

BÖLÜM 6-Elektron gazı-Yarıiletkenler

Yarıiletkenlerde akım yoğunluğuna katkı hem sürüklenen elektronlardan hem de sürüklenen deşiklerden olacaktır:

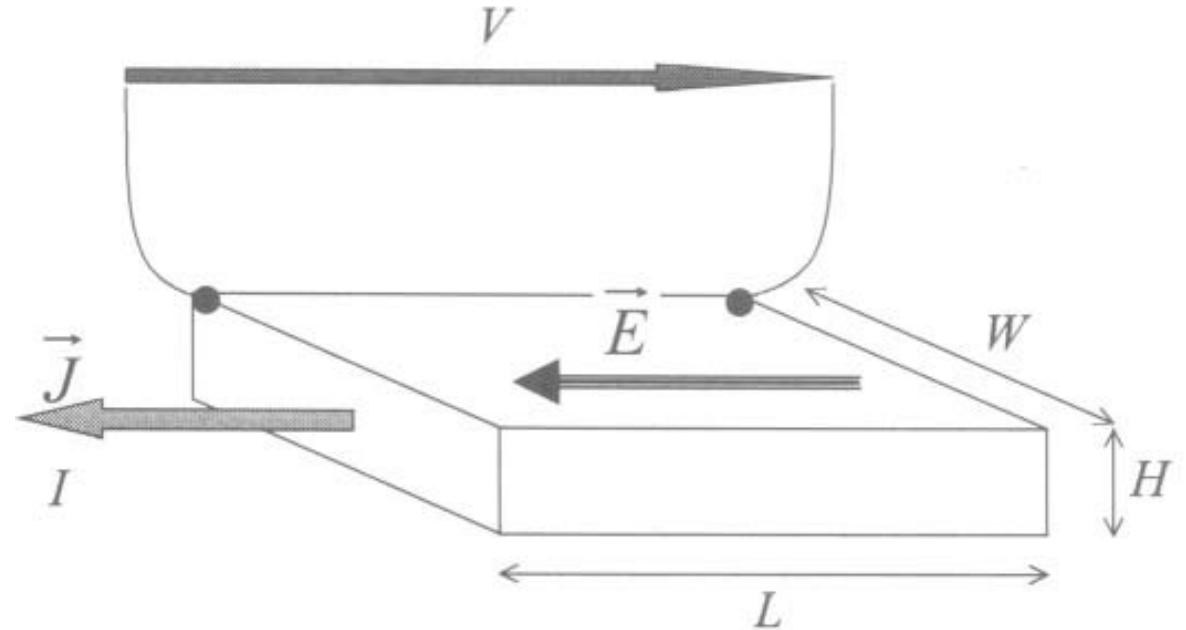
$$\mathbf{J} = \mathbf{J}_{e-s} + \mathbf{J}_{h-s} ,$$

$$\mathbf{v}_{e-s} = -\mu_e \mathbf{E} , \mathbf{J}_{e-s} = -nq\mathbf{v}_{e-s}$$

$$\mathbf{v}_{h-s} = -\mu_h \mathbf{E} , \mathbf{J}_{h-s} = +pq\mathbf{v}_{h-s}$$

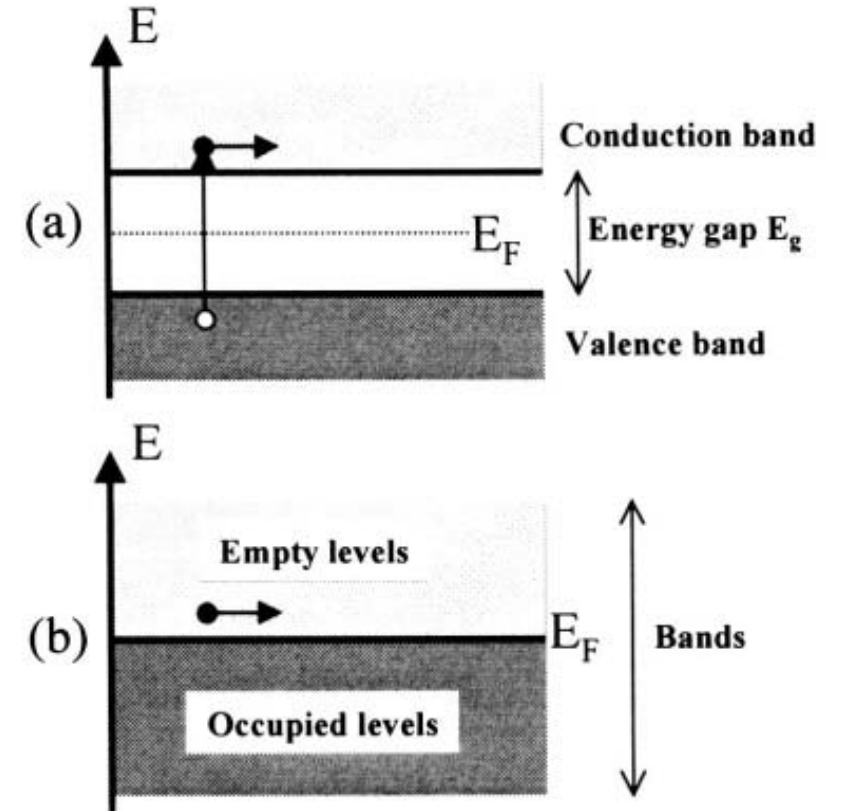
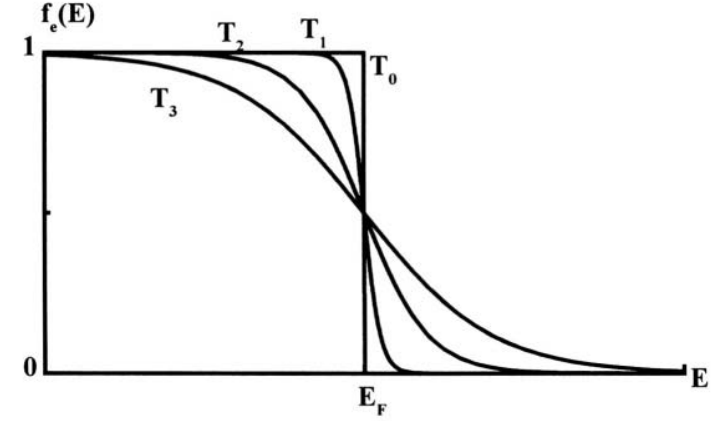
Sürüklenmeden dolayı oluşan toplam akım yoğunluğu

$$\mathbf{J}_s = \sigma \mathbf{E} \text{ ve denklemdaki } \sigma = q(n\mu_e + p\mu_h)$$



BÖLÜM 6-Elektron gazı-Yarıiletkenler

Yarı iletkenlerdeki iletkenlik, metallere göre sıcaklığa daha fazla bağlıdır. Bunun nedeni, yarı iletkenlerde, 0 K sıcaklıkta, Fermi enerjisinin yasak aralık içinde olması ve Fermi-Dirac dağılımının sıfır olduğu iletim bandında (ve dolayısıyla değerlik bandında boşluk) elektron olmamasıdır. Bu nedenle, sıcaklığı artırarak, iletim bandındaki elektron konsantrasyonlarını artırmak ve Fermi-Dirac dağılımı artık tam olarak sıfıra eşit olmadığı için elektriksel iletkenliği artırmak mümkündür. Buna karşılık metallerde Fermi enerjisi kısmen doldurulmuş olan iletim bandı içinde yer alır ve sıcaklıktaki bir artış, iletim bandı içindeki elektron konsantrasyonunu önemli ölçüde etkilemez. (a) yarıiletken, (b) metal

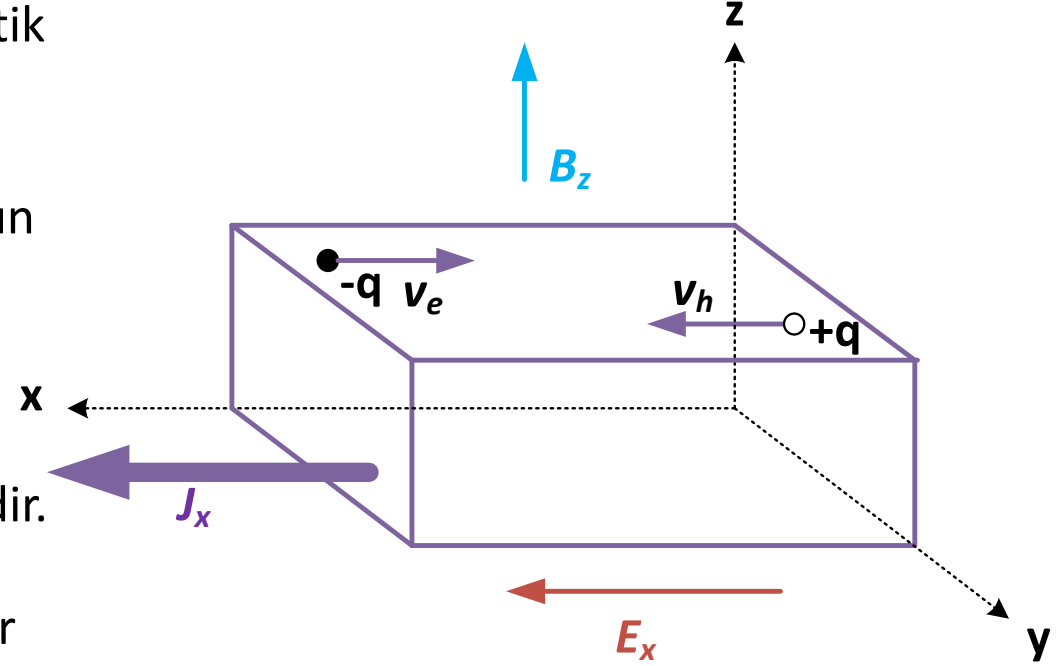


BÖLÜM 6-Elektron gazı-Hall etkisi

19yy sonlarına doğru elektrik akımı taşıyan bir metal telin manyetik alan içine konulunca kuvvete maruz kaldığı fizikçiler tarafından bilinmekteydi. 1879'da deneysel olarak elektrik akımı taşıyıcılarının yönüne dik doğrultuda bir manyetik alan içine konulunca tel üzerine kuvvet uygulandığını E.H. Hall tarafından gösterilmiştir.

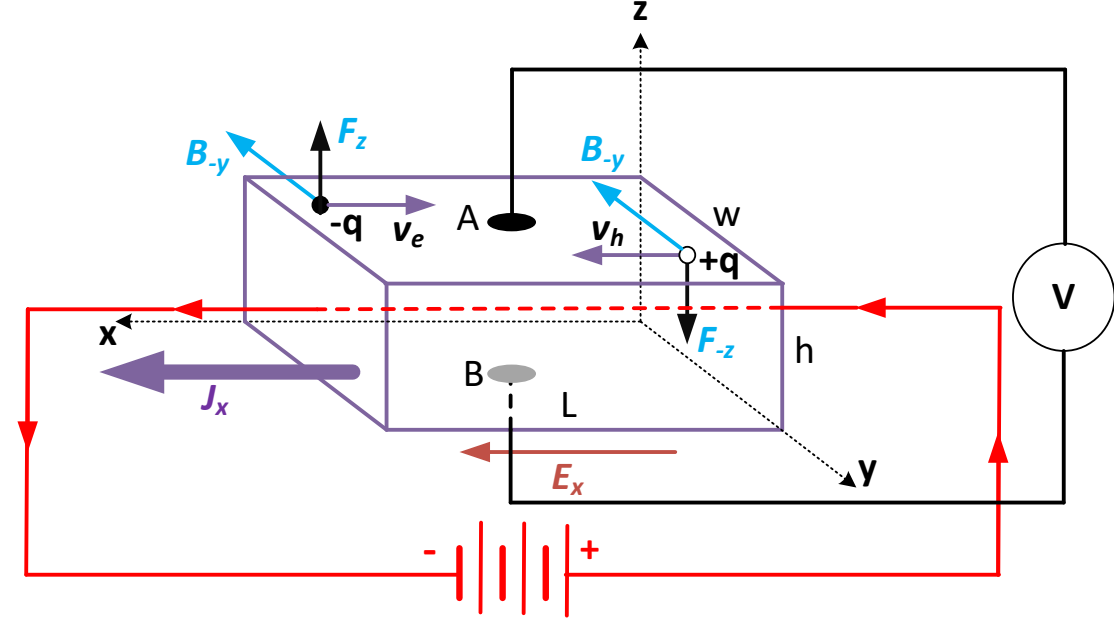
Hall'un hazırlamış olduğu deney setinin görseli yanda verilmektedir.

Hall etkisinin gözlenmesi ile yarıiletkenler hakkında önemli bilgiler edinilir. Katıdan düzgün bir I akımı E elektrik alanı aracılığı ile geçer ve akım doğrultusuna dik olarak kuvvetli bir B magnetik alanı uygulanırsa, bu ikisine dik olmak üzere üçüncü doğrultuda bir voltaj gradienti meydana gelebilir.



BÖLÜM 6-Elektron gazı-Hall etkisi

Yük taşıyıcıları pozitif ise, B noktası A noktasına nazaran pozitif olur. Çünkü pozitif yükler B ye doğru itilir (F_{-z}). Yük taşıyıcıları negatif ise, B noktası negatif olarak yüklü olur (F_{-z}). Her iki durumda A ve B noktaları arasında bir süreliğine elektriksel potansiyel farkı doğar. Buna Hall potansiyeli denir. Hall deneyi yarıiletkenlerde yük taşıyıcılarının işaretini öğrenmemizi sağlar. Metallerle yapılan Hall deneylerinde akımın elektronlarla taşıdığı görülmektedir. R_H -Hall sabiti, potansiyel gradienti olup numuneden birim akım yoğunluğu geçtiğinde uygulanan magnetik alan tarafından ortaya çıkartılır. Şekildeki mazemenin uzunluğu L, genişliği w ve yüksekliği h'dir.



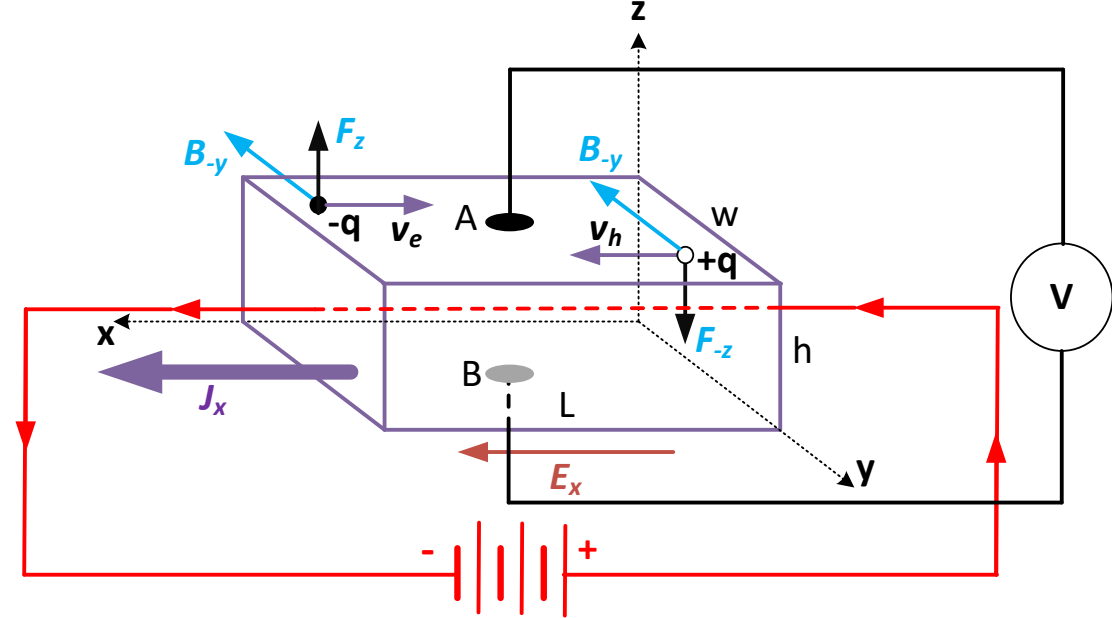
BÖLÜM 6-Elektron gazı-Hall etkisi

Numune içindeki elektronların tamamen serbest olduğu göz önüne alınarak J_x akım yoğunluğunun $+x$ yönünde ve tatbik edilen B_{-y} manyetik alanının $-y$ yönünde olduğuna göre, manyetik alan sebebiyle bir yük üzerine etki eden düşey doğrultudaki kuvvet $\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$ olur ve akım taşıyıcıları z -düşey doğrultusunda harekete başlar.

Denklemdaki q – elektriksel yük, v -elektronların ortalama sürüklenme hızı, B – manyetik alanıdır. $J = nev$ - akım yoğunluğu, n -elektron sayısıdır.

Elektriksel yüklerin ayrışması bir süre devam eder ve sonra dengeye gelir. Yüklerin ayrık durmasını sağlayan kuvvetler

$$0 = q_h \mathbf{v}_h \times \mathbf{B}_{-y} + q_h \mathbf{E}_z$$



BÖLÜM 6-Elektron gazı-Hall etkisi

Yüklerin ayırık durmasını sağlayan kuvvetler

$$v_h B_{-y} = E_z$$

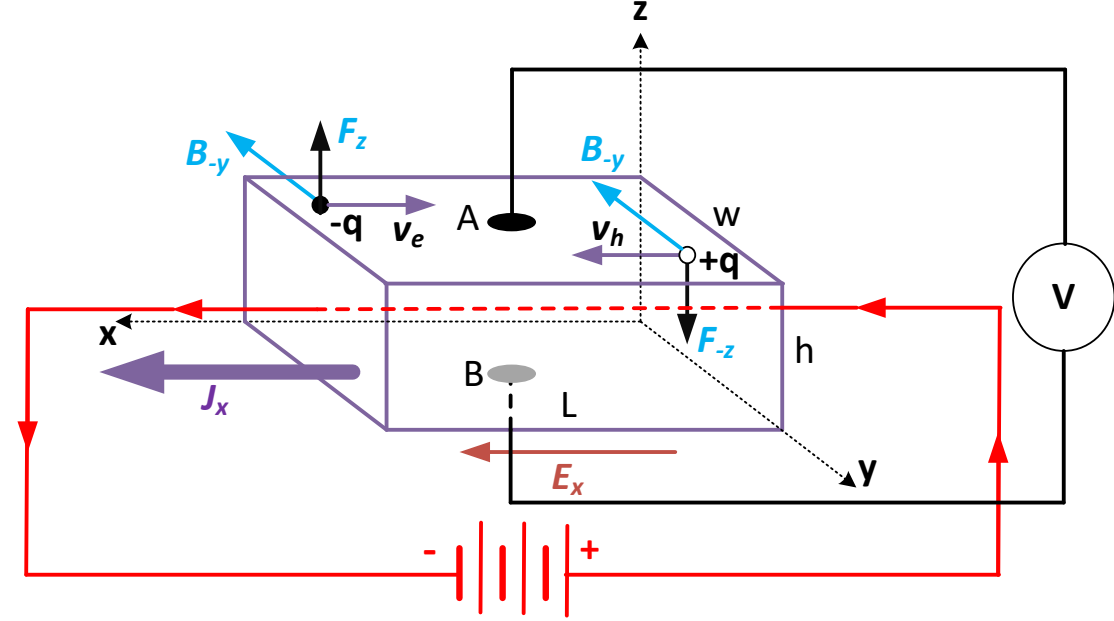
$$J_h = pqv_h, v_h = \frac{J_h}{pq}, \frac{J_h}{pq} B_{-y} = E_z, J_h B_{-y} = pqE_z$$

$$E_z = \frac{J_h B_{-y}}{pq} \text{ veya } R_H = \frac{E_z}{B_{-y} J_h} = \frac{1}{pq} > 0$$

Malzemenin karakteristik bir özelliği olan deşik yoğunluğunu veren deneysel bir nicelik elde edilir. Deşik Hall mobilitesi (hareketliliği)

$$\mu_h = \sigma R_H$$

denklemleri ile verilebilir. $E_z = \frac{V_H}{h}$ ifadesi kullanılırsa, $R_H = \frac{V_H}{B_{-y} J_h h} = \frac{1}{pq}$



BÖLÜM 6-Elektron gazı-Hall etkisi-Örnek 1

Kesiti $h=1\text{cm}$, $w=1\text{cm}$ olan saf n-Germanyumdan küçük bir plaka $B = 1250$ oersted'lik enine bir magnetik alan içindedir. Plakadan $I_x = 10\text{mA}$ 'lik bir akım ($\mathbf{J}_h = \frac{I}{A}$) geçtiğinde plakanın w -boyunca $V_H = 1.25\text{mV}$ 'luk

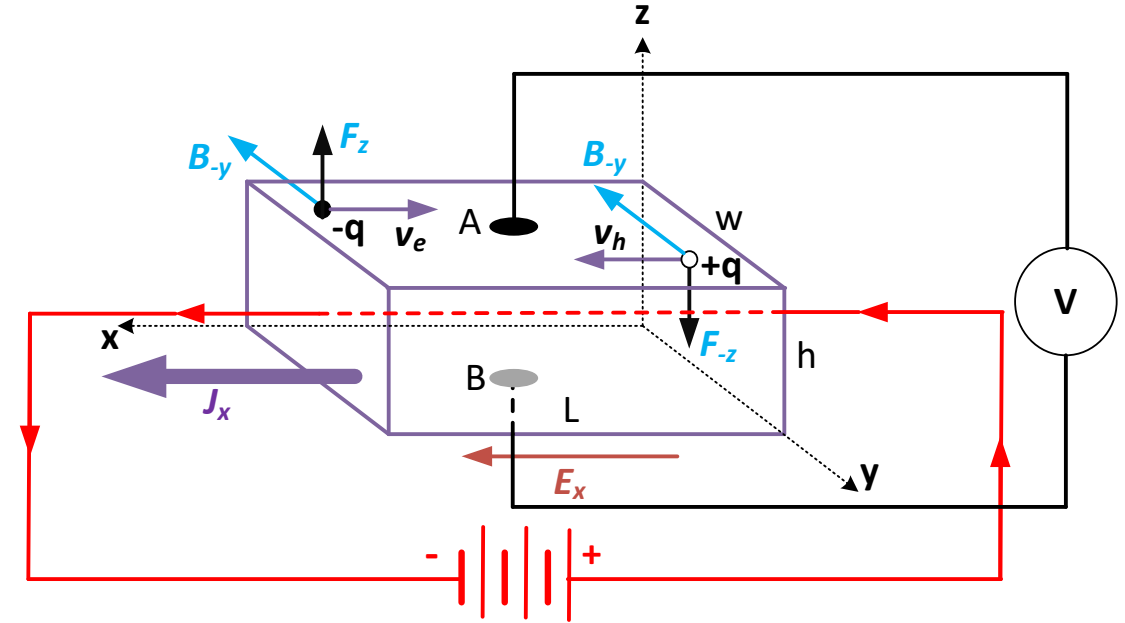
bir Hall gerilimi ölçülür. $R_H = \frac{V_H}{B_{-y} J_h h} = \frac{(V_H/h)}{B_{-y}(I/A)} = \frac{(V_H/h)}{B_{-y}(I/wh)} = \frac{V_H w}{B_{-y} I}$

a) $R_H = \frac{V_{AB} w}{I H}$ veya $R_H = \frac{1}{ne}$ Hall sabitini bulunuz.

b) 1cm^3 'te bulunan serbest yük taşıyıcı sayısını bulunuz.

$$a) R_H = \frac{V_{AB} w}{I B} = \frac{(1.25 \times 10^{-3} \text{ Volt})(1 \times 10^8)}{(10 \times 10^{-3} \text{ Amper}) \left(\frac{1}{10} 1250 \text{ Oersted}\right)} = 10^5 \text{ emu}$$

$$b) n = \frac{1}{R_H e} = \frac{1}{(10^5 \text{ emu})(1.6 \times 10^{-20})} = 6.25 \times 10^{14} \text{ e} \cdot \text{cm}^{-3}$$



BÖLÜM 6-Elektron gazı-Hall etkisi

