

# ELM201 KATIHAL ELEKTRONİĞİ-I

Kovalent bağ kırıldığında, ikinci bir yük taşıyıcı oluşur.

Elektron (-q elektrik yüküne sahip,  $-1,602 \times 10^{-19}$  Coulombs) gibi kovalent bağdan ayrılır ve ilgili 2 Silisyum atomunun bağ yapısında bir boşluk (vacancy) bırakır.

Boşluk, +q etkin yük değeriyle bırakılır.

Yakın bağlardaki bir elektron bu boşluğu doldurulabilir. Bu durumda farklı bir konumda boşluk ortaya çıkar.

Ders Kitapları:

1) Microelectronic Circuit Design, R. C. Jaeger and T. N. Blalock, (4th edition) 2010.

2) Solid State Electronic Devices, B. G. Streetman, S. K. Banerjee, 6th Edition, Prentice Hall, 2006.

Bu işlem boşluğun kristal yapısı içerisinde hareket etmesine imkan sağlar.

Hareket eden boşluk (vacancy) +q yüklü bir parçacık gibi davranır ve “hole” (delik, boşluk, oyuk) olarak adlandırılır. Delik yoğunluğu  $\rho$  (holes/cm<sup>3</sup>) simgesiyle gösterilir.

Yukarıda açıklandığı gibi, her kırılan bağ için iki yüklü parçacık oluşur: 1 elektron ve 1 delik. Özgün (katkısız, has, “intrinsic”) silisyum için  $n=n_i=\rho$  olur ve elektron ve delik yoğunluklarının çarpımı

$$p \times n = n_i^2$$

Ders Kitapları:

1) Microelectronic Circuit Design, R. C. Jaeger and T. N. Blalock, (4th edition) 2010.

2) Solid State Electronic Devices, B. G. Streetman, S. K. Banerjee, 6th Edition, Prentice Hall, 2006.

$p \times n$  çarpımı yarıiletken ısııl dengede (thermal equilibrium) olduğu sürece bu eşitlik ile verilir.

Isıl dengede, malzeme özellikleri sadece T sıcaklığına bağılıdır (başka bir biçimde bir uyarı –stimulus- uygulanmaksızın).

Voltaj, akım veya optiksel uyarma gibi yarıiletkenlerde dış bir uyarı olduğu durumda bu eşitlik uygulanmaz.

Ders Kitapları:

1) Microelectronic Circuit Design, R. C. Jaeger and T. N. Blalock, (4th edition) 2010.

2) Solid State Electronic Devices, B. G. Streetman, S. K. Banerjee, 6th Edition, Prentice Hall, 2006.

# Yarıiletkenlerde Sürüklenme Akımları ve Devingenlik

## (Drift Currents and Mobility in Semiconductors)

### Sürüklenme Akımları

Elektriksel öz direnç (resistivity)  $\rho$  veya onun tersi olan iletkenlik (ya da Özgül iletkenlik, conductivity)  $\sigma$ , bir elektrik alan uygulandığı zaman malzemedeki akım dolaşımını (current flow) karakterize eder.

Yüklü parçacıklar, elektrik alanın etkisiyle hareket eder (move) veya sürüklenir (drift).

Ders Kitapları:

1) Microelectronic Circuit Design, R. C. Jaeger and T. N. Blalock, (4th edition) 2010.

2) Solid State Electronic Devices, B. G. Streetman, S. K. Banerjee, 6th Edition, Prentice Hall, 2006.

Oluşan akım, **sürüklenme akımı (drift current)** olarak adlandırılır.

Sürüklenme akım yoğunluğu  $J$  (drift current density)

$$J = QV \quad (C / cm^3)(cm / s) = A(amper) / cm^2$$

$J$ : akım yoğunluğu, bizim kesit alanı içinden geçen yük (current density, the charge in coulombs moving through an area of unit cross section)

$Q$ : yük yoğunluğu, birim hacimdeki yük

$V$ : elektrik alan içinde yük hızı

Ders Kitapları:

1) Microelectronic Circuit Design, R. C. Jaeger and T. N. Blalock, (4th edition) 2010.

2) Solid State Electronic Devices, B. G. Streetman, S. K. Banerjee, 6th Edition, Prentice Hall, 2006.

## **Devingenlik (mobility)**

Yüklü parçacıkların, uygulanan elektrik alan altında hareket ettiği elektromanyetik biliminden bilinmektedir.

Bu hareket sürüklenme olarak adlandırılır ve ortaya çıkan akım da sürüklenme akımı olarak bilinir.

Pozitif yükler elektrik alanın yönünde sürüklenirken, negatif yükler ters yönde sürüklenir.

Ders Kitapları:

1) Microelectronic Circuit Design, R. C. Jaeger and T. N. Blalock, (4th edition) 2010.

2) Solid State Electronic Devices, B. G. Streetman, S. K. Banerjee, 6th Edition, Prentice Hall, 2006.

Düşük elektrik alanlarda, sürüklenme hızı  $V(\text{cm/s})$  elektrik alan  $E(\text{V/cm})$  ile orantılıdır ve sabit oran devingenlik (mobility) olarak adlandırılır.

$$V_n = -\mu_n E \quad V_p = \mu_p E$$

$V_n$  : *elektron hızı (cm / s)*

$V_p$  : *deliklerin hızı (cm / s)*

$\mu_n$  : *elektron devingenliği ,1350 cm<sup>2</sup> / V.s (özgün silisyum için)*

$\mu_p$  : *delik devingenliği ,500 cm<sup>2</sup> / V.s (özgün silisyum için)*

Ders Kitapları:

1) Microelectronic Circuit Design, R. C. Jaeger and T. N. Blalock, (4th edition) 2010.

2) Solid State Electronic Devices, B. G. Streetman, S. K. Banerjee, 6th Edition, Prentice Hall, 2006.

Kavramsal olarak; delikler kovalent bağ yapısı boyunca hareket ederken, elektronlar kristal yapı boyunca hareket etmekte serbesttir.

Bu nedenle, delik devingenliğinin elektron devingenliğinden daha az olması beklenir.

### Örnek (Jaeger, s.49):

a) 10 V/cm değerinde bir elektrik alan içinde delik hızı nedir?

$$V_p = 500 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s} \cdot 10 \frac{\text{V}}{\text{cm}} = 5 \cdot 10^3 \text{ cm} / \text{sn}$$

Ders Kitapları:

1) Microelectronic Circuit Design, R. C. Jaeger and T. N. Blalock, (4th edition) 2010.

2) Solid State Electronic Devices, B. G. Streetman, S. K. Banerjee, 6th Edition, Prentice Hall, 2006.



## Örnek (devam)

b)  $1000V/cm$  'lik elektrik alan içinde elektron hızı nedir?

$$V_p = 1350 \text{ cm}^2 / V.s \cdot 1000 = 1,35 \cdot 10^6 \text{ cm/s}$$

c) Bir direncin üzerindeki gerilim  $1V$  ve direncin uzunluğu  $2\mu_m$  ise dirençteki elektrik alan nedir?

$$E = \frac{1V}{2\mu_m} = 5 \cdot 10^3 \text{ V/cm}$$

Ders Kitapları:

1) Microelectronic Circuit Design, R. C. Jaeger and T. N. Blalock, (4th edition) 2010.

2) Solid State Electronic Devices, B. G. Streetman, S. K. Banerjee, 6th Edition, Prentice Hall, 2006.