

ỨNG DỤNG CHẤT LÔNG TỪ TRÊN CƠ SỞ HẠT TỬ NANO $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ TRONG LOA ĐIỆN ĐỘNG

Nguyễn Phúc Dương, Đào Thị Thủy Nguyệt, Trần Khánh Quang, Thân Đức Hiền

Viện Đào tạo quốc tế về khoa học vật liệu - Trường đại học Bách Khoa Hà Nội

Số 1 - Đại Cồ Việt - Hà Nội; E-mail: duong@itims.edu.vn

TÓM TẮT

Chất lông từ (CLT) trên cơ sở hạt nano $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ và dầu biến thể được đưa vào khe từ của loa điện động với mục đích: giảm nhiệt độ của loa, tăng từ trường trong khe và từ đó cải thiện chất lượng âm thanh cũng như làm tăng độ bền sử dụng của loa. Kết quả thực nghiệm cho thấy, nhiệt độ trong loa trung 15W giảm 8°C so với khi không sử dụng chất lông từ, từ trường trong khe tăng 120 Gauss và cường độ âm thanh tăng trung bình 3dB và tạo tuyến tính trong dải tần 1,5-15kHz đối với loa treble 4W và dải tần 400 Hz-15kHz đối với loa trung 7W.

Từ khóa : Chất lông từ, $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, loa điện động.

GIỚI THIỆU

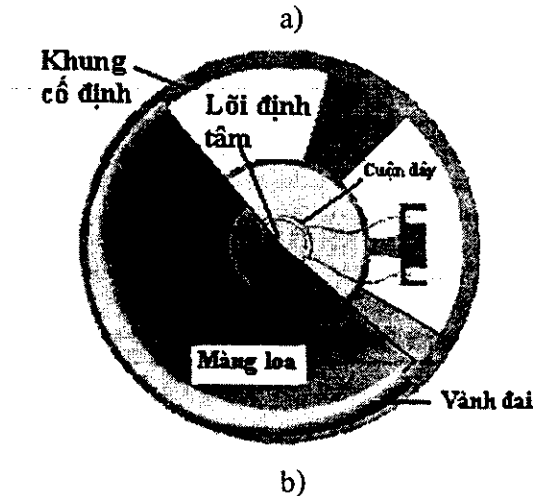
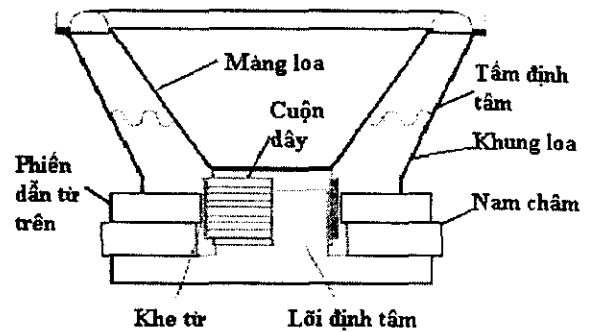
Loa điện động ra đời từ năm 1942, là sáng chế của C. W. Rice và E. W. Kelley.[1]

Cấu tạo của loa điện động được miêu tả trong hình 1.

Loa điện động hoạt động dựa trên nguyên lý cảm ứng điện từ, trong đó sự dịch chuyển của dòng điện sinh ra dưới tác dụng của từ trường vuông góc với hướng của dòng điện. Trong loa điện động, tín hiệu âm thanh được biến đổi thành dòng điện thay đổi theo thời gian và cường độ âm thanh. Dòng điện được đưa vào một cuộn dây còn gọi là lõi âm (voice coil). Lõi âm được gắn với một màng hình nón (cone) đồng thời được nối với một thành cố định bằng một tấm định tâm (spider). Lõi âm được đặt trong khe từ của một nam châm vĩnh cửu có vai trò tạo ra từ trường ổn định và có khả năng tương tác với sự thay đổi của dòng điện trong lõi âm. Tương tác này làm cho lõi âm và màng loa chuyển động, gây nên sự thay đổi áp suất không khí, từ đó ta có được âm thanh.

Chất lượng âm thanh được đặc trưng bởi tính tuyến tính của cường độ âm thanh phát ra trong toàn bộ dải tần số của dòng điện xoay chiều có biên độ không đổi tác dụng vào cuộn dây. Cường độ âm thanh theo tần số (đường thanh áp) được coi là tuyến tính khi có dạng đường thẳng nằm ngang. Chất lượng âm thanh phụ thuộc vào các bộ phận cấu thành loa như màng giấy, tấm niveau, từ trường một chiều trong khe từ của nam châm, hệ thống cấp tín hiệu đầu vào... Để cải thiện chất

lượng âm thanh, đã có nhiều nghiên cứu tập trung vào việc thiết kế và nâng cao chất lượng của các bộ



Hình 1. Cấu tạo của loa điện động

a) Mặt cắt dọc

b) Hình chiếu từ trên mặt loa

phần đó. Một trong những cải tiến đáng chú ý là việc đưa vào khe từ một loại chất lông có từ tính. CLT được đưa vào trong khe từ của loa điện động, tại nơi cuộn dây lõi âm dao động. Do đó, CLT được coi như một loại chất bôi trơn giữa lõi âm thanh và nam châm vĩnh cửu. CLT phát huy được ưu điểm này hơn so với các chất lông bôi trơn thông thường khác vì nó có thể được giữ lại trong khe từ nhờ từ trường của nam châm vĩnh cửu. Ngoài khả năng bôi trơn, do có mặt hạt từ đóng vai trò là bộ phận dẫn từ, CLT còn làm tăng từ trường trong khe từ. Đồng thời, chất lông mang cũng phát huy vai trò phân tán nhiệt từ cuộn dây ra phiến dẫn từ trên nhanh hơn, làm giảm nhiệt độ khi loa hoạt động, từ đó

làm tăng chất lượng và độ bền của loa điện động. Khi nhiệt độ trong loa được hạ xuống đồng thời với từ trường trong khe từ tăng lên, các tín hiệu nhỏ được khuếch đại và ghi nhận tốt hơn khiến cho chất lượng âm thanh cũng được cải thiện. Các tính năng này phát huy hiệu quả đặc biệt đối với các loa công suất lớn.

Trên thế giới, CLT dùng cho loa điện động đã có mặt ở dạng thương phẩm, tuy nhiên, giá thành rất cao. CLT thương phẩm dùng trong loa điện động được sản xuất từ Trung Quốc có giá thành lên tới 500 \$/l còn CLT của một số hãng của Pháp lên đến 1000-2000 \$/l [2]. Các chất lỏng ứng dụng trong các linh vực khác (dùng trong ổ trục hay làm vòng đệm chữ O trong thiết bị làm việc ở chân không cao) có giá thành lên đến 5000 \$/l. Ở nước ta, nhu cầu sử dụng CLT cho loa điện động chất lượng cao rất lớn nhưng CLT hoàn toàn được nhập ngoại. Đây là những nghiên cứu đầu tiên với phạm vi khảo sát chất lỏng từ ứng dụng trong loa điện động với mục đích từng bước đưa vào sản xuất công nghiệp loại vật liệu thông minh này, đáp ứng nhu cầu sử dụng trong nước.

CLT bao gồm các hạt từ có kích thước nano phân tán đều trong môi trường chất lỏng mang [3],[4]. Để có thể sử dụng trong loa điện động, CLT cần phải đảm bảo tính cách điện trong điều kiện làm việc, độ nhớt phải đủ lớn để giảm thiểu dao động quá mức của cuộn dây và đặc biệt momen từ phải lớn để chất lỏng có thể được giữ lại trong khe từ của loa. Đối với các loại loa khác nhau, do dải tần hoạt động, yêu cầu về độ nhớt cũng khác nhau, ví dụ đối với loa supertweeter thì yêu cầu về khả năng chống rung nhẹ nhưng chất lỏng phải có độ ổn định cao còn đối với loa tweeter lại yêu cầu chất lỏng có độ nhớt cao. Nói chung, để sử dụng được trong loa điện động, độ nhớt của CLT phải nằm trong dải 25-10 000 mPa.s (ở 27°C)[2].

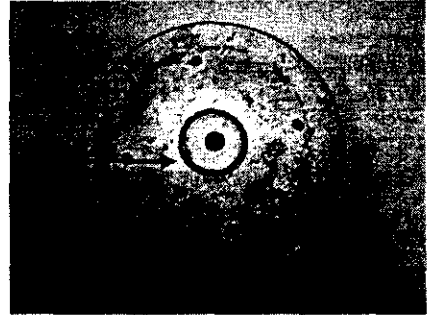
Trong các nghiên cứu trước đây của chúng tôi, CLT chế tạo trên cơ sở hạt nano Fe_3O_4 đã được ứng dụng cho loa điện động [5]. Khảo sát cho thấy chất lượng âm thanh đã cải thiện đáng kể ở dải tần số cao nhưng chất lỏng này còn bộc lộ một số nhược điểm là độ bay hơi của dung môi nhanh, khiến chất lỏng bị khô và sau một thời gian, chất lỏng bị đổi màu và có hiện tượng sa lắng. Đó là do Fe_3O_4 dễ dàng bị oxi hóa ngay ở nhiệt độ phòng, chuyển sang $\gamma-Fe_2O_3$ nên dễ dẫn đến mất ổn định của cả hệ chất lỏng. Trong nghiên cứu này sử dụng chất lỏng từ trên cơ sở $\gamma-Fe_2O_3$, momen từ nhỏ hơn nhưng độ ổn định cao hơn Fe_3O_4 . Trong bước đầu, chúng tôi vẫn lựa chọn chất hoạt động bề mặt là axit oleic, bọc đơn lớp trên bề mặt hạt từ và chất lỏng mang là dầu biến thể. Dầu biến thể có ưu điểm là độ cách điện cao, tốc độ bay hơi chậm và đặc biệt là có độ nhớt phù hợp để chế tạo chất lỏng từ dùng cho loa.

Thực nghiệm tiến hành nghiên cứu vai trò của CLT trong loa điện động đối với các vấn đề về khả năng tản nhiệt, độ nhớt, tăng từ trường trong khe từ và cải thiện chất lượng âm thanh. Các nghiên cứu bước

đầu được thực hiện trên các loa trung 7 W, 15 W và loa treble 4 W.

THỰC NGHIỆM

CLT dùng trong loa điện động sử dụng trong nghiên cứu này được chế tạo trên cơ sở hạt $\gamma-Fe_2O_3$ và dầu biến thể, hàm lượng hạt từ chiếm 14 %, momen từ của chất lỏng đạt 16,7 emu/g. Độ nhớt của chất lỏng ở 40 °C là 36 mPa.s, phù hợp để sử dụng trong loa điện động.



a)



b)

Hình 2. Khe từ (a) và cuộn dây (b) của loa điện động

Chất lỏng được đưa vào khe từ của loa điện động (hình 2). Khe từ của loa trung 15 W được gia công để có độ rộng (3 mm) lớn hơn so với kích thước ban đầu (1mm), thuận tiện cho việc đặt đầu đo của Gauss kế. Các phép đo từ trường và chất lượng âm thanh được tiến hành với loa trung 7W và loa treble 4W bằng máy đo chuyên dụng tại Công ty SATO. Để khảo sát nhiệt độ của loa trong thời gian làm việc, đầu đo của cặp nhiệt điện được gắn vào lõi dẫn từ của loa. Loa được khảo sát trong điều kiện làm việc ở công suất cực đại và được đặt trong hộp kín, cách nhiệt với môi trường bên ngoài.

THẢO LUẬN

Tăng từ trường trong khe từ

Từ trường trong khe từ được đóng góp bởi hai thành phần: từ trường của nam châm và từ trường của chất lỏng từ.

$$H_{khe} = H_{nam\ ch\am} + 4\pi M_s$$

Từ trường của nam châm không đổi, từ trường

trong khe tăng khi từ trường tạo bởi CLT tăng lên.

Bảng 1 là kết quả khảo sát từ trường trong khe từ của các loa trung 15 W (bề rộng khe 3 mm), loa trung 7W (bề rộng khe 0,8 mm), loa treble (bề rộng khe 0,68 mm) khi sử dụng chất lỏng từ.

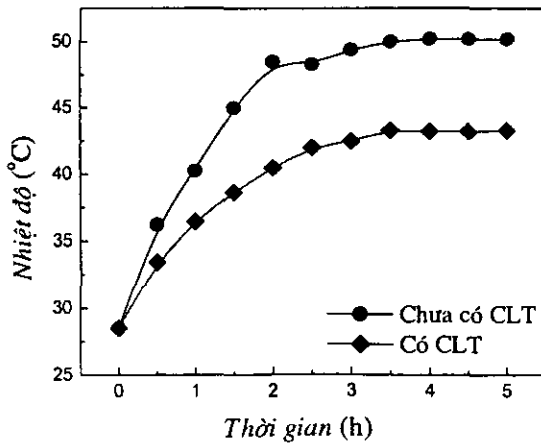
Bảng 1. Từ trường trong khe từ của loa sử dụng chất lỏng từ trên cơ sở $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$

Loa	Loa trung 15 W	Loa trung 7 W	Loa treble 4 W
Từ trường ban đầu (Gaus)	5 960	11 000	12 000
Độ tăng từ trường (Gauss)	120	110	120

Nói chung, khi có CLT trong loa thì từ trường trong khe từ của loa tăng lên khoảng 120 Gauss (1-2 %). Trong bảng trên, từ trường ban đầu của khe từ loa trung 15W nhỏ hơn so với từ trường ban đầu của loa trung 7W và loa treble 4W nhưng do khe từ rộng hơn, lượng chất lỏng đưa vào lớn hơn nên độ tăng của từ trường vẫn bằng độ tăng của từ trường trong hai loa còn lại. Thực nghiệm cho thấy các chất lỏng từ chỉ thực sự phát huy tác dụng khi độ tăng của từ trường trong khe từ lớn hơn 100 Gauss. Với kết quả trên, CLT trên cơ sở $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ trong dầu biến thể đáp ứng yêu cầu để dùng trong loa điện động.

Giảm nhiệt độ trong loa

Khi loa hoạt động, cuộn dây sẽ dao động trong khe từ làm xuất hiện dòng cảm ứng khiến cuộn dây nóng lên. Nhiệt lượng này được truyền qua phiến dẫn từ trên và tỏa nhiệt ra bên ngoài. Nếu quá trình truyền nhiệt kém sẽ làm tăng nhiệt độ của cuộn dây, từ đó ảnh hưởng đến dao động cũng như chất lượng và độ bền của loa. Hình 3 là kết quả khảo sát nhiệt độ trong loa trung 15 W khi không có và có sử dụng CLT trong điều kiện làm việc ở công suất cực đại.



Hình 1. Nhiệt độ trong loa điện động theo thời gian sử dụng

Kết quả cho thấy, khi không sử dụng chất lỏng từ,

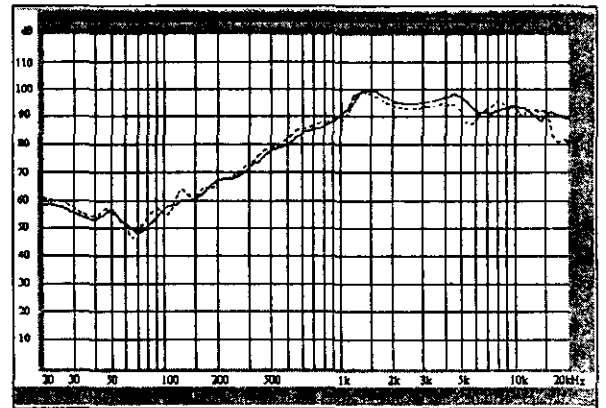
sau 2,5 giờ, nhiệt độ trong loa bắt đầu ổn định và duy trì ở 52 °C. Khi sử dụng chất lỏng từ, nhiệt độ trong loa cũng ổn định sau 2,5 giờ sử dụng nhưng nhiệt độ chỉ duy trì ở 44 °C. Như vậy, độ giảm nhiệt độ ở đây là 8°C. Đây là một kết quả khả quan cho thấy chất lỏng từ đã thực sự phát huy tác dụng trong vai trò là chất lỏng phân tán nhiệt trong loa.

Cải thiện chất lượng âm thanh

Sự có mặt của chất lỏng từ không những sẽ giúp cho quá trình truyền nhiệt tốt hơn mà CLT còn bao xung quanh cuộn dây, giữ cân bằng cho cuộn dây đồng thời tránh được những dao động dị thường, từ đó giảm ồn và nâng cao chất lượng âm thanh. Ngoài ra, các hạt nanno từ có trong CLT sẽ dao động cùng cuộn dây, giúp cuộn dây nhạy hơn với tần số cao và các tín hiệu nhỏ.

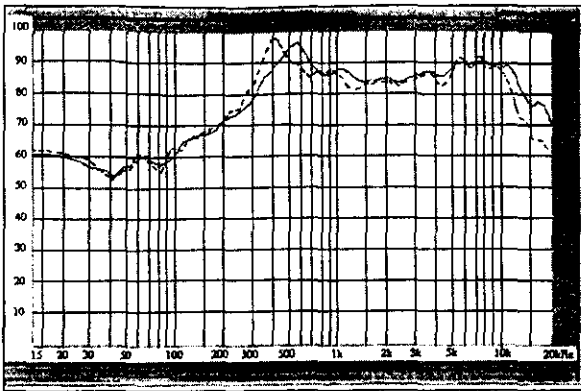
Hình 3 và hình 4 là kết quả đo cường độ âm thanh theo dải tần sử dụng trong trường hợp có và không có sử dụng chất lỏng từ trên cơ sở Fe_2O_3 đối với loa treble màng giấy 4 W loại 1007 và loa trung màng giấy 7 W loại 1209 bằng thiết bị đo Loudspeaker Measurement System tại Công ty TNHH SATO.

Như đã nói ở trên, trường hợp lý tưởng ta sẽ có một đường thanh áp biểu thị cường độ âm thanh theo tần số nằm ngang nhưng trên thực tế, các đường thanh áp không tuân theo trường hợp lý tưởng mà có dạng nhấp nhô thể hiện sự xuất hiện các dao động với tần số không mong muốn, đặc biệt là cường độ âm giảm rất nhiều ở các tần số thấp so với dải tần hoạt động của loa. Đây là điểm đặc thù của tất cả các loa điện động bởi chất lượng âm thanh phụ thuộc rất nhiều vào tất cả các yếu tố cấu thành loa điện động và phạm vi tần số hoạt động của loa.



Hình 3. Đường thanh áp của loa treble màng giấy 4W

--- Không có chất lỏng từ
— Có chất lỏng từ



Hình 4. Đường thanh áp của loa trung màng giấy 7 W
 --- Không có chất lỏng từ
 — Có chất lỏng từ

Tuy vậy, quan sát trên đường thanh áp của loa treble ta thấy, trong trường hợp có sử dụng chất lỏng từ, cường độ âm thanh tăng lên ở dải tần 1kHz – 5,5 kHz và trong dải tần 5,5 kHz – 15 kHz, đường thanh áp tròn hơn so với khi không sử dụng chất lỏng từ. Đặc biệt, ở dải tần 15 kHz – 20 kHz, cường độ âm tăng rất mạnh. Tương tự đối với loa trung, khi sử dụng chất lỏng từ, cường độ âm trong dải tần 500 Hz – 5 kHz được cải thiện và tăng rất mạnh ở dải tần 10 kHz – 20 kHz. Trong dải tần 5 kHz – 10 kHz, đường thanh áp tròn hơn và có xu hướng nằm ngang hơn so với khi không sử dụng chất lỏng từ

KẾT LUẬN

Như vậy, chất lỏng từ trên cơ sở hạt nano $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ và dầu biến thế đã phát huy vai trò làm mát loa, làm tăng từ trường trong khe từ và quan trọng hơn cả là cải thiện chất lượng âm thanh của loa điện động. Các nghiên cứu trên đây mới chỉ thực hiện bước đầu với các loa trung và loa treble công suất nhỏ, trong các nghiên cứu tiếp theo, chúng tôi hướng đến các loại loa khác với công suất lớn hơn. Để thực hiện được điều này, vấn đề độ nhớt, độ ổn định cũng như từ tính của chất lỏng từ cần được nghiên cứu sâu hơn nữa. Để tăng độ nhớt của chất lỏng, chúng tôi hướng tới lựa chọn một chất lỏng mang có độ nhớt cao hơn và khi vấn đề ổn định của chất lỏng được giải quyết, ta có thể tăng hàm lượng hạt từ trong chất lỏng mang, từ đó cũng dẫn đến tăng độ nhớt của chất lỏng từ. Việc lựa chọn thành phần chất hoạt động bề mặt cũng như số lớp cũng góp phần làm tăng độ ổn định của chất lỏng [7]. Ngoài ra, việc đưa các loại vật liệu khác có từ tính cao hơn vào chất lỏng từ cũng hứa hẹn nhiều hướng nghiên cứu và ứng dụng khác của chất lỏng thông minh này.

Lời cảm ơn

Công trình nghiên cứu được hoàn thành với sự giúp đỡ tài chính của các đề tài cấp Bộ B2006-01-67 và cấp nhà nước mã số 40-49-06. Xin chân thành cảm ơn công ty

TNHH SATO đã phối hợp giúp đỡ hoàn thành các phép đo.

Tài liệu tham khảo

- [1] E. W. Kellogg and C.W. Rice J. American Institute of Electrical Engineer, 44, (1925), 981-991.
- [2] www.Ferrotech.com
- [3] C. Scherer and A. M. Figueiredo Neto, Brazilian journal of Physics, 35, (2005), 718-727.
- [4] S. Neveu, A. Bee, M. Robineau and D. Talbot, Journal of Colloid and Interface Science, 255, (2002), 293-298.
- [5] Thân Đức Hiền, Trần Khánh Quang, Đào Văn Trường, Nguyễn Phúc Dương, Nguyễn Thị Lan, Kỷ yếu Hội nghị vật lý toàn quốc lần thứ 6 (2005), 686-690.
- [6] L. Vekas, Rom. Journ. Phys, 49, (2004), 707-721.