

MỐI LIÊN HỆ GIỮA SỐ MẶT CuO_2 VÀ NHIỆT ĐỘ CHUYỂN PHA Tc TRONG SIÊU DẪN NHIỆT ĐỘ CAO CHỨA OXIT - ĐỒNG

Nguyễn Huy Sinh

Phòng thí nghiệm vật lý nhiệt độ thấp, ĐHTH Hà Nội

Thân Đức Hiền

Trung tâm Quốc tế đào tạo về khoa học vật liệu (ITIMS)

Cho đến nay rất nhiều loại siêu dẫn nhiệt độ cao (SDNĐC) đã được phát hiện: SD chứa oxit - đồng, SD không chứa đồng (Cu), SD hữu cơ (KxC_{60}), SD hợp kim không chứa cả Cu và oxy [(Y)RE-Ni-B-C]. Bài báo này trình bày kết quả tính toán dựa trên công thức J. Labbé và J. Bok [1] cho biết mối liên hệ giữa số mặt CuO_2 và nhiệt độ chuyển pha Tc trong các SD chứa oxit - đồng. Các giá trị Tc = 40K, 80K, 120K, 160K, 180K, 200K, 250K và 280K lấy từ các tài liệu đã được công bố.

Đa số các kết quả nghiên cứu về các hợp chất SDNĐC chứa oxit - đồng đều cho thấy các vật liệu này có cấu trúc lớp và chứa các mặt CuO_2 trong ô mạng. Trong những nghiên cứu về cơ chế SDNĐC chứa oxit - đồng, một giả định được nhiều tác giả chấp nhận cho nguồn gốc hình thành SD đó là do cơ chế truyền điện tích (Charge Transfer) trong các mặt CuO_2 . Các chuỗi Cu-O trong SD (123), (214), các lớp Bi-O, Tl-O, Hg-O trong SD Bi và Tl (2212), (2223), Hg(1223), v.v... đóng vai trò như các bể chứa điện tích truyền từ các mặt CuO_2 để tạo thành lỗ trống. Đây là một giả định quan trọng về cơ chế SDNĐC được nhóm tác giả J. M. Triscone [2] đưa ra năm 1990. Trên cơ sở này nhiều tác giả đã thừa nhận rằng nhiệt độ chuyển pha SD Tc của các hợp chất SD chứa oxit-đồng có thể tăng theo số mặt CuO_2 có trong từng ô mạng J. labbé và J. Bok (L.B) cũng đưa ra mô hình 2 chiều (Two-dimensional) cho cấu trúc điện tử của các mặt CuO_2 [3]. Các tác giả này đã sử dụng lý thuyết BCS trong giới hạn liên kết yếu (Weak Coupling) để tính toán và đã nhận được công thức biểu diễn cho nhiệt độ chuyển pha SD Tc:

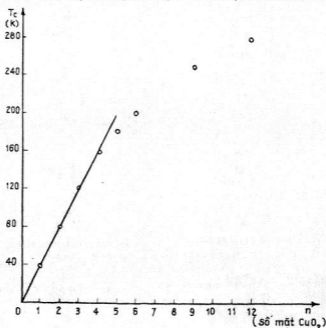
$$T_c = T_0 \exp\left(\frac{-1}{\sqrt{n}\lambda_0}\right) \quad (1)$$

với T_0 là nhiệt độ Debye đặc trưng cho tương tác phonon - electron. λ_0 là tham số phụ thuộc mật độ trạng thái ở mức Fermi và số ô mạng trên một đơn vị diện tích trong mặt CuO_2 và n là số mặt CuO_2 có trong ô mạng.

Theo tài liệu [3] kết quả tính toán nhiệt độ Debye T_0 cho một số hợp chất SDNĐC $T_0 \approx 600\text{K}$, và được làm khớp với thực nghiệm theo giá trị 0,14. Với các thông số trên đây, công thức (1) có thể biểu diễn mối quan hệ giữa số mặt CuO_2 và nhiệt độ chuyển pha Tc trong các hợp chất SD oxit - đồng. Sử dụng công thức (1) chúng tôi tính được số mặt CuO_2 trong các SDNĐC từ giá trị Tc.

| T _c (K) | Hợp chất SDNĐC | Tài liệu | Số mặt CuO ₂ |
|--------------------|----------------|----------|-------------------------|
| 30-40 | La(214) | [4] | 1 |
| 80-90 | Bi(2212) | [5] | 2 |
| 110-120 | Bi(2223) | [6] | 3 |
| 150-160 | Hg(1223) | [7] | 4 |
| 180 | | [8] | 5 |
| 200 | | [8] | 6 |
| 240-250 | Y(123), SD-Bi | [8, 9] | 9 |
| 270-280 | SD-Bi, SD-Hg | [10] | 12 |

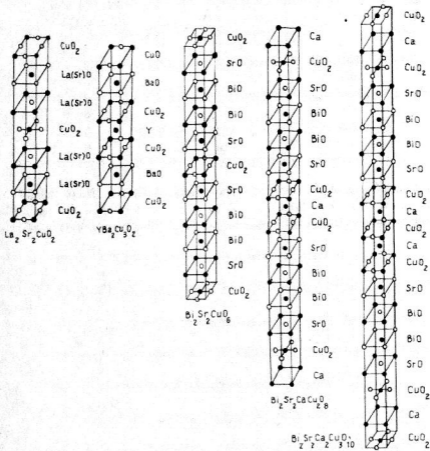
Hình 1 biểu diễn sự phụ thuộc của T_c vào số mặt CuO₂ (n). Nhận thấy, đường lý thuyết (đường liền) và các điểm thực nghiệm (o) có giá trị trùng khớp nhau cho đến n ≤ 4. Ngoài giá trị này đường lý thuyết và kết quả thực nghiệm sai lệch nhau một cách đáng kể.



Hình 1. Mối liên hệ giữa nhiệt độ chuyển pha T_c và số mặt CuO₂ trong cấu trúc tinh thể của SDNĐC chứa oxit đồng

Hình 2 minh họa cấu trúc lý tưởng tinh thể của các hợp chất SDNĐC La_{2-x}Sr_xCuO₄ (214), Bi₂Sr₂CuO₈ (2201), với n = 1, YBa₂Cu₃O₇ (123), Bi₂Sr₂CaCu₂O₈ (2212), với n = 2, và Bi₂Sr₂Ca₂Cu₃O₁₀ (2223) với n = 3. Xét về mặt cấu trúc, hằng số mạng của các tinh thể cũng thay đổi do số mặt CuO₂ tăng lên. Các tài liệu dẫn chứng trên đây cho thấy n = 1, c = 12 - 14 Å, n = 2, c = 30 - 31 Å, n = 3, c = 36 - 37 Å, n = 4, c = 86, 4 Å. Kết quả này cho thấy các SDNĐC có n ≥ 4 thay đổi mạnh mẽ về hằng số mạng. Có thể các thay đổi này cũng góp phần làm ảnh hưởng đến sự thay đổi nhiệt độ T_c như biểu diễn trong hình 1. Để giải thích những thay đổi về các hằng số mạng nhóm tác giả J. M. Triscone [2] đã đưa ra khái niệm về các siêu mạng SD (Superconducting Superlattices).

Kết luận: Công thức J. Labbé và J. Bok [1] hoàn toàn đúng với giả định cho các SDNĐC oxit - đồng chứa các mặt CuO₂ với n ≥ 4. Trong trường hợp n ≥ 4 mối liên hệ giữa T_c và số mặt CuO₂ trong SDNĐC không tuân theo mô hình 2 chiều được giả định trong công thức trên đây.



Hình 2. Mô hình cấu trúc tinh thể lý tưởng của một số loại SDNC chứa oxit đồng với các lớp CuO_2

Công trình được hoàn thành dưới sự bảo trợ của đề tài cấp nhà nước KC-05 thuộc chương trình vật liệu mới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. R. P. Gupta and M. Gupta. Jour. Phys: Cond. Matt. Vol 1, n^o8, (1989), 1543.
2. J. M. Triscone, O. Fisher, O. Brunner, L. Antognazza, A. D. Kent, and M. G. Karkut. Phys. Rev. Lett. Vol 64, (1990), 804.
3. J. Labbé and J. Bok. Europhys. Lett. 3, (1987), 1225.
4. R. B. van Dover., R. J. Cava, B. Batlogg and E. A. Rictman. Phys. Rev. B 35, (1987), 5337.
5. Nguyen Huy Sinh and Than Duc Hien, Proc. 2th. Inter. Symp. Phys. Mag. Mat. Beijing, China (1992), 187.
6. Nguyen Huy Sinh and Than Duc Hien, Chines Jour. Phys. Vol 31, n^o6-11, (1993), 1187.
7. C. W. Chu, et al (TCSUH). Nature 365, (1993), 323.

8. M. Lagues, X. M. Xie, H. Tebbji, X. Z. Xu, V. Mairet, C. Hatterer, C. F. Beuran, C. Deville - Cavellin, *Science* 262, (1993), 1850.
9. H. S. Kwok and S. Y. Dong (USA), S. K. Hark and W. K. Mok (Hong Kong), M. K. Wu (ROC). *Physica C*, 185 - 189 (1991), 569.
10. J. L. Tholence, B. Souletie, O. Laborde, J. J. Capponi, C. Chailout and M. Marezio. *Phys. Lett. A* 184, (1994), 215.

VNU,H Journal of science, Nat. sci. t.XI, n°1, 1995

RELATION BETWEEN THE NUMBER OF CuO_2 PLANES (n) AND THE SUPERCONDUCTING TRANSITION TEMPERATURE T_c

Nguyen Huy Sinh

Faculty of Physics, Hanoi University

Than Duc Hien

International Training Institute for Material Science (ITIMS)

On the basis of J. Labbé and J. Bok formula [1] and the reported experimental values of $T_c = 40\text{K}, 80\text{K}, 120\text{K}, 160\text{K}, 180\text{K}, 200\text{K}, 250\text{K}$ and 280K [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10], the number of adjacent CuO_2 - planes (n) in the various high temperature superconducting copper - oxide compounds have been calculated. It explained the relation between T_c and n . This relation has been presented by the graph of T_c versus n . Our results showed that the recommended formula is good agreement with the experimental values of T_c in case of $n \leq 4$. In the case of $n \geq 4$, the [1] formula is not belong to the two - dimensional model.