عنوان المحاضرة :

تأثير هول

Hall Effect

Dr. Ghassan Adnan

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

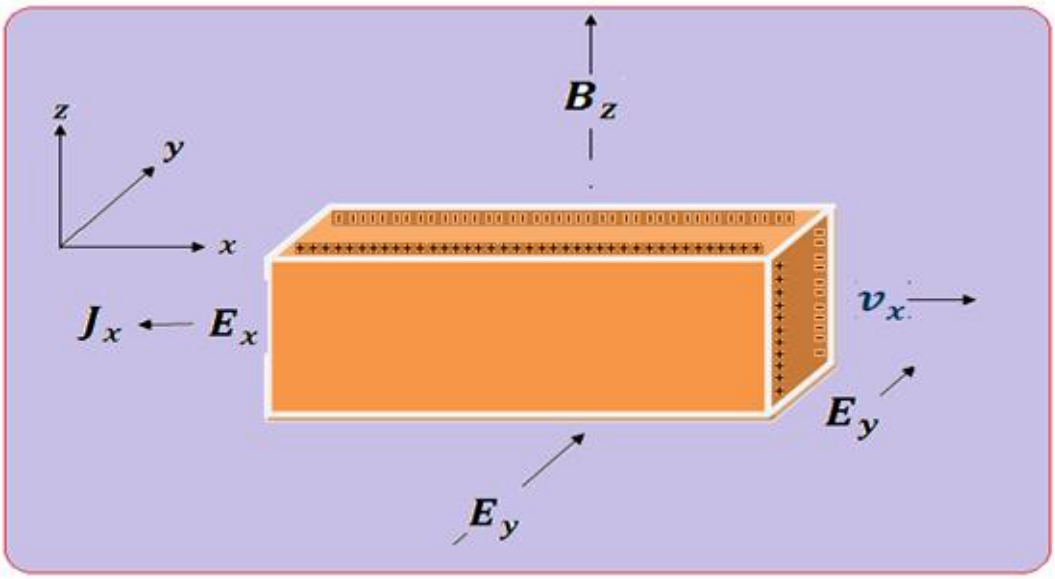
تأثير ثومسن : هو تولد قوة دافعة كهربائية في موصل نتيجة لوجود فرق بين درجة حرارة نهايتيه.

تأثير هول

تعريفه: هو اختلاف توزع التيار في شريحة معدنية بفعل مجال مغناطيسي ،فعند تسليط مجال مغناطيسي على موصل (يحمل تيارا كهربائيا) باتجاه عمودي على اتجاه سريان التيار تنشأ نزعة لدى حاملات الشحنة الى الانحراف جانبا فتسبب تولد قوة دافعة كهربائية عبر الموصل باتجاه عمودي على اتجاه كل من التيار والمجال المغناطيسي.

التفسير الفيزيائي لهذه الظاهرة :

عند وضع شريحة من فلز تحت تأثير مجال مغناطيسي عمودي وإمرار تيار كهربائي في تلك الشريحة،يتولد فرق جهد كهربائي عمودي على اتجاه كل من التيار والمجال المغناطيسي. ان التيار الكهربائي عبارة عن سيل من الالكترونات التي تتحرك بسرعة انجراف (v_e) باتجاه معاكس لاتجاه المجال الكهربائي(E_x)،وعند تسليط مجال مغناطيسي حثه (B) على شريحة معدنية تتولد قوة لورنتز $[F = e(\overline{v_e} x \overline{B})]$ تنحرف هذه الالكترونات نحو اليمين (حسب قاعدة اليد اليمنى).تعمل هذه القوة على تجميع الالكترونات في الطرف الايمن من الشريحة ليكون هذا الطرف سالب الشحنة وفي الوقت نفسه يحدث نقصا في الالكترونات في الطرف الأيسر فيكون موجب الشحنة ونتيجة لذلك بتولد مجالا كهربائيا (E_y)ينبع من الشحنة الموجبة ليصب بالشحنة السالبة نحو اليمين لينمو بالتدريج فيعمل على منع المزيد من الانحراف الجانبي للالكترونات حتى يحدث الاتزان يعرف هذا المجال بمجال هول (E_H) ويطلق على فرق الجهد بين طرفي الشريحة بجهد هول (V_H).



وللتعبير عن تأثير هول رياضيا نفرض ان كثافة التيار في شريحة الفلز هول (J_x) في اتجاه المحور $(-x)$ وان المجال المغناطيسي المؤثر (B_z) في اتجاه المحور (z) كما في الشكل.ان القوة المؤثرة على الالكترون بوجود المجال الكهربائي (E) والمجال المغناطيسي (B) تعطى بالعلاقة:

$$\mathbf{F} = e(E_y - v_e\, x\, B_z) \quad \text{.....(37)}$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

وبما أن حركة الالكترون تكون في اتجاه المحور (x) فعليه تكون القوة المؤثرة على الالكترون في اتجاه المحور (y) :

$$F_y = e(E_y - v_e\, x\, B_z) \quad \text{.....(38)}$$

وتصبح القوة (F_y) مساوية للصفر عندما يحدث التوازن بين تأثير المجال المغناطيسي (B_z) وتأثير المجال اللكهربائي(E_y) الناتج عن انحراف الالكترونات:

$$E_y = E_H = v_x\, B_z \quad \text{.....(39)}$$

وهي معادلة مجال هول حيث (v_x) تمثل معدل سرعة انسياق الالكترونات بعكس اتجاه المجال الكهربائي الخارجي ، ولما كانت كثافة التيار (J_x) تعطى بدلالة سرعة الانسياق (v_x) وعدد الالكترونات لكل وحدة حجم(n):

$$J_x = (-en\Delta\overline{v_x}) \quad \text{.....(40)}$$

$$\therefore v_x = \frac{-J}{n\,e} \quad \text{.....(41)}$$

$$\therefore E_H = \frac{-1}{n\,e} J_x\, B_z \quad \text{.....(42)}$$

المعادلة (42) تعني ان مجال هول يتناسب مع كل من كثافة التيار (J_x) وشدة المجال المغناطيسي (B_z) ويدعى ثابت التناسب بمعامل هول الذي يحدد نوع الاستجابة العمودية على اتجاه كل من التيار والمجال المغناطيسي أي أن :

$$R_H = \frac{-1}{n\,e} = \frac{E_{H(y)}}{J_x\, B_z} \quad \text{.....(43)}$$

ان معامل هول يحدد اشارة وكثافة حاملات الشحنة فهو سالب عندما تكون الحاملات الكترونات حرة .وتزداد قيمة معامل هول بانخفاض تركيز الحاملات. عليه فهو وسيلة مهمة لمعرفة تركيز وإشارة حاملات الشحنة ولاسيما في المواد شبه الموصلة.

يمكن ربط معامل هول (R_H)مع التوصيلية الكهربائية (σ) من خلال الصيغة الرياضية التالية:

$$\therefore \mu = -\sigma\, R_H \quad \text{.....(44)}$$

Dr. Ghassan Adnan
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

H.W : شريط من النحاس عرضه $(1\ \mathrm{cm})$ وسمكه $(0.1\ \mathrm{cm})$ يمر خلاله تيار كهربائي شدته $(20\ Amp.)$، فعند تسليط مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه تساوي $(1.2\ \mathrm{T})$ وبصورة عمودية على سطح الشريط ظهر فرق جهد كهربائي مقداره $(18\ \mathrm{mv})$بين نقطتين متقابلتين على عرض الشريط .جد معامل هول$(\mathrm{R_H})$ وسرعة انجراف الالكترونات(v_e) وتركيزها(n) ؟

Dr. Ghassan Adnan

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com