, K.; Gallucci, F.; Mezari, B.; Hensen, E.; van Sint Annaland, M. "An in-situ IR study on the adsorption of CO_2 and H_2O on hydrotalcites". J. CO2 Util. 24, 228–239, (2018).
- [11]. Hong, R.-Y.; Li, J.-H.; Zhang, S.-Z.; Li, H.-Z.; Zheng, Y.; Ding, J.-M.; Wei, D.-G. "Preparation and characterization of silica-coated Fe_3O_4 nanoparticles used as precursor of ferrofluids". Appl. Surf. Sci. 255, 3485–3492, (2009).
- [12]. Kooter, I.M.; Pierik, A.J.; Merckx, M.; Averill, B.A.; Mognilevsky, N.; Bollen, A.; Wever, R. "Difference Fourier transform infrared evidence for ester bonds linking the heme group in myeloperoxidase, lactoperoxidase, and eosinophil peroxidase". J. Am. Chem. Soc. 119, 11542–11543, (1997).
- [13]. Ibarra, J.; Melendres, J.; Almada, M.; Burboa, M.G.; Taboada, P.; Juárez, J.; Valdez, M.A. "Synthesis and characterization of magnetite/PLGA/chitosan nanoparticles". Mater. Res. Express, 2, 095010, (2015).
- [14]. K. Arapov, R. Abbel, G. de With, H. Friedrich, Faraday Discuss. 173, 323–336, (2014).
- [15]. A. Capasso, A. D. R. Castillo, H. Sun, A. Ansaldo, V. Pellegrini, F. Bonaccorso, Solid State Commun. 224, 53–63, (2015).

ABSTRACT

Research on fabrication of modified graphene nanoplatelets conductive ink

In this experiment, we studied and successfully modified graphene with oleic acid, proposed the modification process and selected the optimal 2.5% oleic acid content to modify GNPs. From there, we successfully manufactured conductive ink with CAB binder, ethyl acetate solvent and modified nano-graphene. Through the process of surveying and evaluating the effects on the material synthesis process, the optimal parameters for manufacturing conductive ink are given: ink with a composition ratio of 6% graphene powder (modified with 2,5% oleic acid) and 0.75% cellulose acetate butyrate binder dissolved in ethyl acetate solvent. In this ink formula, the lowest resistance obtained is 22Ω and the resistivity is $7.56 \Omega/\text{cm}^2$.

Keywords: Conductive ink; Nano graphene.