

TÍNH CHẤT DỊ HƯỚNG CỦA HỆ VẬT LIỆU $(\text{Bi}, \text{Sb})_2\text{Te}_{3+\delta}$

NGÔ THU HƯỜNG,

Khoa Vật lý - Đại học KHTN - ĐHQG HN

G. NAKAMOTO, M. KURISU

Viện KHKT tiên tiến Nhật Bản JAIST

Abstract: The single crystals of $\text{Bi}_{1.8}\text{Sb}_{0.2}\text{Te}_{3+\delta}$ ($\delta = 0.0 - 0.90$) compounds were prepared by a Bridgman method from Te rich liquyd. The anisotropic properties of these compounds were studied. The Seebeck coefficient is reasonably isotropic for all the samples along the a - and c -axes. The resistivity is smaller along the a -axis than the c -axis. In the samples with $\delta \geq 0.10$, their anisotropy ratio of δ_c / δ_a reaches 2 - 4. The carrier concentration n is larger for the n-type samples than the p-type with $\delta = 0$ and 0.05.

1. Phần mở đầu

Bismút Telua là hệ vật liệu bán dẫn có cấu trúc lớp và có tính dị hướng rất mạnh. Ở vật liệu đơn tinh thể, tính dị hướng của hệ số Seebeck, điện trở suất, hằng số Hall và độ dẫn nhiệt biểu hiện rất rõ ràng. Sự sai khác thành phần so với hợp thức ban đầu trong hệ vật liệu này được giải thích là do tồn tại những vacanxy hoặc có sai hỏng mạng [1, 2]. Vật liệu dư Bi thường là bán dẫn loại p, vật liệu dư Te thường là bán dẫn loại n.

Trong báo cáo này, chúng tôi trình bày kết quả nghiên cứu tính chất cấu trúc và tính dị hướng của hệ vật liệu $\text{Bi}_{1.8}\text{Sb}_{0.2}\text{Te}_{3+\delta}$ với $0,0 \leq \delta \leq 0,9$.

2. Thực nghiệm

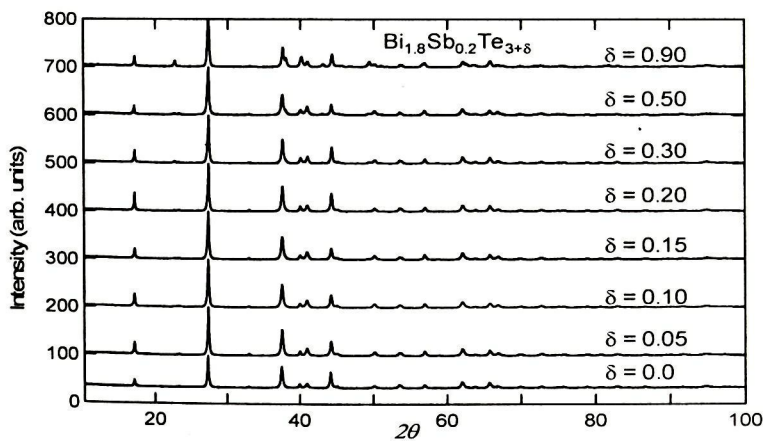
Đơn tinh thể $\text{Bi}_{1.8}\text{Sb}_{0.2}\text{Te}_{3+\delta}$ được chế tạo từ hệ vật liệu dư Te với $\delta = 0,0 - 0,90$. Các loại vật liệu ban đầu Bi, Sb và Te có độ sạch 99,99

% đã được sử dụng. Các đơn tinh thể $\text{Bi}_{1.8}\text{Sb}_{0.2}\text{Te}_{3+\delta}$ được nuôi bằng phương pháp Bridgman với gradient nhiệt độ là 25 K/cm với tốc độ nuôi đơn tinh thể là 40 mm/giờ.

Các mẫu dùng để đo hệ số Seebeck (α), độ dẫn điện và hằng số Hall (R_H) là hình hộp có kích thước 3 x 3 x 20 mm³ được cắt theo hai trục a và c . Các tham số về cấu trúc của các thỏi tinh thể này được xác định nhờ nhiễu xạ tia X. Sự phụ thuộc của hệ số Seebeck vào nhiệt độ $\alpha(T)$ được đo trong dải nhiệt độ từ 4,2 K đến 300 K. Điện trở suất phụ thuộc nhiệt độ $\rho(T)$ được đo bằng phương pháp bốn mũi dò trong dải nhiệt từ 5 K đến 300 K. Hằng số Hall phụ thuộc vào nhiệt độ $R_H(T)$ được đo ở từ trường 0,8 Tesla trong dải nhiệt từ 77 K đến 300 K.

3. Kết quả và thảo luận

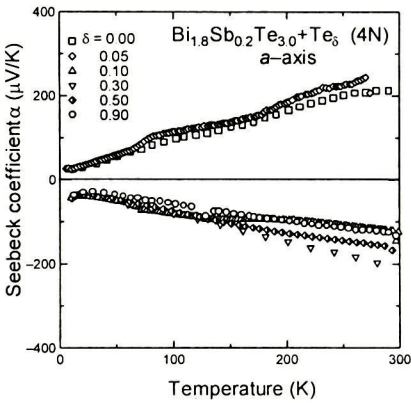
Với mỗi một mẫu, phép đo phổ nhiễu xạ tia X (XRD) đều được xác định tại ba vị trí trên thỏi đơn tinh thể (vị trí đầu trên, vị trí giữa và vị trí cuối). Phổ nhiễu xạ tia X ở tất cả ba vị trí đều chỉ ra rằng không có pha lạ nào ngoài pha của lục giác $\text{Bi}_{1.8}\text{Sb}_{0.2}\text{Te}_{3.0}$. Hình 1 chỉ ra phổ nhiễu xạ tia X của các mẫu bột $\text{Bi}_{1.8}\text{Sb}_{0.2}\text{Te}_{3+\delta}$ ở vị trí giữa của các đơn tinh thể. Tuy nhiên, ở vị trí đầu trên của các mẫu $\delta = 0,50$ và $0,90$ có thêm một vài đỉnh tại giá trị góc $2\theta = 23^\circ$ and 38° , những đỉnh này có thể là những đỉnh của Te kim loại. Điều đó có nghĩa là lượng Te dư trong thành phần tạo mẫu ban đầu không đi vào trong hợp phần hoàn toàn mà chúng tách ra và tập trung ở phần đầu trên của thỏi tinh thể.



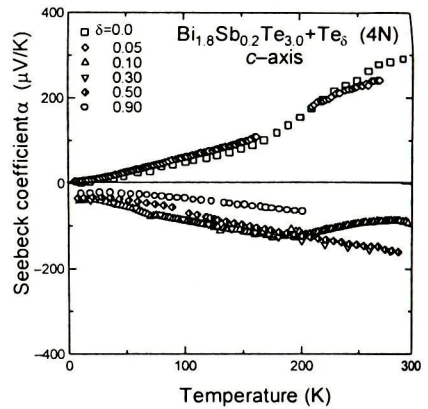
Hình 1: Phổ nhiễu xạ tia X của các mẫu bột $\text{Bi}_{1.8}\text{Sb}_{0.2}\text{Te}_{3+\delta}$

Hằng số mạng a và c của hệ vật liệu này được phân tích Rietveld. Các giá trị hằng số mạng là không thay đổi chứng tỏ rằng hằng số mạng không phụ thuộc vào nồng độ Te dư đưa vào.

Hình 2a và hình 2b đưa ra sự phụ thuộc nhiệt độ của hệ số Seebeck của hệ $\text{Bi}_{1.8}\text{Sb}_{0.2}\text{Te}_{3+\delta}$ theo trục a và trục c tương ứng. Với tất cả các mẫu trừ mẫu có $\delta = 0,10$ dọc theo trục c , giá trị của hệ số Seebeck là tăng khi nhiệt độ tăng. Hệ số Seebeck có tính dị hướng nhưng không mạnh. Phát hiện này của chúng tôi không hề mâu thuẫn với kết quả được đưa ra trong báo cáo của Goldsmith và các cộng sự [3].

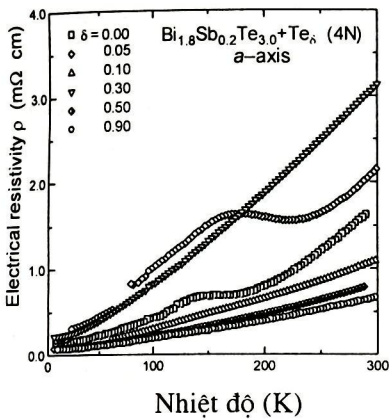


Hình 2a: Sự phụ thuộc nhiệt độ của hệ số Seebeck của hệ vật liệu $\text{Bi}_{1.8}\text{Sb}_{0.2}\text{Te}_{3+\delta}$ dọc theo trục a .

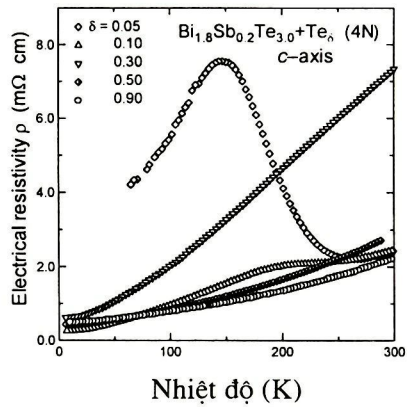


Hình 2b: Sự phụ thuộc nhiệt độ của hệ số Seebeck của hệ vật liệu $\text{Bi}_{1.8}\text{Sb}_{0.2}\text{Te}_{3+\delta}$ dọc theo trục c .

Hình 3a và 3b chỉ ra sự phụ thuộc nhiệt độ của điện trở suất của hệ $\text{Bi}_{1.8}\text{Sb}_{0.2}\text{Te}_{3+\delta}$ dọc theo trục a và trục c tương ứng. Tất cả các kết quả đều cho thấy các mẫu có tính dẫn kim loại trừ mẫu có $\delta = 0,05$ mà ở đó có sự dị thường. Giá trị điện trở suất lớn nhất thu được ở nhiệt độ 150 K của mẫu có giá trị $\delta = 0,05$. Nó chỉ ra rằng điện trở suất có tính dị hướng. Giá trị của điện trở suất dọc theo trục a nhỏ hơn nhiều so với giá trị của điện trở suất dọc theo trục c . Ở những mẫu có $\delta \geq 0,10$, tỷ số dị hướng của ρ_c / ρ_a quãng từ 2 đến 4.

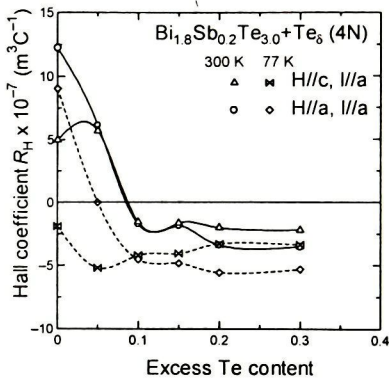


Hình 3a: Sự phụ thuộc nhiệt độ của hệ số Seebeck của hệ $\text{Bi}_{1.8}\text{Sb}_{0.2}\text{Te}_{3+\delta}$ dọc theo trục a .

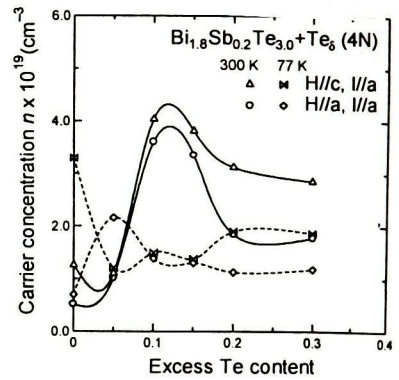


Hình 3b: Sự phụ thuộc nhiệt độ của hệ số Seebeck của hệ $\text{Bi}_{1.8}\text{Sb}_{0.2}\text{Te}_{3+\delta}$ dọc theo trục c .

Hằng số Hall R_H được đưa ra trên hình 4a. Kết quả này chỉ ra rằng hằng số Hall là dị hướng với tất cả các mẫu trừ mẫu có $\delta = 0,05$ and $0,10$. Tỷ số của $(\delta_{312} / \delta_{123}) = 2,4$ khi $\delta = 0,0$ đã được so sánh với kết quả của Drabble [4]. Sự thay đổi của hệ số Hall ở 300 K với các thành phần Te dư khác nhau cho biết vật liệu chuyển từ bán dẫn loại p sang bán dẫn loại n khi δ nhỏ hơn 0,1 là phù hợp với với kết quả của phép đo hệ số Seebeck. Nồng độ hạt tải n của hệ này được đưa ra trên hình 4b. Ở 300 K, nồng độ hạt tải n của vật liệu loại n là lớn hơn so với nồng độ hạt tải của vật liệu loại p khi $\delta = 0$ và 0,05. Kết quả này chỉ ra rằng có sự thay đổi nhiệt khác nhau của nồng độ hạt tải giữa các mẫu thuộc bán dẫn loại n và loại p. Giá trị nồng độ hạt tải n ở nhiệt độ 77 K đạt giá trị lớn hơn khi ở nhiệt độ 300 K. Sự phụ thuộc nhiệt độ của hệ số công suất đã được tính dựa vào giá trị hệ số Seebeck và điện trở suất. Hệ số công suất dọc theo trục a lớn hơn hệ số công suất dọc theo trục c ở tất cả các mẫu.



Hình 4a: Hằng số Hall phụ thuộc nồng độ Te dư của hệ vật liệu $Bi_{1.8}Sb_{0.2}Te_{3+\delta}$



Hình 4b: Nồng độ phần tử tải phụ thuộc nồng độ Te dư của hệ vật liệu $Bi_{1.8}Sb_{0.2}Te_{3+\delta}$

4. Kết luận

Tính chất nhiệt điện của hệ vật liệu $Bi_{1.8}Sb_{0.2}Te_{3+\delta}$ có tính dị hướng rất rõ ràng. Ở đây, chúng tôi áp dụng mô hình six-valley để giải thích, mà ở mô hình này cũng đã được áp dụng trong tính toán vùng hoá trị của vật liệu Bi_2Te_3 .

Lời cảm ơn

Các tác giả chân thành cảm ơn Viện Khoa học và Kỹ thuật tiên tiến của Nhật Bản (JASIT) đã giúp đỡ về tài chính để hoàn thành các phép đo trong báo cáo này.

Tài liệu tham khảo

- [1] R. F. Brebrick, J. Phys. Chem. Solids **30** (1969) 719.
- [2] M. H. Francombe, Br. J. Phys. **9** (1968) 415.
- [3] H. J. Goldsmid, Proc. Phys. Soc. Lond., **71**, (1958) 633.
- [4] J. R. Drabble, Proc. Phys. Soc. Lond., **72**, (1958) 380.