

HỆ ĐO NHIỆT DUNG TRONG VÙNG NHIỆT ĐỘ 4,2 K ĐẾN 300K

NGUYỄN HUY SINH, THÂN ĐỨC HIỀN

Bài báo mô tả thiết bị đo nhiệt dung trong vùng nhiệt độ 4,2 – 300K. Các kết quả đo nhiệt dung trên hợp chất $Tb_xY_{1-x}Co_2$ đã được đưa ra.

I. Mở đầu:

Phép đo nhiệt dung là một công cụ đặc lực trong lĩnh vực nghiên cứu vật lý

chất rắn, đặc biệt là ở những vùng nhiệt độ thấp. Nó cho các thông tin quan trọng về các giao động mạng, các đóng góp của điện tử, các mức năng lượng, các hiện tượng trật tự—mất trật tự; các hiện tượng chuyển pha, chuyển cấu trúc trong các vật liệu từ và phi từ. Phép đo này còn cho phép khẳng định chính xác loại chuyển pha trong một số vật liệu [1]. Cũng vì những lẽ đó, thiết bị khảo sát nhiệt dung của các chất rắn đã được xây dựng.

Để xác định nhiệt dung của vật rắn một cách chính xác, cần thiết phải:

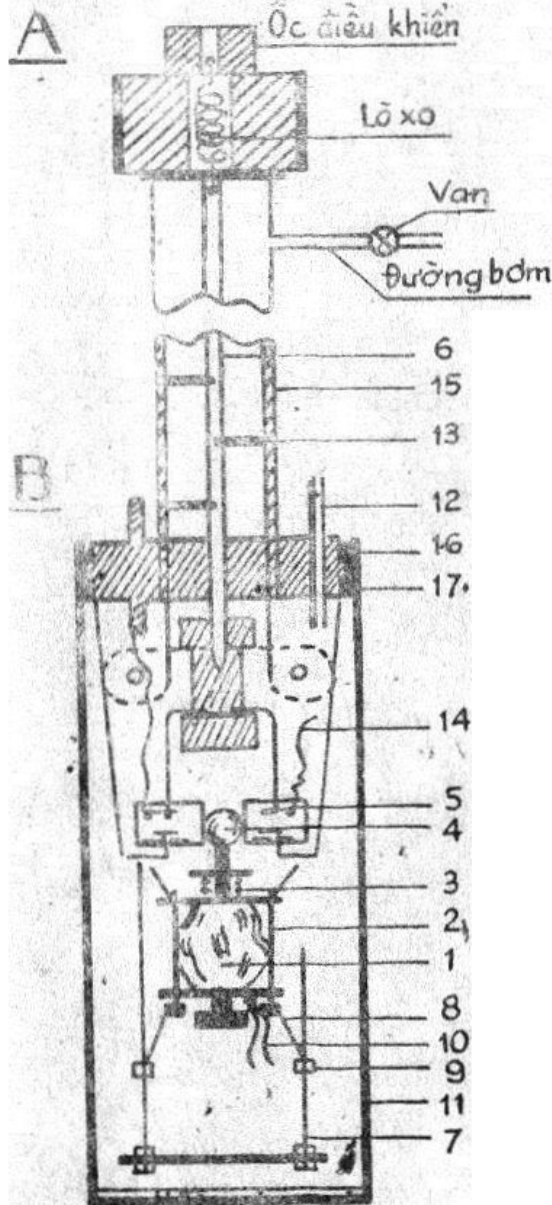
— Đo chính xác lượng nhiệt cung cấp cho mẫu.

— Xác định chính xác sự thay đổi nhiệt độ của mẫu khi cung cấp nhiệt lượng cho mẫu.

Vấn đề quan trọng để đạt được các điều kiện nêu trên là phải đảm bảo tiếp xúc nhiệt thật tốt giữa mẫu và môi trường lạnh, đồng thời đảm bảo tính đoạn nhiệt thật tốt trong quá trình đo.

II. Mô tả thiết bị:

Buồng chân không thiết kế cho hệ đo nhiệt dung trình bày sơ đồ ở Hình 1. B, dựa theo nguyên lý mô tả trong [2] Đó là một buồng chân không hình trụ tròn kích thước: cao 100mm ϕ 33mm làm bằng thép không gỉ (11). Mẫu đo đặt



Hình 1 Sơ đồ buồng đo nhiệt dung.

trong giá đỡ mẫu (2) được kẹp chặt bằng 4 đinh vít. Lo cuộn trên giá đỡ mẫu bằng dây manganin hoặc Isotan $\Phi = 0,06 - 0,10 \text{ mm}$, $R = 1200 \Omega$ (3) nằm phía dưới trụ đỡ công tắc nhiệt bằng đồng đỏ, có cấu trúc hình cầu để giảm ma sát nhiệt (4). Toàn bộ hệ thống này được treo bằng 8 sợi dây nylon $\phi 0,04 \text{ mm}$ (8) trên khung đỡ mẫu (7) để cách nhiệt với bên ngoài. Vị trí mẫu được chỉnh cân nhờ các vít nhỏ (9) có thể tịnh tiến được trên khung đỡ mẫu. Nhiệt kế hoặc Pin nhiệt điện (10) được gắn trực tiếp vào giá đỡ mẫu.

Công tắc nhiệt được sử dụng ở đây là công tắc nhiệt cơ học loại kim. Cấu tạo gồm: 2 gọng kim hình trụ bằng đồng đỏ (5) do cầu công tắc nhiệt (6) điều khiển thông qua một bộ phận lò xo và ốc xoắn [H.1.A]. Bộ phận điều khiển này nâng lên, hạ xuống tương ứng với trạng thái đóng và mở công tắc nhiệt. Những lá đồng được chấn theo chiều ngang trong ống nối từ buồng mẫu ra ngoài để chống bức xạ nhiệt (13). Chân không trong buồng đo được đảm bảo bằng những vòng cao su (17) và kim loại có độ nóng chảy thấp (16). Công tắc nhiệt luôn có nhiệt độ của bề lạnh nhờ các dây dẫn nhiệt (14). Các đầu dây dẫn (12) (Pin nhiệt điện, lò...) từ buồng đo ra ngoài được dẫn qua bẫy nhiệt sao cho nhiệt từ bên ngoài vào qua dây dẫn đều truyền cho bề lạnh.

Khi đo ở nhiệt độ héli lỏng, toàn bộ buồng chân không được nhúng trong bình chứa héli, bên ngoài là bình chứa nitơ lỏng. Nếu đo ở nhiệt độ 77K trở lên thì chỉ cần 1 bình chứa nitơ lỏng là đủ.

— Áp suất được giữ cố định trong quá trình đo bằng một hệ chân không cao ($P = 10^{-4} - 10^{-5} \text{ mmHg}$). Sau khi mẫu đạt đến nhiệt độ của bề lạnh (77K hoặc 4,2K) công tắc nhiệt được chuyển sang trạng thái ngắt để đoạn nhiệt hoàn toàn giữa môi trường lạnh và mẫu.

Phương pháp xung nhiệt được dùng trong khi đo. Phép đo bắt đầu khi mẫu nhận được xung nhiệt đầu tiên.

Dòng một chiều (I) cung cấp cho mẫu được xác định qua máy đo thế trên điện trở chuẩn $R_N = 0,10 \Omega$. Nhiệt độ của mẫu được xác định bằng mivolt kế hiện số.

Để xác định sự thay đổi nhiệt độ (ΔT) chúng tôi sử dụng tự ký x, t. Tốc độ ghi của tự ký cho biết thời gian cấp xung nhiệt cho mẫu (Δt). Nhiệt độ thay đổi trong mẫu được ghi lại bằng tự ký. Tại thời điểm t_1 , mẫu có nhiệt độ T_1 , sau khi nhận một xung nhiệt, tại thời điểm t_2 , mẫu có nhiệt độ T_2 . Vậy sự thay đổi nhiệt độ trong mẫu trong thời gian $t_1 - t_2 = \Delta t$ là $T_2 - T_1 = \Delta T (\text{K})$. Nhiệt dung mẫu được xác định theo phương trình sau:

$$C = \frac{UI \cdot \Delta t}{T_2 - T_1} = \frac{RI^2 \cdot \Delta t}{\Delta T} \quad (1)$$

R là điện trở của lò

Mỗi lần cấp xung nhiệt ta được một điểm nhiệt dung ứng với một nhiệt độ xác định. Tập hợp các điểm nhiệt dung này ta được đường cong nhiệt dung của mẫu.

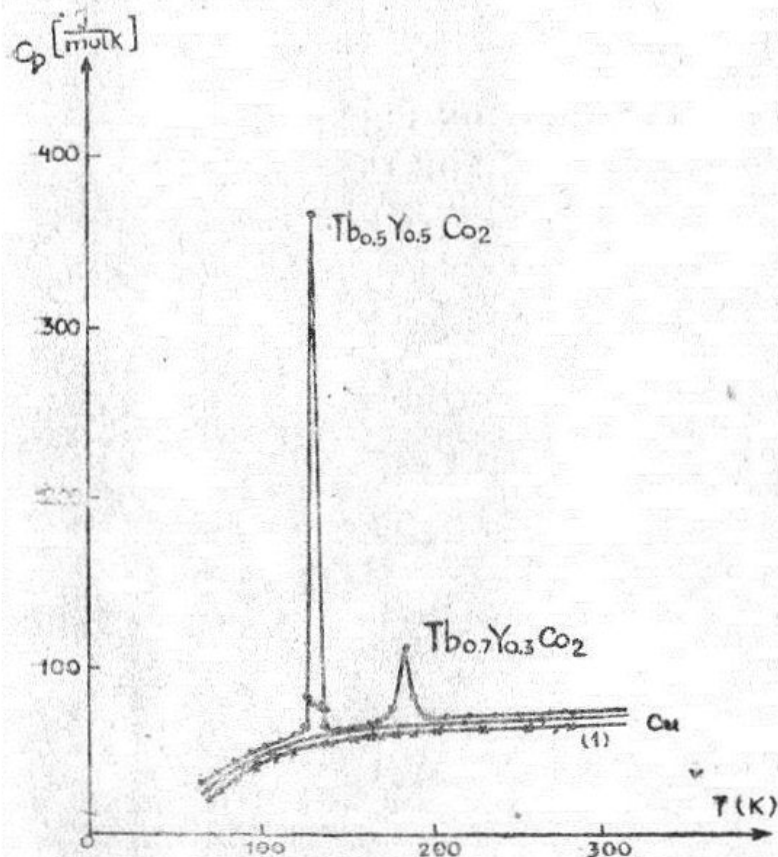
Trong hệ đo chúng tôi sử dụng Pin nhiệt điện đồng — constantan ở vùng nhiệt độ nitơ. Nếu đo trong vùng nhiệt độ héli, chúng tôi sử dụng nhiệt kế Platin. Xung nhiệt cấp cho mẫu trong vùng nhiệt độ nitơ lỏng cỡ vài mA đến vài chục mA.

Sai số của phép đo chủ yếu do sự xác định ΔT gây ra. Dòng cung cấp cho mẫu có độ ổn định cao (cỡ $10^{-4} - 10^{-5}$ mA), và sự xác định thời gian Δt có tính đến hiện tượng bù trừ trễ nhiệt tại thời điểm cấp và ngắt cung nhiệt nên sai số không đáng kể. Chân không trong khi đo luôn duy trì $p \leq 10^{-4}$ mmHg nên sự mất mát năng lượng và bức xạ gây ra sai số có thể bỏ qua. Sai số toàn bộ của phép đo được ước tính cỡ 3–5%. Nếu khối lượng mẫu lớn ($m > 5$ gam) thì độ chính xác của phép đo được nâng lên.

III. Một số kết quả:

Hình 2 đưa ra các kết quả đo nhiệt dung của một số vật liệu dùng thiết bị mô tả trên. Đường (1) vẽ trên hình là nhiệt dung của đế mẫu làm bằng đồng. Rõ ràng là nhiệt dung của đồng trong vùng nhiệt độ 77–240K đặc trưng cho nhiệt dung mang tính thê và các điện tử dẫn của kim loại đồng.

Chúng tôi đã tiến hành đo nhiệt dung của hợp chất kim loại đất hiếm $Tb_xY_{1-x}Co_2$ với $x = 0.5$ và 0.7 . Theo các kết quả trong công trình (3), $TbCo_2$ có chuyển pha thuận từ – trật tự từ là loại II và thay thế Tb bằng nguyên tử không từ tính Y, đặc tính chuyển pha thay đổi từ loại II sang loại I khi Y tăng. Với $x = 0.7$ mẫu có chuyển pha loại II, còn khi $x = 0.5$ chuyển pha loại I tồn tại trong hợp chất. Kết quả đó hoàn toàn được mô tả bằng các thí nghiệm đo nhiệt dung đưa ra ở hình 2.



Hình 2: Nhiệt dung của hợp chất $Tb_{0,5}Y_{0,5}Co_2$, $Tb_{0,7}Y_{0,3}Co_2$ và của Cu trong vùng nhiệt độ từ 77K–300K

Với mẫu $Tb_{0,5}Y_{0,5}Co_2$ tại nhiệt độ chuyển ~ 130 K, nhiệt dung có cực đại là đối xứng (chuyển pha loại I). Trong khi đó, ở 170K, mẫu $Tb_{0,7}Y_{0,3}Co_2$ có dị thường thấp và có dạng λ (chuyển pha loại II).

Ở các nhiệt độ khác, nhiệt dung cả 2 mẫu là gần như nhau. Điều đó mô tả nhiệt dung đóng góp mạng và điện tử dẫn trong hệ $Tb_xY_{1-x}Co_2$ là ít thay đổi khi thay Tb bằng Y.

Chúng tôi chân thành cảm ơn PTS Nguyễn Phú Thùy khoa Lý ĐHTH Hà Nội có nhiều ý kiến đóng góp trong quá trình xây dựng thiết bị. Xin cảm ơn kĩ thuật viện K. Van. Derweff (Đại học Amsterdam), kĩ sư Bùi Duy Nghi và một số đồng chí trong xưởng Trung tâm trường ĐHTH Hà Nội đã giúp đỡ gia công các chi tiết của hệ đo.

Tài liệu tham khảo

1. E. S. R. Gopal. Specific heat at low temperatures. London 1966. 5
2. Robert Elenbaas, Investigations on Ce-and Yb — based intermetallic compounds Thesis, Amsterdam (1980). 21.
3. J. Franse. T.Đ. Hiên, N.H. Đức and N.K. Ngan. Magnetization and A. C. Susceptibility of $Tb_xY_{1-x}Co_2$ compounds. J. MMM. 39 (1983) 275—278.

NGUYỄN HUY SINH, THÂN ĐỨC HIÊN

APPARATUS FOR MEASUREMENT OF SPECIFIC HEAT IN THE TEMPERATURE RANGE OF 4.2 — 300 K.

The apparatus for measurement of specific heat from 4.2 K to 300 K was described in this paper. The specific heat obtained on $Tb_xY_{1-x}Co_2$ compounds was shown.

Phòng thí nghiệm Vật lý Nhiệt độ thấp
Khoa Vật lý trường ĐHTH Hà Nội.

Nhận bài
Ngày 12-9-1987