

Tạ Đình Cảnh, Lê Văn Vũ,
Nguyễn Duy Tiến, Đỗ Xuân Thành,
Nguyễn An

CẢM BIẾN TỪ MÀNG MỎNG BISMUTH VÀ ỨNG DỤNG

Màng mỏng Bi chế tạo dưới dạng cảm biến Hall. Xác định suất điện động Hall, độ linh động của hạt tải và khả năng ứng dụng để đo từ trường mạnh của cảm biến.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bi là bán kim có mức năng lượng đáy vùng dẫn hơi thấp hơn so với đỉnh vùng hóa trị, do có sự phủ nhau này mà Bi có những điện tử tự do trên vùng dẫn với nồng độ $n_1 = 2,08 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ các lỗ trống ở vùng hóa trị với nồng độ $n_2 = 3 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$. Nồng độ hai loại hạt tải khác dấu xấp xỉ nhau nên trong Bi quan sát được nhiều hiện tượng điện từ lý thú, đặc biệt là trong hiệu ứng Ganvanô từ.

Chúng tôi đã nghiên cứu hiệu ứng Hall của Bi ở dạng màng mỏng và ứng dụng hiệu ứng này vào việc chế tạo của biến màng mỏng Bi (CBMMBi) để đo từ trường trong một giải rộng.

II. THỰC NGHIỆM - KẾT QUẢ - BIỆN LUẬN

Để đảm bảo sự song song của các đường dòng, hình dạng cảm biến chế tạo là hình chữ nhật có bề rộng $\leq 1/4$ chiều dài. Mỗi cảm biến có ít nhất 4 điện cực gồm 2 cực dòng và 2 cực Hall. Chúng tôi đã chế tạo các dạng cảm biến như trên hình 1.



Hình 1. Các dạng CBMMBi sử dụng hiệu ứng Hall

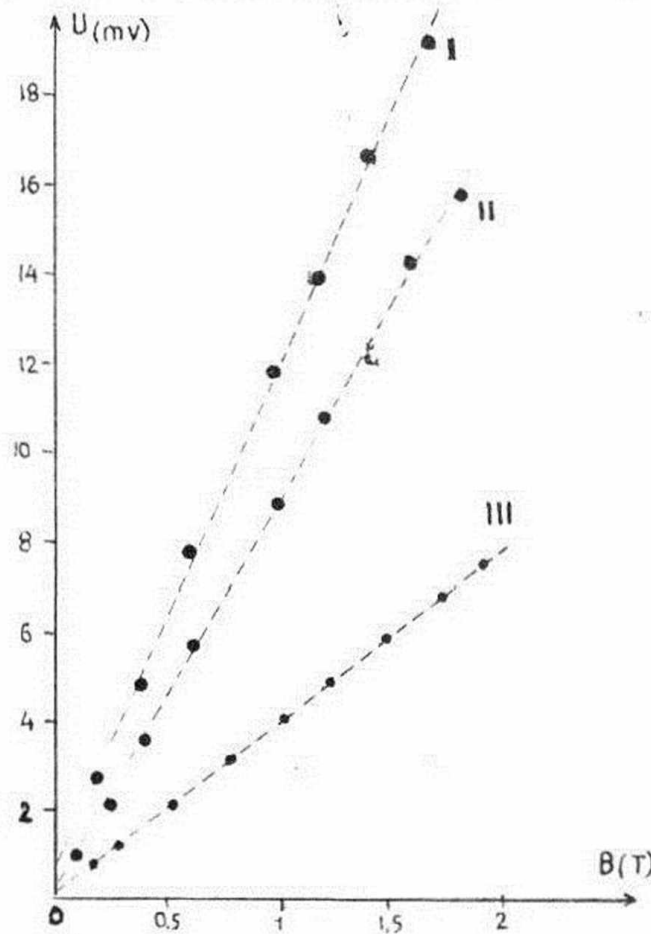
Các CBMMBi được chế tạo bằng phương pháp bốc bay nhiệt trong chân không (cỡ 10^{-4} mm Hg) trên đế Mica có độ dày từ 0,1 đến 0,3 mm. Nhiệt độ để thay đổi từ nhiệt độ phòng tới 350°C .

Bi có độ sạch 99,9999%. Các cảm biến được khảo sát có chiều dài là $4312 \mu\text{m}$, chiều rộng $979 \mu\text{m}$, độ sạch điện cực là $106 \mu\text{m}$, độ chênh lệch hai điện cực Hall là $2,59 \mu\text{m}$. Khi $B = 0$, dòng qua cảm biến là 3 mA thì s.d.đ Hall đo được là $50 \mu\text{V}$. Sự sai lệch này gây ra sự chênh lệch của hai mặt đẳng thế ứng với hai cực Hall, nó có thể được bù trừ hoàn toàn trong mạch đo.

Độ dày của cảm biến được xác định bằng phương pháp giao thoa đồng độ dày. Chúng có độ dày từ $0,3$ đến $1,5 \mu\text{m}$.

Độ linh động μ của màng Bi trên đế Mica được xác định bằng điện thế kế P306T và đồng hồ mA nhạy. Mẫu có độ dày $0,785 \mu\text{m}$ thì độ linh động là $\mu \approx 978,5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$.

CBMMBi đã được khảo sát trong từ trường đồng nhất và thay đổi được của nam châm điện NEW PORT 117 (với sai số 1%). Sđđ Hall được chỉ thị bởi microcon hiện số KEITHLEY 177 c sai số 1%. Kết quả khảo sát với các dòng qua cảm biến khác nhau được mô tả trên hình 2. Các đường I, II, III lần lượt tương ứng với các dòng qua cảm biến là 4 mA , 3 mA và $1,5 \text{ mA}$.



Hình 2. Sự phụ thuộc của Sđđ Hall vào từ trường

Các kết quả cho thấy sự phụ thuộc giữa sđđ Hall và cảm ứng từ là tuyến tính trong phạm vi 2 T (do giới hạn của thiết bị đo). Điều này là phù hợp với lý thuyết của Ziman [1] trong trường hợp có hai loại hạt tải khác nhau khi đó hằng số Hall được xác định bằng công thức:

$$R = \frac{1}{ce} \times \frac{\frac{\sigma_1^2}{n_1} - \frac{\sigma_2^2}{n_2} + \frac{H^2}{c^2 e^2} \sigma_1^2 \sigma_2^2 \frac{n_1 - n_2}{n_1^2 - n_2^2}}{(\sigma_1 + \sigma_2)^2 + \frac{H^2}{c^2 e^2} \sigma_1^2 \sigma_2^2 \frac{(n_1 - n_2)^2}{n_1^2 n_2^2}} \quad (1)$$

trong đó $\sigma_i = \frac{n_i e^2 \tau_i}{m_i}$ là độ dẫn điện của hạt tải thứ i .

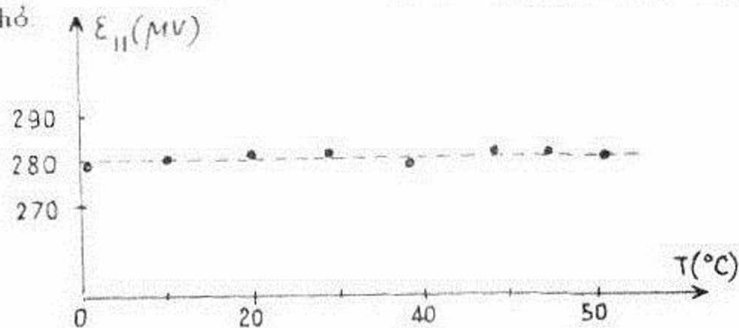
Khi $n_1 \neq n_2$ trong từ trường yếu cũng như trong từ trường rất mạnh, hằng số Hall không phụ thuộc vào từ trường.

$$R \approx \frac{1}{ce} \times \frac{\frac{\sigma_1^2}{n_1} - \frac{\sigma_2^2}{n_2}}{(\sigma_1 + \sigma_2)^2} \quad (\text{từ trường yếu})$$

$$R \approx \frac{1}{ce(n_1 - n_2)} \quad (\text{từ trường mạnh}).$$

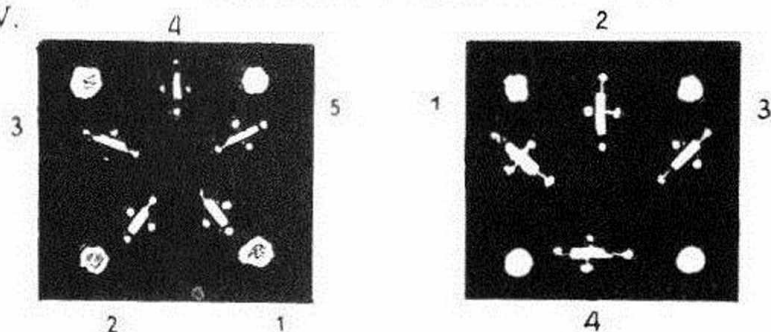
Trong khoảng từ trường trung gian, R phụ thuộc đáng kể vào H và đó là nguyên nhân gây ra sự phụ thuộc không tuyến tính của sdd Hall vào từ trường. Trong Bi, do $n_1 \neq n_2$ không nhiều nên sự đóng góp của số hạng phụ thuộc từ trường (tỉ lệ H^2) trong (1) không lớn. Bởi vậy đối với Bi, sdd Hall phụ thuộc tuyến tính vào H trong một khoảng giá trị từ trường khá lớn.

Để xem xét ảnh hưởng của nhiệt độ lên sdd Hall, chúng tôi đã khảo sát sdd Hall khi đặt cảm biến cố định trong từ trường không đổi 2,8 K Gauss và dòng qua cảm biến ổn định ở 3 mA. Kết quả chỉ ra trên hình 3 cho thấy trong khoảng nhiệt độ thay đổi từ 0 đến 60°C, sdd Hall hầu như không thay đổi. Nguyên nhân là do điện trở của Bi phụ thuộc tuyến tính vào nhiệt độ và hệ số nhiệt điện trở lại rất nhỏ.



Hình 3. Sự phụ thuộc của Sdd Hall vào nhiệt độ.

Khi chế tạo các cảm biến trên cùng một tấm mica với các hướng khác nhau như trên hình (a,b), chúng hợp với đường cắt khai các góc khác nhau. Độ dày của chúng như nhau ($d=0,785$ mm). Trên hình 4a, các cảm biến 1, 2, 3, 4, 5 lần lượt có các sdd Hall tương ứng là 80 μV, 135 μV, 80 μV, 165 μV, 135 μV khi đặt chúng trong từ trường 1000 Gauss và dòng qua biến từ là 3 mA. Tương tự như vậy, trên hình 4b, các cảm biến 1, 2, 3, 4 lần lượt có các sdd Hall tương ứng là 180 μV, 95 μV, 180 μV, 0 μV.



Hình 4. Các cảm biến hướng dọc theo các phương khác nhau trên mặt đế mica.

Các kết quả trên chứng tỏ phẩm chất của màng Bi phụ thuộc rất nhiều vào sự định hướng của nó trên đế mica. Việc nghiên cứu tiếp tục theo hướng này cho ta xác định được sự định hướng của cảm biến trên đế mica để có độ nhạy cao nhất.

III. KẾT LUẬN

Các kết quả nhận được từ thực nghiệm khẳng định độ linh động hạt tải của màng Bi nhỏ hơn nhiều so với các vật liệu khác. Sđđ Hall của cảm biến tuyến tính với từ trường tới 2T. Nguyên nhân là do có sự tham gia của cả hai loại hạt tải điện tử và lỗ trống với nồng độ xấp xỉ nhau. Sđđ Hall hầu như không phụ thuộc vào nhiệt độ. CBMM Bi đã khảo sát trên đây đã được đưa vào làm đầu đo trong máy đo từ trường MDHO1. Kết quả cho thấy hoàn toàn có thể dùng cảm biến này vào mục đích đo từ trường trong khoảng rộng 0 - 2T.

Chúng tôi cảm ơn PTS Bạch Thành Công đã trao đổi ý kiến về các kết quả đã đạt được.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. J. M. Ziman, Principles of the theory of Solids - Cambridge 1972.
2. O. Шматко, Ю. Усов, Структура и свойства металлов и сплавов. Киев 1987
3. Л. Майссела, Р. Гленга, Технология тонких пленок. Москва 1977.
4. Г. Хасса, Физика тонких пленок. Москва 1967.
5. Е. Шрамкова, электрические измерения, москва 1972

*Ta Dinh Canh, Le Van Vu,
Nguyen Duy Tien, Do Xuan Thanh,
Nguyen An*

THE MAGNETIC SENSOR USING THE Bi THIN FILM AND APPLICATIONS

The Bi thin films are used to make the Hall sensor. The Hall electromotive, the mobility of the carriers are determined. The results have shown that the high magnetic field can be measured by this Hall sensor.

Khoa Vật lý - ĐHTH Hà Nội