

Hiệu ứng phối hợp ống nano các bon và graphite trong tính chất nhiệt của tấm dán tản nhiệt Bucky

Nguyễn Thị Hồng Thắm*, Tiêu Tư Doanh, Ngô Võ Kế Thành, Đỗ Hữu Quyết

Trung tâm Nghiên cứu Triển khai, Khu Công nghệ cao TP Hồ Chí Minh

Ngày nhận bài 4/12/2017; ngày chuyển phản biện 8/12/2017; ngày nhận phản biện 15/1/2018; ngày chấp nhận đăng 19/1/2018

Tóm tắt:

Giấy Bucky được chế tạo bằng phương pháp hút lọc chân không với các ống nano các bon sắp xếp một cách ngẫu nhiên. Với phương pháp này, giấy Bucky tạo được có cấu trúc rỗng xốp và tính chất nhiệt của giấy Bucky phụ thuộc nhiều vào sự tiếp xúc của các ống nano các bon với nhau. Các tác giả đã sử dụng hạt graphite với kích thước lớn hòa trộn vào trong cấu trúc giấy Bucky, sự phối hợp này giúp làm giảm tiếp xúc sợi - sợi giữa các ống nano các bon bằng tiếp xúc hạt - sợi giữa hạt graphite và ống nano các bon, từ đó làm giảm sự ảnh hưởng của các ống nano các bon đến tính chất nhiệt của giấy Bucky. Hạt graphite khi vào mạng giấy Bucky giúp giảm sự co rút giấy do sự co rút của các ống nano các bon, giúp giấy giữ được hình dạng sau khi tổng hợp cho nên lượng vật liệu dùng tổng hợp giấy ít hơn và có thể tổng hợp giấy Bucky với độ dày thấp hơn. Điều này cho phép tiết kiệm nguyên liệu và đồng thời cũng giúp tăng độ dẫn nhiệt riêng của giấy Bucky từ 0,13 W/mK lên 0,21 W/mK. Khi thấm với dầu silicon, kết quả cho thấy độ dẫn nhiệt tăng từ 0,26 W/mK lên 0,65 W/mK đối với mẫu không có và có graphite, nhiệt trở tiếp xúc sau khi thấm silicon giảm đi 20 lần. Độ bền nhiệt của giấy tăng khi tăng nhiệt độ phân hủy từ 460°C lên 500°C.

Từ khóa: Giấy Bucky, hiệu ứng phối hợp, tấm dán tản nhiệt.

Chỉ số phân loại: 1.8

Giới thiệu

Giấy Bucky được biết đến là loại vật liệu màng mỏng được tạo thành từ sự sắp xếp của các ống nano các bon thông qua lực liên kết Van der Waals. Do đó mà tính chất nhiệt của giấy Bucky bị ảnh hưởng nhiều bởi cấu trúc mạng. Nhiều khảo sát cho thấy đường kính, chiều dài [1, 2], tỷ lệ đường kính/chiều dài [3], sự định hướng [4], độ dẫn nhiệt riêng của các ống nano các bon [5], loại ống nano các bon đơn vách hay đa vách [6]... đều có ảnh hưởng đến độ dẫn nhiệt của giấy Bucky. Một vài nghiên cứu gần đây đã nghiên cứu về hiệu ứng phối hợp của nhiều vật liệu nhằm làm tăng độ dẫn nhiệt như kết hợp graphen nanoplatelet và ống nano các bon [7], ống nano các bon và ống nano đồng [8]... kết quả cho thấy sự kết hợp các loại vật liệu với nhau giúp cải thiện tính chất nhiệt rõ rệt. Bằng cách sử dụng dầu silicon thấm vào giấy Bucky, nhóm tác giả H. Chen [1] đã đưa ra kết luận về việc cải thiện độ dẫn nhiệt cũng như nhiệt trở tiếp xúc của giấy Bucky.

Trong báo cáo này, chúng tôi nghiên cứu việc sử dụng graphite kết hợp với ống nano các bon vì một số nguyên nhân. Thứ nhất ống nano các bon và graphite nhẹ và có cùng cấu hình từ các bon nên dễ dàng phân tán với nhau tạo hỗn hợp đồng nhất. Thứ hai, ống nano các bon dài có xu hướng nằm ngang khi tổng hợp giấy Bucky, trong khi sự truyền nhiệt theo chiều dài ống nano các bon là chủ yếu, điều này sẽ làm hạn chế khả năng truyền tản nhiệt của giấy Bucky.

Cho nên chúng tôi nghĩ đến việc sử dụng hạt graphite với kích thước lớn hơn với mục đích làm điểm tựa cho các ống nano các bon, tạo ra các đường truyền nhiệt hiệu quả hơn.

Thực nghiệm

Ống nano các bon được sử dụng trong báo cáo là loại đa vách (đường kính khoảng 20 nm, độ tinh khiết > 90%) của hãng Cheaptubes (Mỹ). Dầu silicon sử dụng của hãng Sigma Aldrich (Đức) với độ nhớt 150 mPa.s.

Trong phần thực nghiệm, chúng tôi sử dụng phương pháp hút lọc chân không để chế tạo giấy Bucky. Hai thành phần ống nano các bon và graphite được phân tán đồng thời trong dung môi IPA, sau đó được hút bằng chân không qua phễu lọc để tạo lớp màng trên giấy lọc là giấy Bucky hai thành phần. Chúng tôi tiến hành khảo sát với các tỷ lệ khác nhau giữa khối lượng ống nano các bon và hạt graphite theo hướng tăng dần như sau: 1:1, 1:3, 1:5, 1:7. Các mẫu sau đó được chúng tôi thấm ướt với dầu silicon nhằm tăng sự tiếp xúc giữa các thành phần trong giấy Bucky.

Để nghiên cứu độ dẫn nhiệt của giấy Bucky, chúng tôi thiết kế hệ đo nhiệt trở theo tiêu chuẩn ASTM 5470 và sau đó tính toán độ dẫn nhiệt. Khả năng chịu nhiệt của giấy được kiểm tra bằng phương pháp phân tích nhiệt vi sai TGA (thermal gravity analysis). Cấu trúc mạng của giấy Bucky được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét SEM.

*Tác giả liên hệ: Email: tham.nguyenthihong@shtplabs.org

Synergetic effects from carbon nanotubes and graphite platelets on thermal properties of Bucky thermal pad

Thi Hong Tham Nguyen*, Tu Doanh Tieu,
Vo Ke Thanh Ngo, Huu Quyet Do

Center for Deployment Research, SHTP

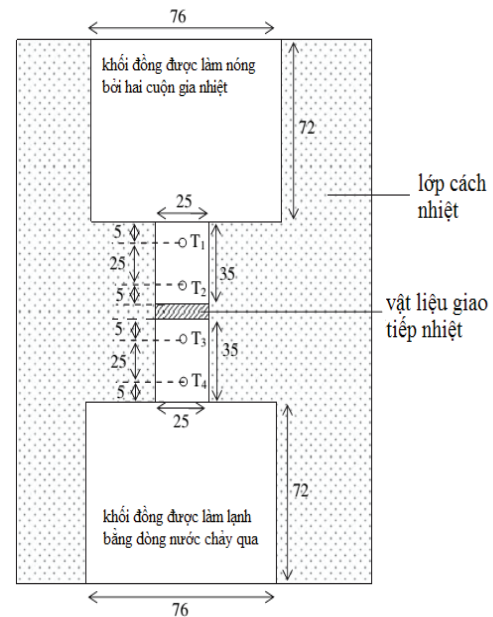
Received 4 December 2017; accepted 19 January 2018

Abstract:

Random buckypaper was fabricated by dispersion and micro-filtration of a suspension of carbon nanotubes. In this method, the resulting buckypaper had a porous structure, and its thermal properties were most dependent on the tangency of individual carbon nanotubes. To decrease the thermal resistance of carbon nanotubes, graphite platelets at a large size were mixed with carbon nanotubes to perform buckypaper. The experimental result showed that synergetic effects from two materials could effectively enhance the thermal conductivity of buckypaper, with the thermal conductivity increased from 0.13 W/mK to 0.21 W/mK. The composite buckypaper was fabricated by the infiltration of silicone oil through the buckypaper. The experimental result of the composite showed that the thermal conductivity increased from 0.26 W/mK to 0.65 W/mK, the contact resistance decreased by 20 times, and the temperature of decomposition also increased from 460°C to 500°C. Those results proved the effects of synergy from different materials.

Keywords: Buckypaper, synergetic effects, thermal pad.

Classification number: 1.8



Hình 1. Sơ đồ bố trí hệ đo nhiệt trở.

Hệ đo nhiệt trở được bố trí như sơ đồ hình 1. Khối đồng được gia nhiệt lên một nhiệt độ nhất định và được giữ nguyên trong một khoảng thời gian để có giá trị ổn định. Các giá trị T_1 , T_2 , T_3 , T_4 tại các vị trí trên khối đồng nhỏ được lưu lại trong bộ ghi, sau đó các giá trị này sẽ được dùng để tính toán nhiệt trở trung bình của mẫu.

Theo phương pháp D5470 của ASTM, dòng nhiệt Q được cho bởi:

$$Q = \frac{\lambda A}{d_A} \Delta T \quad (1)$$

Trong đó, $\Delta T = T_1 - T_2 = T_3 - T_4$, λ là độ dẫn nhiệt của khối đồng, A là diện tích bề mặt của khối đồng nhỏ 25 x 25 mm, d_A là khoảng cách của giữa hai cặp nhiệt T_1 và T_2 (tức 25 mm).

Nhiệt độ tại mặt trên của vật liệu giao tiếp nhiệt là T_A , được cho bởi:

$$T_A = T_2 - \frac{d_B}{d_A} (T_1 - T_2) \quad (2)$$

Trong đó d_B là khoảng cách giữa cặp nhiệt T_2 và mặt trên của lớp vật liệu giao tiếp nhiệt (tức 5 mm).

Nhiệt độ tại mặt dưới của lớp vật liệu giao tiếp nhiệt là T_D , được cho bởi:

$$T_D = T_3 + \frac{d_D}{d_C} (T_3 - T_4) \quad (3)$$

Trong đó, d_D là khoảng cách giữa cặp nhiệt T_3 và mặt

dưới của lớp vật liệu giao tiếp nhiệt (tức 5 mm) và d_c là khoảng cách giữa cặp nhiệt T_3 và T_4 (tức 25 mm).

Nhiệt trở suất θ được cho bởi:

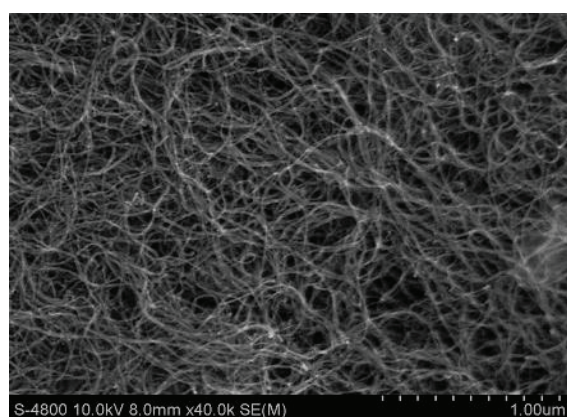
$$\theta = (T_A - T_D) \frac{A}{Q} \quad (4)$$

Thay Q từ công thức (1) ta được công thức dùng để tính nhiệt trở:

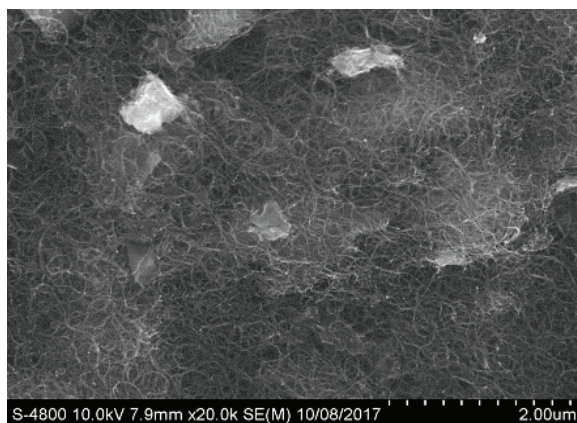
$$\theta = (T_A - T_D) \frac{d_A}{\lambda \Delta T} \quad (5)$$

Kết quả và thảo luận

Sau khi chế tạo mẫu, chúng tôi tiến hành phân tích hình dạng bằng phương pháp SEM, mẫu được dán lên trên băng dính các bon hai mặt, mẫu Bucky với thành phần ống nano các bon được phóng đại 40 ngàn lần trong khi mẫu Bucky với thành phần ống nano các bon và graphite được phóng đại 20 lần, với mục đích là quan sát sự tương quan giữa các thành phần cũng như sự tồn tại của các thành phần trong mẫu.



(A)

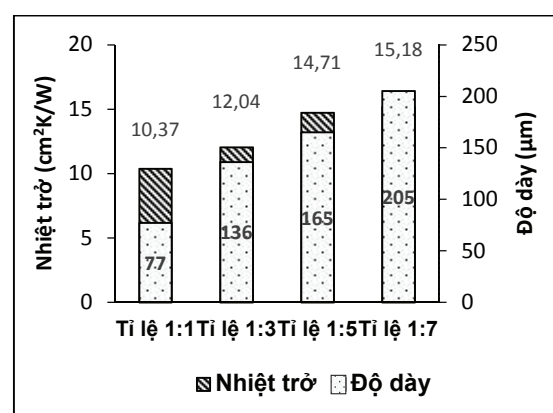


(B)

Hình 2. Ảnh SEM giấy Bucky với (A) thành phần ống nano các bon và (B) kết hợp ống nano các bon với graphite tỷ lệ 1:5.

Qua ảnh SEM (hình 2) có thể thấy mạng cấu trúc của giấy Bucky còn rất nhiều lỗ xóp do được hình thành từ các sợi ống nano các bon sắp xếp ngẫu nhiên với nhau. Các lỗ xóp này góp phần đáng kể vào nhiệt trở của giấy, làm cho độ dẫn nhiệt của giấy Bucky giảm nhiều lần so với độ dẫn nhiệt của các ống nano các bon riêng lẻ. Bằng cách phối trộn các hạt graphite vào trong mạng giấy Bucky, chúng tôi mong muốn giảm nhiệt trở tiếp xúc của các sợi bằng cách thay thế sự tiếp xúc giữa các sợi bằng tiếp xúc giữa sợi và hạt graphite. Các hạt graphite đóng vai trò làm các điểm tựa cho các ống nano các bon, tạo ra đường truyền nhiệt hiệu quả hơn. Có thể thấy với kích thước hạt lớn rất nhiều so với ống nano các bon, thì một lượng lớn tiếp xúc sợi - sợi sẽ được thay thế bằng vài tiếp xúc sợi - hạt, từ đó làm giảm nhiệt trở tiếp xúc trong giấy Bucky.

Từ đồ thị hình 3 ta thấy, nhiệt trở của mẫu tăng khi tăng dần tỷ lệ khối lượng graphite trong mẫu. Trước hết, điều này chứng tỏ là graphite được trộn lẫn vào trong mạng Bucky làm cho bề dày của mẫu tăng lên như biểu diễn trên hình 3. Và theo chúng tôi, nguyên nhân dẫn đến sự tăng nhiệt trở là do sự gia tăng tiếp xúc nhiệt giữa các thành phần trong mẫu khi tăng khối lượng các thành phần, điều này làm giảm độ dẫn nhiệt của mẫu. Đồng thời, tăng bề dày cũng đồng nghĩa với tăng bề dày liên kết giữa hai bề mặt. Cho nên việc tăng khối lượng các thành phần sẽ làm giảm độ dẫn nhiệt và tăng bề dày liên kết của mẫu, kết quả là làm tăng nhiệt trở mẫu.

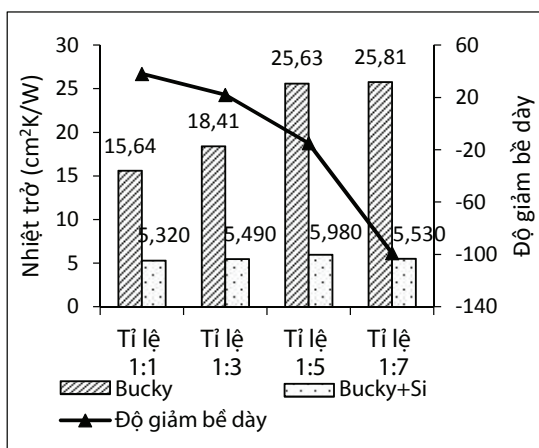


Hình 3. Nhiệt trở giấy Bucky theo các tỷ lệ graphite khác nhau với khối lượng ống nano các bon là 250 mg.

Ban đầu chúng tôi khảo sát với khối lượng ống nano các bon ít, làm cho giấy Bucky tạo thành có bề dày nhỏ, khó thao tác, giấy dễ bị rách khi lấy ra khỏi giấy lọc, nên chúng tôi quyết định tăng lượng ống nano các bon. Chúng tôi nhận thấy rằng giấy Bucky dày hơn sẽ dễ dàng bóc tách ra khỏi giấy lọc. Tương ứng với lượng ống nano các bon thì lượng graphite cũng tăng theo, tuy nhiên tỷ lệ giữa hai thành phần vẫn được chúng tôi tiếp tục khảo sát với các tỷ lệ 1:1, 1:3, 1:5, 1:7.

Các mẫu giấy Bucky sau đó được chúng tôi thấm ướt silicon nhằm gia tăng sự tiếp xúc nhiệt giữa các thành phần với nhau. Kết quả đo nhiệt sau đó cho thấy nhiệt trở của giấy Bucky giảm đi rất nhiều. Quan sát hình 4, với mẫu Bucky nhiệt trở tăng khá nhiều theo bề dày của mẫu, tuy nhiên cùng các mẫu đó sau khi thấm silicon thì nhiệt trở giảm rõ và sự thay đổi nhiệt trở theo bề dày cũng thấp hơn nhiều. Sau khi thấm ướt với dầu silicon bề dày của các mẫu cũng thay đổi ít hơn. Đường cong biểu diễn sự thay đổi bề dày trên hình 4 cho thấy, mẫu có tỷ lệ graphite cao hơn sau khi thấm silicon thì độ thay đổi theo bề dày giảm nhiều hơn. Thậm chí với tỷ lệ 1:7, mẫu sau khi thấm có bề dày nhỏ hơn trước khi thấm silicon.

Giải thích điều này, chúng tôi cho rằng khi được thấm dầu silicon, các ống nano các bon phân tán làm thay đổi hình dạng các sợi, dẫn đến làm tăng bề dày của mẫu. Trường hợp của graphite với dạng khối thì sự thay đổi hình dạng trong dầu silicon ít hơn, thậm chí là không xảy ra, nên bề dày mẫu tăng không nhiều. Khi càng tăng khối lượng graphite trong mẫu, đồng thời là giảm lượng ống nano các bon trong mẫu, sự ảnh hưởng của ống nano các bon lên sự thay đổi bề dày ít hơn, do đó mà bề dày của mẫu không tăng nhiều.



Hình 4. Kết quả nhiệt trở của mẫu Bucky và Bucky thấm silicon với khối lượng ống nano các bon là 600 mg.

Để làm rõ hơn về vai trò của silicon và graphite trong cấu trúc giấy Bucky, chúng tôi biện luận dựa trên khái niệm nhiệt trở hiệu dụng của vật liệu. Như chúng ta đã biết, nhiệt trở hiệu dụng của vật liệu bao gồm hai thành phần là nhiệt trở riêng và nhiệt trở tiếp xúc được biểu diễn như trong công thức (6). Trong đó $R_{hiệu dụng}$ là nhiệt trở hiệu dụng; BLT là độ dày liên kết nhiệt hay bề dày của lớp vật liệu, k_{Tim} là độ dẫn nhiệt riêng, hai thành phần này tạo nên nhiệt trở riêng của vật liệu; R_{c1} và R_{c2} lần lượt là các nhiệt trở tiếp xúc giữa bề mặt tiếp xúc và vật liệu.

$$R_{hiệu dụng} = \frac{BLT}{k_{Tim}} + R_{c1} + R_{c2} \quad (6)$$

Từ kết quả hình 4 ta thấy, nhiệt trở của mẫu thấm silicon giảm từ 3 đến 5 lần so với mẫu không thấm silicon. Từ đó có thể nói rằng dầu silicon đã giúp cải thiện nhiệt trở cho giấy Bucky. Trước hết, khi so sánh hai mẫu có và không có thấm silicon, thì mẫu có thấm silicon có độ mềm dẻo hơn so với mẫu không thấm, nên khi lắp vào hệ đo thì mẫu có thấm silicon được ép khít hơn, đồng nghĩa với việc mẫu có thấm silicon tiếp xúc tốt hơn so với mẫu không thấm.

Khi pha trộn graphite vào trong cấu trúc giấy Bucky, cấu trúc khối giúp cho các hạt graphite ít bị thay đổi hình dạng khi thấm dầu silicon, nên độ dày mẫu ít thay đổi hơn. Bên cạnh đó, với giấy Bucky chỉ gồm các ống nano các bon, như trên ảnh SEM ta thấy thì các sợi chỉ tiếp xúc tại một vài điểm trên chiều dài của sợi và tạo ra khá nhiều không gian trống giữa chúng. Khi trộn các hạt graphite vào trong cấu trúc sẽ làm tăng sự tiếp xúc giữa các thành phần với nhau, dẫn đến ít không gian trống hơn, hay nói cách khác là tăng độ dẫn nhiệt cho mẫu. Như vậy việc thay thế graphite vào mẫu đã đạt tới mục tiêu giảm bề dày liên kết và tăng độ dẫn nhiệt của giấy Bucky, đóng góp vào việc làm giảm nhiệt trở hiệu dụng cho mẫu.

Như vậy với kết quả đo nhiệt trở ban đầu ta có thể thấy được vai trò của silicon và graphite trong giấy Bucky. Silicon giúp làm tăng tiếp xúc giữa mẫu với mặt tiếp xúc nhờ việc cải thiện độ mềm dẻo cho mẫu. Graphite thì có vai trò cải thiện cấu trúc cho giấy Bucky, giúp làm giảm nhiệt trở riêng của giấy.

Từ kết quả nhiệt trở của các mẫu, chúng tôi nhận thấy là khi có sự hỗ trợ của dầu silicon, nhiệt trở của các mẫu được đưa về giá trị gần như nhau, điều này có thể dẫn đến xu hướng tăng khối lượng graphite trong mẫu để có thể giảm tối đa lượng ống nano các bon, thậm chí có thể thay thế hoàn toàn bằng graphite. Tuy nhiên, kết quả thực nghiệm cho thấy nếu tiếp tục tăng tỷ lệ graphite trong mẫu thì sẽ làm giảm cơ tính của giấy Bucky, nếu khối lượng graphite quá nhiều thì không thể tạo thành giấy Bucky. Bởi vì, vai trò của graphite trong giấy Bucky là chất độn để cải thiện tính chất của mẫu, trong khi đó ống nano các bon đóng vai trò là tạo mạng liên kết cho giấy Bucky, cho nên việc tăng lượng graphite trong giấy Bucky cũng có giới hạn. Do đó, trong báo cáo này chúng tôi dừng lại ở tỷ lệ ống nano các bon và graphite là 1:7 để giấy Bucky vẫn còn cơ tính đảm bảo cho khi ứng dụng làm tấm dán.

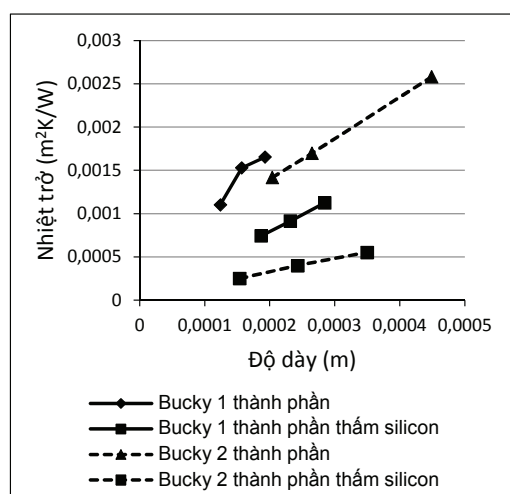
Để có kết luận chặt chẽ hơn, chúng tôi tiến hành tính toán độ dẫn nhiệt của các mẫu giấy. Để có các kết quả, chúng tôi tiến hành đo nhiệt trở của các mẫu với các bề dày khác nhau và ngoại suy ra giá trị độ dẫn nhiệt.

Từ tiêu chuẩn ASTM D5470 [9] ta có phương trình đường thẳng tính toán độ dẫn nhiệt theo công thức (7).

$$\Theta_{\text{tổng}} = \Theta_{\text{tiếp xúc}} + t/k_{\text{khối}} \quad (7)$$

Trong đó $\Theta_{\text{tổng}}$ là nhiệt trở đo được, t là độ dày của lớp vật liệu. Từ phương trình đường thẳng này ta có thể tính được độ dẫn nhiệt khối $k_{\text{khối}}$ chính là nghịch đảo của hệ số góc, nhiệt trở tiếp xúc là giao điểm của đường thẳng và trục tung. Có thể thấy các đại lượng này tương đương với các đại lượng trong công thức (6) mà ta đã sử dụng trước đó.

Sử dụng các số liệu, chúng tôi có được các đường thẳng biểu diễn trên hình 5. Và với cách xác định như trên, chúng tôi có được độ dẫn nhiệt và nhiệt trở tiếp xúc của các mẫu được tóm tắt trong bảng 1.



Hình 5. Đường thẳng tính toán độ dẫn nhiệt của các mẫu.

Bảng 1. Tóm tắt kết quả độ dẫn nhiệt và nhiệt trở tiếp xúc của các mẫu.

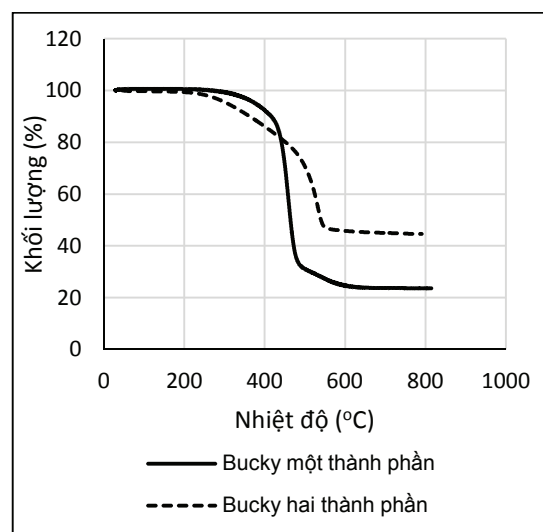
Mẫu	Độ dẫn nhiệt (W/mK)	Nhiệt trở tiếp xúc (m²K/W)
Bucky 1 thành phần	0,13	0,0002
Bucky 1 thành phần thấm silicon	0,26	0,00001
Bucky 2 thành phần	0,21	0,0004
Bucky 2 thành phần thấm silicon	0,65	0,00002

So sánh độ dẫn nhiệt của mẫu một thành phần không chứa graphite với mẫu hai thành phần có chứa graphite, ta thấy độ dẫn nhiệt tăng từ 0,13 W/mK lên 0,21 W/mK, sự tăng độ dẫn nhiệt cho thấy hiệu quả việc thay đổi cấu trúc của graphite dẫn đến cải thiện độ dẫn nhiệt cho giấy Bucky. Nhìn vào sự tuyến tính của các số liệu trên hình 5 của mẫu hai thành phần, có thể nhận định là mẫu hai thành phần có độ ổn định cấu trúc hơn so với mẫu một thành phần. Theo chúng tôi là do các ống nano các bon khi sắp xếp với nhau tạo thành rất nhiều khoảng trống, làm cho mẫu bị xốp, khi đưa vào hệ đo đặc bị ép lại thì độ dày có sự thay đổi nhiều. Khi cho thành phần graphite vào cấu trúc, sự kết hợp giữa dạng hạt và dạng sợi giúp giảm thiểu các khoảng trống, giúp

cấu trúc mẫu xếp chặt và ổn định hơn. Điều này cũng là nguyên nhân làm cho mẫu chứa graphite có độ dẫn nhiệt cao hơn.

Độ dẫn nhiệt của mẫu cũng được cải thiện bởi sự có mặt của silicon, bằng chứng là độ dẫn nhiệt của mẫu thấm silicon cũng tăng hơn so với mẫu không thấm silicon. Tuy nhiên, đối với mẫu một thành phần thì chúng tôi có nhận xét là hiệu quả cải thiện của silicon kém hơn. Với mẫu một thành phần độ dẫn nhiệt khi có silicon chỉ tăng 2 lần, từ 0,13 W/mK lên 0,26 W/mK. Còn mẫu hai thành phần độ dẫn nhiệt tăng hơn 3 lần, từ 0,21 W/mK lên 0,65 W/mK. Như đã đề cập trước đó, khi silicon thấm vào trong giấy Bucky còn làm thay đổi cấu trúc của giấy bằng cách thay đổi sự sắp xếp của các thành phần trong giấy. Với mẫu một thành phần chỉ gồm các sợi ống nano các bon, các sợi phân tán nhiều hơn trong môi trường của silicon và bị tách rời xa nhau hơn, điều này hạn chế một phần sự truyền nhiệt trong giấy. Với mẫu hai thành phần, do graphite ít bị phân tán hơn nên sự truyền nhiệt không bị ảnh hưởng nhiều, kết quả là hiệu quả tản nhiệt tốt hơn.

Tuy nhiên, vai trò của silicon thể hiện rõ hơn ở việc cải thiện nhiệt trở tiếp xúc của mẫu. Dựa vào kết quả trong bảng 1, ta thấy rằng sự có mặt của silicon đã giúp làm giảm nhiệt trở tiếp xúc xuống 20 lần. Trong khi sự sai khác nhiệt trở tiếp xúc của hai mẫu một và hai thành phần chỉ gấp 2 lần và sự sai khác này hầu như cũng không đổi sau khi thấm silicon. Sự cải thiện này liên quan đến việc silicon giúp làm giảm độ cứng của mẫu, làm tăng khả năng tương thích của mẫu với bề mặt tiếp xúc. Bên cạnh đó, sự có mặt của silicon trong mẫu còn giúp thay thế các khoảng không trống tạo thành trong mẫu, giúp tăng cường sự tiếp xúc nhiệt bên trong cấu trúc.



Hình 6. Kết quả TGA của mẫu một thành phần và hai thành phần.

Bên cạnh việc cải thiện độ dẫn nhiệt cho giấy Bucky, kết quả phân tích nhiệt vi sai còn cho thấy khả năng chịu nhiệt tốt hơn của mẫu Bucky hai thành phần. Kết quả được chúng tôi so sánh trên hình 6, cho thấy nhiệt độ phân hủy của mẫu Bucky một thành phần vào cỡ 460°C, trong khi mẫu hai thành phần nhiệt độ này khoảng 500°C.

Nhiệt độ phân hủy của giấy Bucky hai thành phần cao hơn đồng nghĩa với việc mẫu có độ bền nhiệt cao hơn. Điều này sẽ giúp kéo dài thời gian sử dụng của mẫu, tăng hiệu suất truyền tản nhiệt khi đưa vào ứng dụng.

KẾT LUẬN

Như vậy, bằng cách pha trộn graphite vào trong cấu trúc giấy Bucky, chúng tôi đã đạt được các kết quả như sau: 1) Tăng độ dẫn nhiệt và giảm nhiệt trở hiệu dụng cho giấy; 2) Giúp ổn định cấu trúc cho giấy Bucky; 3) Tăng độ bền nhiệt, giúp kéo dài thời gian sử dụng cho giấy Bucky; 4) Giảm lượng ống nano các bon sử dụng, giúp tiết kiệm chi phí chế tạo.

Việc pha trộn graphite vào trong cấu trúc giúp tạo ra dạng cấu trúc mới, tạo nên hiệu quả phối hợp giữa các dạng vật liệu có cùng dạng thù hình với nhau, giúp cải thiện tính chất của vật liệu ban đầu. Điều này cũng mở ra hướng nghiên cứu mới trong việc cải thiện cấu trúc của giấy Bucky truyền thống.

LỜI CẢM ƠN

Chúng tôi chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tài chính từ Bộ Khoa học và Công nghệ thông qua đề tài “Nghiên cứu công

nghệ chế tạo màng mỏng truyền nhiệt trên nền nano các bon ứng dụng cho các thiết bị điện và điện tử”, mã số ĐM.17.NC/16.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] H. Chen, M. Chen, J. Di, G. Xu, H. Li and Q. Li (2012), “Architecting three-dimensional networks in carbon nanotube buckypapers for thermal interface materials”, *J. Phys. Chem. C*, **116**(6), pp.3903-3909.
- [2] P.C. Song, C.H. Liu, and S.S. Fan (2006), “Improving the thermal conductivity of nanocomposites by increasing the length efficiency of loading carbon nanotubes”, *Appl. Phys. Lett.*, **88**(15), p.153111.
- [3] R.S. Kapadia, B.M. Louie, and P.R. Bandaru (2013), “The Influence of Carbon Nanotube Aspect Ratio on Thermal Conductivity Enhancement in Nanotube-Polymer Composites”, *J. Heat Transfer*, **136**(1), p.11303.
- [4] P. Gonnet, et al. (2006), “Thermal conductivity of magnetically aligned carbon nanotube buckypapers and nanocomposites”, *Curr. Appl. Phys.*, **6**(1), pp.119-122.
- [5] A.N. Volkov and L.V. Zhigilei (2012), “Heat conduction in carbon nanotubes materials: Strong effect of intrinsic thermal conductivity of carbon nanotubes”, *Appl. Phys. Lett.*, **101**(43113), pp.1-5.
- [6] W.T. Hong and N.H. Tai (2008), “Investigations on the thermal conductivity of composites reinforced with carbon nanotubes”, *Diam. Relat. Mater.*, **17**(7-10), pp.1577-1581.
- [7] X. Huang, C. Zhi, and P. Jiang (2012), “Toward effective synergetic effects from graphene nanoplatelets and carbon nanotubes on thermal conductivity of ultrahigh volume fraction nanocarbon epoxy composites”, *J. Phys. Chem.*, **116**(44), pp.23812-23820.
- [8] Y. Xing, et al. (2015), “Carbon nanotube/Cu nanowires/Epoxy composite mats with improved thermal and electrical conductivity”, *J. Nanosci. Nanotechnol.*, **15**(4), pp.3265-3270.
- [9] ASTM, *Standard test methods for thermal transmission properties of thin thermally conductive solid electrical insulation materials*, Annual Books of Standards.