

Ứng dụng chất lỏng chứa thành phần ống nanô cacbon đa tường trong tản nhiệt cho đèn LED công suất lớn

Phạm Văn Trinh¹, Phan Ngọc Hồng¹, Nguyễn Mạnh Hồng¹, Lê Đình Quang¹, Cao Thị Thanh¹, Nguyễn Văn Chúc¹,
Bùi Hùng Thắng^{1*}

Phan Hồng Khôi², Phan Ngọc Minh²

¹Viện Khoa học vật liệu

²Trung tâm Phát triển Công nghệ cao

Ngày nhận bài 6.11.2014, ngày chuyển phản biện 10.11.2014, ngày nhận phản biện 12.12.2014, ngày chấp nhận đăng 16.12.2014

Ống nanô cacbon (CNTs) là một trong số các loại vật liệu quý với hệ số dẫn nhiệt cao được biết tới hiện nay. Hệ số dẫn nhiệt của ống nanô cacbon đơn sợi đạt đến $2000 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ so sánh với độ dẫn nhiệt của Ag là $419 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$. Chất lỏng chứa thành phần CNTs đã thể hiện nhiều tính chất thú vị và tính năng đặc biệt mang đến tiềm năng ứng dụng trong tản nhiệt cho thiết bị điện tử, như bộ xử lý trung tâm máy tính, hay đèn LED công suất lớn... Trong nghiên cứu này, chất lỏng chứa thành phần ống nanô cacbon đa tường (MWCNTs) được chế tạo bằng cách phân tán đồng đều MWCNTs biến tính trong hỗn hợp ethylene glycol/nước cất (EG/DW) bằng cách sử dụng chất hoạt động bề mặt Tween-80 và phương pháp rung siêu âm. Sự biến tính thành công của MWCNTs được chứng minh bởi phép đo Raman và phổ FTIR. Sự phân tán của MWCNTs trong chất lỏng được khảo sát bằng thiết bị Malvern Zetasizer Nano ZS. Chất lỏng chứa thành phần MWCNTs được sử dụng làm chất lỏng tản nhiệt trong hệ thống tản nhiệt cho đèn LED siêu sáng bao gồm đèn đường LED công suất 100 W và đèn pha LED công suất 450 W. Các kết quả nghiên cứu đã khẳng định sự ưu việt của MWCNTs trong hệ thống tản nhiệt cho đèn LED công suất lớn nói riêng và những thiết bị điện tử công suất lớn nói chung.

Từ khóa: chất lỏng nanô, CNTs, LED công suất cao, tản nhiệt, truyền nhiệt.

Chỉ số phân loại 1.8

Giới thiệu

Tản nhiệt là nhân tố quan trọng và có sự ảnh hưởng lớn đến việc thiết kế cho các thiết bị điện tử công suất, trong đó hiệu suất của thiết bị điện tử chịu sự ảnh hưởng đáng kể của nhiệt độ. Ngoài ra, tuổi thọ của thiết bị điện tử có thể giảm mạnh khi nhiệt lượng tỏa ra từ linh kiện lớn. Vì vậy thách thức đặt ra cho công nghệ tản nhiệt hiện nay là phát triển những cấu trúc dẫn nhiệt có thể giúp giảm nhiệt độ hoạt động của linh kiện, đồng thời nâng cao mật độ công suất của thiết bị điện tử, đặc biệt là trong các thể hệ vi xử lý máy tính mới [1].

Trong những năm gần đây, đã có nhiều phương pháp được nghiên cứu và phát triển để cải thiện hiệu quả cho hệ thống tản nhiệt, một trong những phương pháp khả thi nhất là tăng cường hiệu quả dẫn nhiệt (tản nhiệt) thông qua chất lỏng tản nhiệt mà không cần phải thay đổi thiết kế cơ học hoặc các thành phần chính của hệ thống tản nhiệt. Các nhà nghiên cứu đã chứng minh được tầm quan trọng của chất lỏng nanô với hệ thống

tản nhiệt vì nhiều tính chất ưu việt của chúng [2, 3]. Chất lỏng nanô được coi như là một thể hệ chất lỏng mới với tiềm năng lớn giúp nâng cao hiệu quả truyền nhiệt của chất lỏng. Có nhiều yếu tố ảnh hưởng tới tính chất nhiệt của chất lỏng nanô như kích thước hạt nanô, chất hoạt động bề mặt, khả năng phân tán đồng đều, sự ổn định của chất lỏng và tính chất nhiệt của các hạt nanô [4].

Khái niệm chất lỏng nanô được sử dụng để chỉ loại chất lỏng trong đó có các hạt kích thước nanô phân tán đồng đều và ổn định trong chất lỏng nền để cải thiện tính chất nhiệt của chất lỏng. Các hạt nanô được sử dụng bao gồm nhiều loại vật liệu khác nhau, như kim loại (Cu, Ag, Au, Al, và Fe), gốm sứ ôxít (Al_2O_3 và TiO_2), gốm sứ nitride (AlN và SiN), gốm sứ carbide (SiC và TiC), chất bán dẫn, CNTs và các vật liệu composit như hạt nanô hợp kim hay hạt lõi nanô - vỏ polymer. Các chất lỏng tản nhiệt thông thường như dầu, nước và ethylene glycol nói chung có hệ số dẫn nhiệt kém khi so sánh với hệ số dẫn nhiệt của phần lớn

*Tác giả chính: thangbh@ims.vast.ac.vn

APPLICATION OF MULTI-WALLED CARBON NANOTUBE BASED LIQUIDS IN HEAT DISSIPATION FOR HIGH-POWER LIGHT EMITTING DIODES

Summary

Carbon nanotubes (CNTs) is one of the valuable materials with high thermal conductivity. The thermal conductivity of single-walled carbon nanotubes is $2000 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ as compared to the thermal conductivity of Ag as $419 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$. Carbon nanotube based liquids have shown many interesting properties and distinctive features offering the potential of heat dissipation applications for electronic devices such as central processing unit (CPU) of computer, high brightness light emitting diode (HB-LED), etc. In this work, a multiwalled carbon-nanotube-based liquid has been made by even dispersal of functionalized multiwalled carbon nanotubes in the ethylene glycol/distilled water (EG/DW) solution mixture by using Tween-80 surfactant and ultrasonication method. The successful functionalization of carbon nanotubes has been proven by Raman and FTIR spectral measurements. The dispersion of the CNTs in liquids has been evaluated by using Malvern Zetasizer Nano ZS instrument. The CNT-based liquids have been used as coolants in the heat dissipation system for several types of HB-LED light including 100 W streetlight and 450 W floodlight. The results have confirmed the advantages of CNTs in the heat dissipation system for HB-LED and other high-power electronic devices.

Keywords: carbon nanotubes, heat dissipation, high power LED, nanofluids, thermal conductivity.

Classification number 1.8

các chất rắn. Vì vậy chất lỏng chứa thành phần nanô được tăng cường các tính chất nhiệt như hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt, độ nhớt và hệ số truyền nhiệt đối lưu khi so sánh với các chất lỏng nền không chứa thành phần nanô [5].

CNTs là một trong số những loại vật liệu quý với độ dẫn nhiệt cao. Hệ số dẫn nhiệt của CNTs đơn sợi là $2000 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ so sánh với độ dẫn nhiệt của Ag là $419 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ [6-8]. Điều này đã gợi mở một cách tiếp cận trong việc ứng dụng CNTs trong chất lỏng tản nhiệt cho đèn LED và các thiết bị điện tử công suất lớn [9-17]. Trong bài báo này, chúng tôi tổng hợp những kết quả nghiên cứu đã đạt được trong ứng dụng chất lỏng tản nhiệt chứa thành phần MWCNTs cho đèn LED công suất lớn bao gồm: đèn pha LED công suất 450 W và đèn đường LED công suất 100 W.

Thực nghiệm

Vật liệu MWCNTs được chúng tôi chế tạo tại Viện Khoa học vật liệu (Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam) bằng phương pháp lắng đọng hóa học (Chemical Vapor Deposition - CVD) [18]. Đường kính và chiều dài của MWCNTs lần lượt là 15-80 nm và vài chục μm . MWCNTs được biến tính với nhóm chức -OH thông qua các bước sau đây [19]:

- Bước 1: MWCNTs được xử lý trong hỗn hợp axit nóng ($\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$ với tỷ lệ 1/3) ở 60°C trong 6 h.
- Bước 2: Hỗn hợp thu được từ bước 1 được làm khô trong môi trường khí Ag ở 80°C trong 24 h.
- Bước 3: Hỗn hợp thu được từ bước 2 được xử lý trong SOCl_2 để thu được MWCNTs-COCl.
- Bước 4: MWCNTs-COCl được lọc trong H_2O_2 và làm khô trong môi trường khí Ag ở 80°C trong 24 h để thu được MWCNTs-OH.

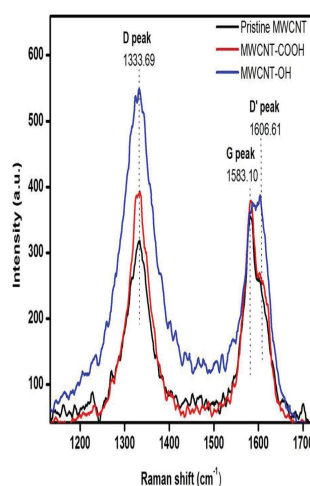
Hỗn hợp ethylene glycol/nước cất (EG/DW) được pha trộn bằng máy khuấy từ ở nhiệt độ 50°C và tốc độ khuấy 6,5 vòng/s trong thời gian 60 phút. Tỷ lệ về thể tích của ethylene glycol trong hỗn hợp EG/DW là 45%. Để phân tán MWCNTs-OH trong hỗn hợp EG/DW, chúng tôi sử dụng chất hoạt động bề mặt Tween-80 và thiết bị rung siêu âm Hielscher Ultrasonics Vibration. Vật liệu MWCNTs-OH được phân tán đồng đều trong hỗn hợp EG/DW với nồng độ từ 0,1 đến 1,3 g/l để thu được chất lỏng nanô MWCNTs. Chất lỏng nanô MWCNTs chế tạo được có sự phân tán tốt do MWCNTs được biến tính với nhóm chức -OH và quá trình phân tán sử dụng chất hoạt động bề mặt Tween-80. Điều này được giải thích là do có sự chuyển đổi kỵ nước - ưa nước tại bề mặt MWCNTs khi được biến tính gắn nhóm chức -OH, đồng thời chất hoạt động bề mặt Tween-80 giúp giảm sức căng bề mặt của chất lỏng và hỗ trợ sự phân tán của MWCNTs trong chất lỏng [15]. Hỗn hợp EG/DW chứa

thành phần MWCNTs được sử dụng làm chất lỏng tản nhiệt trong hệ thống tản nhiệt cho đèn pha LED công suất 450 W và đèn đường LED công suất 100 W.

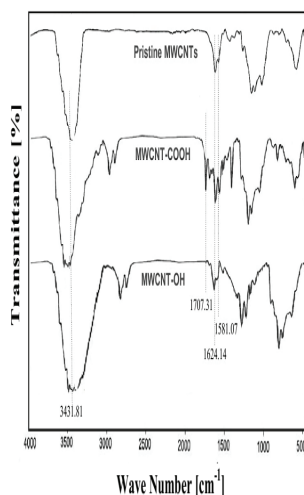
Kết quả và thảo luận

Sự biến tính của MWCNTs

Sự tồn tại của các liên kết ứng với các nhóm chức carboxyl (COOH) và hydroxyl (OH) gắn vào thành và hai đầu của MWCNTs được khảo sát bằng phổ Raman và phổ hồng ngoại truyền qua (FTIR). Tán xạ Raman là một kỹ thuật quan trọng để khảo sát sự thay đổi của bề mặt và cấu trúc của MWCNTs. Hình 1 cho thấy sự xuất hiện của hai dải quanh đỉnh 1583,10 và 1333,69 cm^{-1} trong phổ Raman tương ứng với mode dao động tiếp tuyến (dải G) và mode dao động hỗn độn (dải D) của MWCNTs. Cường độ của dải D đối với MWCNTs biến tính tăng lên đáng kể khi so sánh với MWCNTs chưa biến tính. Tỷ lệ cường độ đỉnh (I_D/I_G) của dải D với dải G là 0,99 và 1,87 tương ứng với MWCNTs-COOH và MWCNTs-OH, tỷ lệ này lớn hơn so với MWCNTs không biến tính ($I_D/I_G = 0,79$). Tỷ lệ cường độ của dải D với dải G là khác nhau cho thấy sự thay đổi trong cấu trúc bề mặt của MWCNTs. Sự biến đổi này chỉ ra rằng một số nguyên tử cacbon lai hóa sp^2 (C=C) được chuyển thành nguyên tử cacbon lai hóa sp^3 (C-C) tại bề mặt của MWCNTs sau quá trình xử lý trong hỗn hợp axit $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$. Tỷ lệ về cường độ của MWCNTs-OH cao hơn so với MWCNTs-COOH cho thấy rằng sau hai quá trình xử lý hóa học đã hình thành thêm những biến đổi mới trên bề mặt của MWCNTs [19].



Hình 1: phổ Raman của MWCNTs: MWCNTs chưa biến tính (màu đen), MWCNT-COOH (màu đỏ) và MWCNTs-OH (màu xanh) [19]

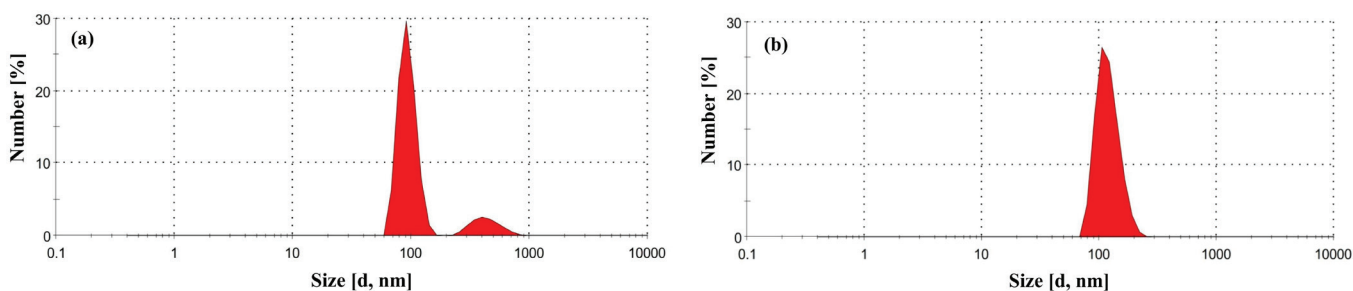


Hình 2: phổ truyền qua FTIR của MWCNTs chưa biến tính, MWCNTs-COOH, và MWCNTs-OH [19]

Hình 2 mô tả phổ FTIR của MWCNTs chưa biến tính, MWCNTs-COOH và MWCNTs-OH. Một số đỉnh quan trọng đã được quan sát thấy sau khi MWCNTs được xử lý với hỗn hợp axit $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$. Dao động của liên kết O-H trong nhóm carboxyl được thể hiện ở đỉnh 3431,81 cm^{-1} , nó được mở rộng hơn so với đỉnh của liên kết O-H trong H_2O . Đỉnh 1707,31 cm^{-1} cho thấy sự tồn tại của dao động của liên kết C=O trong nhóm carboxyl. Điều này cho thấy sự tồn tại của các nhóm chức carboxyl bắt nguồn từ sự oxy hóa MWCNTs bởi hỗn hợp $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$, qua đây cho thấy sự hình thành của các nhóm chức trên bề mặt của MWCNTs. Phổ truyền qua FTIR của MWCNT-OH cho thấy đỉnh của dao động ứng với liên kết O-H xuất hiện ở 3431,81 cm^{-1} và vị trí trung tâm của đỉnh O-H dịch chuyển xuống một tần số nhỏ hơn. Sự mở rộng của đỉnh dao động 3431,81 cm^{-1} cũng như sự biến mất của đỉnh dao động ứng với liên kết C=O tại 1707,31 cm^{-1} đã chứng minh sự tạo thành của nhóm hydroxyl trên bề mặt của MWCNTs-OH [19].

Sự phân tán của MWCNTs trong hỗn hợp EG/DW

Để khảo sát sự phân tán của MWCNTs-OH trong hỗn hợp EG/DW, chúng tôi sử dụng thiết bị Malvern Zetasizer Nano ZS. Hình 3 mô tả phổ phân bố kích thước của MWCNTs-OH theo số lượng trong hỗn hợp EG/DW với thời gian 10 phút rung siêu âm. Hình 3(a) cho thấy rằng ngay sau khi rung siêu âm, MWCNTs-OH vẫn còn tụ đám thành những bó lớn, với đỉnh phổ phân tán tại 437 nm và 93,5 nm. Đỉnh 437 nm tương ứng với những tụ đám lớn của MWCNTs-OH, trong khi đỉnh 93,5 nm tương ứng với đơn sợi MWCNTs-OH trong hỗn hợp EG/DW. Để loại bỏ những bó lớn ra khỏi hỗn hợp EG/DW, chúng tôi để lắng đọng chất lỏng trong thời gian 72 h. Hình 3(b) cho thấy rằng, sau 72 h lắng đọng kể từ lúc rung siêu âm, đỉnh 437 nm không còn xuất hiện, điều này cho thấy những bó lớn của MWCNTs-OH đã bị lắng xuống đáy của hỗn hợp EG/DW. Tuy nhiên, MWCNTs vẫn tụ đám thành những bó nhỏ với kích thước phân bố từ 70 nm đến 270 nm [19].

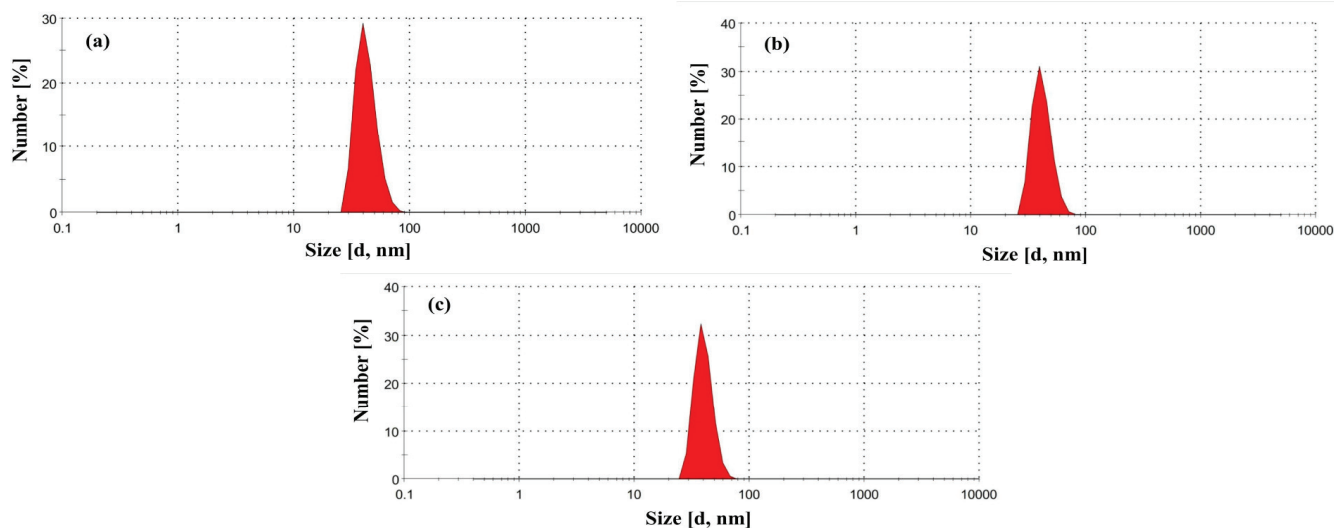


Hình 3: phổ phân tán kích thước của MWCNTs-OH theo số lượng trong hỗn hợp EG/DW với thời gian rung siêu âm 10 phút: (a) ngay sau khi rung siêu âm và (b) 72 h sau khi rung siêu âm [19]

Hình 4 mô tả phổ phân tán kích thước của MWCNTs-OH theo số lượng trong hỗn hợp EG/ DW với thời gian rung siêu âm được khảo sát từ 20 phút đến 40 phút. Trong trường hợp 20 phút rung siêu âm (như trên hình 4(a)), phổ phân bố theo kích thước của MWCNTs-OH theo số lượng là từ 18 đến 95 nm. Điều này cho thấy rằng MWCNTs-OH đã phân tán tốt hơn trong hỗn hợp EG/DW với 20 phút rung siêu âm. Tuy nhiên, khoảng kích thước phân tán vẫn chưa hoàn toàn khớp với đường kính của MWCNTs-OH từ 15 đến 80 nm. Trong trường hợp 30 phút hay 40 phút rung siêu âm, MWCNTs-OH phân tán tốt trong hỗn hợp EG/ DW như được chỉ ra trên các hình 4(b) và 4(c). Phổ phân tán kích thước của MWCNTs-OH theo số lượng trong hình 4b và hình 4c tương ứng với đường kính của MWCNTs-OH là từ 15 đến 80 nm. Các kết quả trên đã cho thấy rằng thời gian rung siêu âm cần thiết để có được sự phân tán tốt của MWCNTs-OH trong hỗn hợp EG/DW là 30 phút, vì vậy chúng tôi chọn thời gian rung siêu âm là 30 phút cho tất cả các thí nghiệm tiếp theo [19].

Tản nhiệt cho đèn pha LED công suất 450 W

Chúng tôi phát triển một hệ thống tản nhiệt sử dụng chất lỏng MWCNTs cho đèn pha LED công suất 450 W. Trong hệ thống này, để tản nhiệt bằng nhôm được tiếp xúc trực tiếp với với 9 chip LED, các rãnh bên trong để tản nhiệt được chế tạo để cho phép chất lỏng chảy qua nó và lấy nhiệt từ các chip LED. Chất lỏng MWCNTs được bơm vào để tản nhiệt với lưu lượng 3 cm³/s. Tổng công suất của bơm trong hệ thống tản nhiệt là 1,8 W. Kích thước và tổng công suất của quạt tản nhiệt lần lượt là 120 x 120 x 38 mm và 3,6 W. Thể tích của bình chứa chất lỏng là 500 ml. Giàn tỏa nhiệt của đèn pha LED được làm từ vật liệu nhôm với kích thước là 150 x 120 x 25 mm. Kích thước của đế tản nhiệt và chip LED lần lượt là 210 x 210 x 17 mm và 40 x 40 x 3 mm. Công suất của chip LED và tổng công suất của đèn pha LED lần lượt là 50 W và 450 W. Nhiệt độ của môi trường được giữ ở 20°C cho mọi phép đo bằng cách sử dụng máy điều hòa nhiệt độ. Nhiệt độ của chip LED được đo trực tiếp bằng cách sử dụng cảm

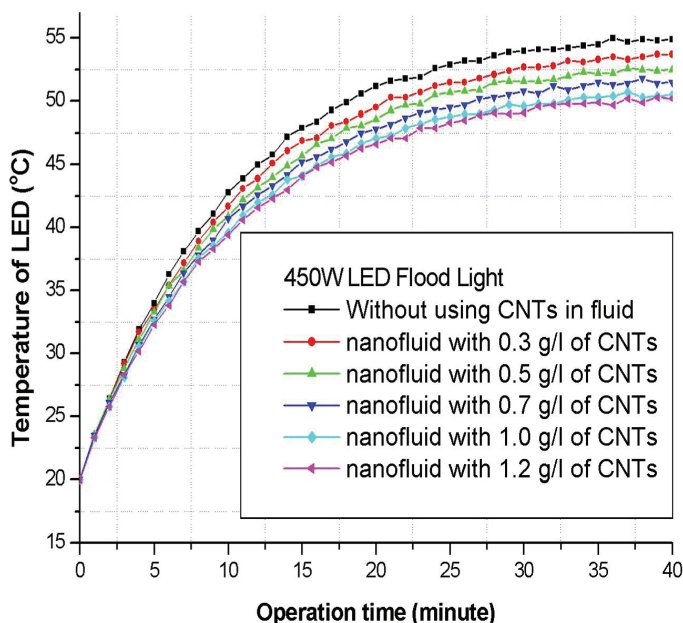


Hình 4: phổ phân tán kích thước của MWCNTs-OH theo số lượng trong hỗn hợp EG/DW sau 72 h lắng đọng từ lúc rung siêu âm: (a) 20 phút rung siêu âm, (b) 30 phút rung siêu âm và (c) 40 phút rung siêu âm [19]

biến nhiệt độ gắn trên chip LED và thiết bị điều khiển nhiệt WH7016E [15].



Hình 5: đèn pha LED công suất 450 W sử dụng chất lỏng tản nhiệt chứa thành phần MWCNTs [15]



Hình 6: nhiệt độ của đèn pha LED 450 W đo theo thời gian với các nồng độ khác nhau của MWCNTs trong chất lỏng nanô [15]

Hình 5 là ảnh của đèn pha LED công suất 450 W sử dụng chất lỏng tản nhiệt chứa thành phần MWCNTs. Kết quả thực nghiệm quá trình tản nhiệt cho đèn pha LED 450 W với các nồng độ khác nhau của MWCNTs trong chất lỏng nanô được thể hiện như trên hình 6. Tại thời điểm ban đầu nhiệt độ của chip LED là 20°C, sau đó nhiệt độ của chip LED đạt tới giá trị bão hòa với thời gian hoạt động 40 phút. Khi sử dụng hỗn hợp EG/DW cho quá trình tản nhiệt thì nhiệt độ bão hòa của chip LED đạt khoảng 55°C. Nhiệt độ bão hòa của chip

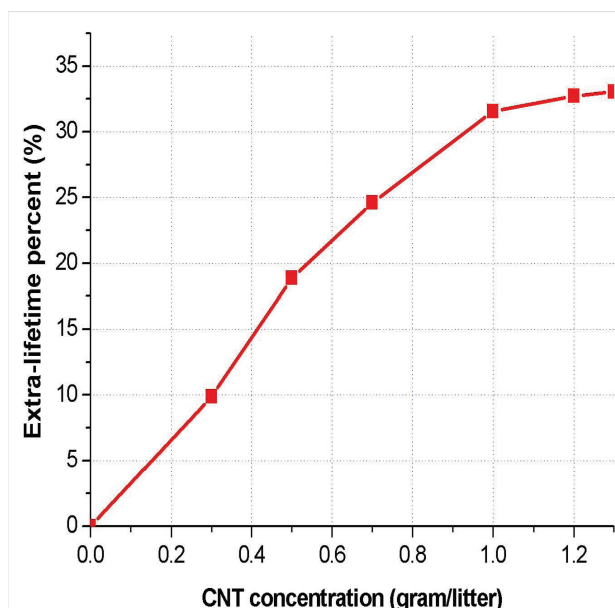
LED lần lượt đạt 53,7°C, 52,5°C, 51,9°C và 50,6°C tương ứng với khi sử dụng chất lỏng nanô với nồng độ của MWCNTs lần lượt là 0,3 g/l, 0,5 g/l, 0,7 g/l, 1,0 g/l và 1,2 g/l. Những kết quả trên cho thấy bằng cách đưa MWCNTs-OH với nồng độ 1,2 g/l vào chất lỏng nanô, nhiệt độ bão hòa của chip LED giảm xuống 4,5°C khi so sánh với trường hợp sử dụng chất lỏng không chứa thành phần MWCNTs [15].

Dựa vào bảng thông số kỹ thuật của chip LED, khi nhiệt độ hoạt động giảm xuống 10°C thì tuổi thọ của chip LED tăng lên xấp xỉ 2 lần. Do vậy, tuổi thọ của chip LED được xác định một cách tương đối bởi công thức sau đây:

$$L = L_0 \cdot 2^{\frac{\Delta t}{10}} \quad (1)$$

Trong đó L_0 , L và Δt lần lượt là tuổi thọ cơ bản, tuổi thọ kéo dài thêm và độ giảm nhiệt độ của chip LED. Do vậy, phần trăm tuổi thọ kéo dài của đèn LED được xác định bởi công thức:

$$\%L = \frac{L - L_0}{L_0} \cdot 100\% = \left(2^{\frac{\Delta t}{10}} - 1 \right) \cdot 100\% \quad (2)$$



Hình 7: sự phụ thuộc phần trăm kéo dài tuổi thọ của đèn pha LED 450 W vào nồng độ của MWCNTs trong chất lỏng nanô [15]

Từ công thức (2), phần trăm kéo dài tuổi thọ của đèn LED được xác định và thể hiện như trên hình 7. Kết quả đo cho thấy rằng tuổi thọ của đèn LED được nâng lên khi nồng độ của MWCNTs trong chất lỏng tăng lên. Phần trăm kéo dài tuổi thọ của đèn LED đạt

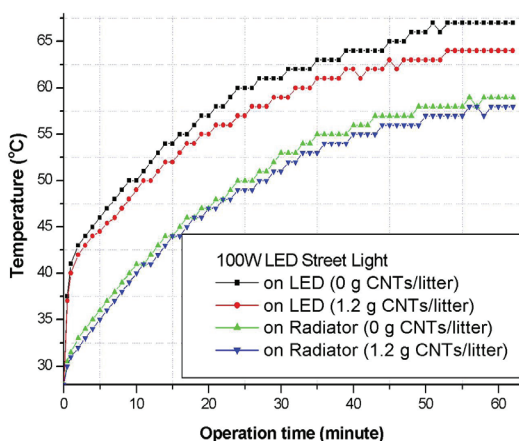
đến giá trị bão hòa ở 33% khi nồng độ của MWCNTs là 1,2 g/l. Phần trăm kéo dài tuổi thọ của đèn LED gần như không tăng với nồng độ của MWCNTs là 1,3 g/l. Vì vậy chúng tôi xác định 1,2 g/l là nồng độ tối ưu của MWCNTs cho đèn pha LED công suất 450 W [15].

Tản nhiệt cho đèn đường LED công suất 100 W



Hình 8: đèn đường LED công suất 100 W sử dụng chất lỏng chứa thành phần MWCNTs

Hình 8 là ảnh của đèn đường LED công suất 100 W sử dụng chất lỏng tản nhiệt chứa thành phần MWCNTs. Trong đèn LED này, để tản nhiệt bằng nhôm được tiếp xúc trực tiếp với chip LED 100 W, các rãnh bên trong để nhôm được chế tạo để cho phép chất lỏng chảy qua và lấy nhiệt lượng từ chip LED. Tổng công suất của bơm tản nhiệt là 1,8 W. Giàn tỏa nhiệt được chế tạo từ vật liệu nhôm với kích thước của giàn tỏa nhiệt là 100 x 2000 x 45 mm. Nhiệt độ của chip LED và giàn tỏa nhiệt được đo trực tiếp bằng cách sử dụng cảm biến nhiệt độ gắn trên chip LED và thiết bị điều khiển nhiệt OMRON. Nhiệt độ môi trường được giữ ở 28°C cho mọi phép đo thử nghiệm.



Hình 9: nhiệt độ của đèn đường LED công suất 100 W khảo sát theo thời gian hoạt động

Hình 9 là kết quả đo nhiệt độ của đèn đường LED 100 W theo thời gian hoạt động trong 2 trường hợp: sử dụng hỗn hợp EG/DW không chứa MWCNTs và sử dụng hỗn hợp EG/DW chứa MWCNTs với hàm lượng 1,2 g/l. Trong trường hợp không sử dụng MWCNTs trong hỗn hợp EG/DW, nhiệt độ bão hòa của giàn tỏa nhiệt và của chip LED lần lượt là 59°C và 67°C. Trong trường hợp sử dụng hỗn hợp EG/DW với nồng độ MWCNTs là 1,2 g/l, nhiệt độ bão hòa của giàn tỏa nhiệt và chip LED lần lượt là 58°C và 64°C. Bằng cách sử dụng MWCNTs trong hỗn hợp EG/DW, nhiệt độ bão hòa của giàn tỏa nhiệt và chip LED lần lượt giảm xuống 1°C và 3°C.

Kết luận

Sự biến tính thành công của ống nanô cacbon đã được minh chứng bằng phép đo phổ Raman và phổ FTIR, nó đã mở ra những ứng dụng mới cho tản nhiệt trên cơ sở chất lỏng trong thiết bị điện tử. MWCNTs-OH được phân tán thành công vào hỗn hợp EG/DW bằng cách sử dụng chất hoạt động bề mặt Tween-80 và phương pháp rung siêu âm. Hiệu quả tản nhiệt của đèn pha LED công suất 450 W và đèn đường LED công suất 100 W sử dụng chất lỏng MWCNTs đã được khảo sát và đánh giá. Nhiệt độ của đèn pha LED 450 W, đèn đường LED 100 W đạt tới giá trị bão hòa sau thời gian hoạt động lần lượt là 40 phút và 60 phút. Bằng cách đưa MWCNTs-OH vào hỗn hợp EG/DW với nồng độ 1,2 g/l, nhiệt độ bão hòa của đèn pha LED 450 W và đèn đường LED 100 W lần lượt giảm xuống 4,5°C và 3°C khi so sánh với chất lỏng không chứa thành phần MWCNTs. Phần trăm kéo dài tuổi thọ của đèn LED cũng đạt tới giá trị bão hòa là 33%, tương ứng với nồng độ tối ưu của MWCNTs là 1,2 g/l. Kết quả nghiên cứu đã khẳng định hiệu quả của việc ứng dụng MWCNTs trong chất lỏng tản nhiệt cho đèn LED cũng như các thiết bị điện tử công suất lớn khác.

Lời cảm ơn

Tập thể tác giả gửi lời cảm ơn sự hỗ trợ tài chính từ Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (đề tài mã số VAST.ĐLT.05/13-14) và Quỹ Phát triển Khoa

học và Công nghệ Quốc gia (đề tài mã số NAFOSTED 103.99-2012.35). Tập thể tác giả cũng cảm ơn sự hỗ trợ tài chính từ đề tài cơ sở của Viện Khoa học vật liệu với mã số CSTX17.14.

Tài liệu tham khảo

- [1] P.K Schelling, L Shi and K.E Goodson (2005), *Mater. Today*, **8**, 6, 30.
- [2] S.G Kandlikara and C.N Hayner II (2009), *Heat Transfer. Eng.* **30**, 12, 918.
- [3] Y.H Hung, J.H Chen and T.P Teng (2013), *J. Nanomater.* 321261.
- [4] T.K Hong and H.S Yang (2005), *J. Korean Phys. Soc.* **47**, S321.
- [5] W.N.M Njane and O.D Makinde (2013), *The Scientific World J.* **2013**, 725643.
- [6] D.R Lide (2010), *Handbook of Chemistry and Physics*, 90th Edition, CRC, Internet Version Section12, pp.198-199.
- [7] S Berver, Y.K Kwon and D. Tománek (2000), *Phys. Rev. Lett.* **84**, 4613.
- [8] D.J Yang, Q Zhang, G Chen, S.F Yoon, J Ahn, S.G Wang, Q Zhou, Q Wang and J.Q Li (2002), *Phys. Rev. B*, **66**, 165440.
- [9] B.H Thang, P.N Hong, P.H Khoi and P.N Minh (2009), *J. Phys.: Conf. Ser.* **187**, 012051.
- [10] N Singha, G Chand and S Kanagaraja (2012), *Heat Trans. Eng.* **33**, 821.
- [11] R Saidur, K.Y Leong and H.A Mohammad (2011), *Renew. Sust. Energ. Rev.* **15**, 3, 1646.
- [12] V Vasu, K Rama Krishna and A.C.S Kumar (2009), *Int. J. Mater. Prod. Tec.* **34**, 1/2, 158.
- [13] B.H Thang, P.N Hong, P.V Trinh, N.V Chuc, N.T.T Tam, P.H Khoi and P.N Minh (2010), *Comp. Mater. Sci.* **49**, S302.
- [14] H Xie and L Chen (2011), *J. Chem, Eng.* **56**, 1030.
- [15] B.H Thang, L.D Quang, N.M Hong, P.H Khoi and P.N Minh (2014), *J. Nanomater.* 347909.
- [16] L Godson, B Raja, D Mohan Lal and S Wongwises (2010), *Renew. Sust. Energ. Rev.* **14**, 629.
- [17] H.T Bui, V.C Nguyen, V.T Pham, T.T.T Ngo and N.M Phan (2011), *Adv. Nat. Sci: Nanosci, Nanotechnol*, **2**, 025002.
- [18] N.D Dung, N.V Chuc, N.T.T Tam, N.H Quang, P.H Khoi and P.N Minh (2008), *J. Korean Phys. Soc.* **52**, 1372.
- [19] Bui Hung Thang, Le Dinh Quang, Pham Van Trinh, Nguyen Thi Huong, Phan Hong Khoi, Phan Ngoc Minh (2014), *J. Korean Phys. Soc.* **65**, 312-316.