

# شبه الموصل

د. عبد القادر جليل  
د. رافع عبدالله منيف  
كلية العلوم / جامعة كركوك

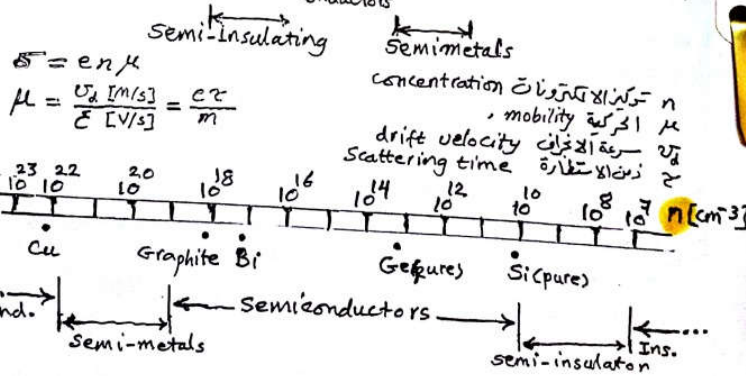
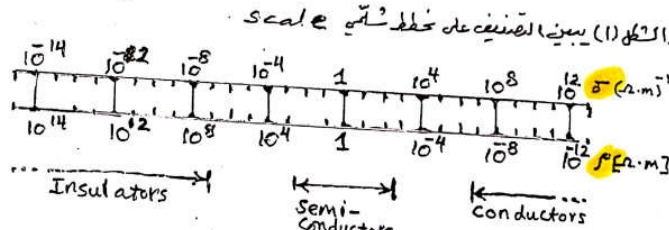
# Semiconductor

## تشبيه الموصل

تصنيف المواد على أساس قابليتها لنقل (أو توصيل)  
التيار الكهربائي إلى الأصناف التالية

الوصف	مدى قيم التوصيلية $\sigma$ ( $\Omega^{-1} \cdot m$ )	مدى قيم المقاومة $\rho$ ( $\Omega \cdot m$ )
1 موصل Conductor	$\sigma > 10^7$	$\rho < 10^{-7}$
2 شبه موصل Semiconductor	$10^2 < \sigma < 10^8$	$10^{-2} < \rho < 10^2$
3 عازل Insulator (dielectric)	$\sigma < 10^{-8}$	$\rho > 10^8$

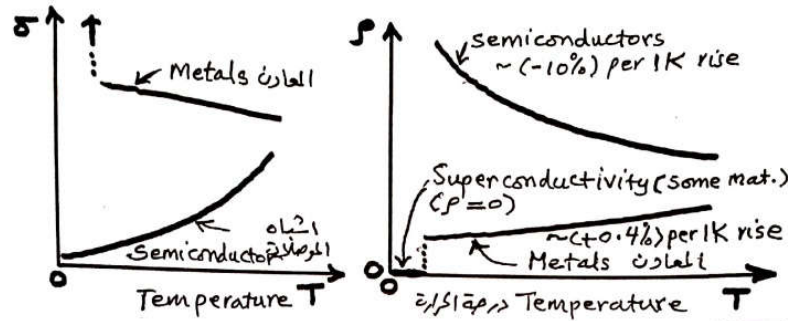
وهناك صفة كمية quantitative لقياس قابلية المواد على توصيل التيار الكهربائي  
تعرف باسم (التوصيلية الكهربائية  $\sigma$  Electrical conductivity)  
وتعرف بتعكس التوصيلية باسم المقاومة الكهربائية  $\rho$  Electrical resistivity  
$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$



2

## تتميز أشباه الموصلات بالمميزات الرئيسية التالية:

- 1- التوصيلية  $\sigma$  تزداد بزيادة درجة الحرارة  $T$  بعكس المعادن (الموصلات) حيث  $\sigma$  تقل بزيادة  $T$ . وسبب الاختلاف نوضحه في أدناه:



الكل: تغير المقاومة ( $\rho$ ) والتوصيلية ( $\sigma$ ) مع درجة الحرارة ( $T$ ).

في المعادن: تركيز الإلكترونات ( $n$ ) يحدّد يكون ثابتاً لا يعتمد على ( $T$ )، غير أن الحركة ( $\mu$ )  $mobility$  تقل بزيادة ( $T$ ) مما يؤدي إلى خفض قيمة  $\sigma$ . وتقل الحركة ( $\mu$ ) بزيادة ( $T$ ) لأن زيادة ( $T$ ) تؤدي إلى زيادة الاهتزازات الذرية بسبب زيادة الطاقة الحرارية ( $KT$ ) مما يؤدي إلى زيادة احتمالية تصادم الإلكترونات المتحركة بالذرات وبالتالي فإن زمن الاستطارة ( $\tau$ ) وهي الفترة الزمنية بين كل اصطدامين تكون أقصر وعليه تقل  $\mu$  في  $\mu = e\tau/m$  و  $\sigma = en\mu$ .

في أشباه الموصلات: إضافة إلى ما ذكر في الأعلى بالنسبة للمعادن تحصل ظاهرة أخرى وهي أن تركيز الإلكترونات ( $n$ ) تزداد بزيادة كبيرة بزيادة درجة الحرارة  $T$ :  

$$n \propto \exp(-E_g/2kT)$$
 حيث  $E_g$  هي فجوة الطاقة. لأن زيادة ( $n$ ) تتغلب على مقدار الانخفاض الذي لطأ على قيمة  $\mu$  وبالتالي فإن  $\sigma = en\mu$  تزداد بزيادة ( $T$ ).

2- التوصيلية ( $\sigma$ ) تزداد بدرجة كبيرة عندما يتعرض شبه الموصل إلى الإشعاع كهرومغناطيسي (عادة ضوء مرئي، أو أشعة تحت الحمراء IR). التوصيلية في وجود الضوء تسمى بالتوصيلية الضوئية  $photoconductivity$ .

**3- التوصيلية (σ)** تتأثر بدرجة كبيرة بوجود الشوائب Impurities  
تكمية ضئيلة جداً من الشوائب (جزء من المليون) يتسبب في زيادة التوصيلية  
زيادة هائلة (آلاف المرات).

تم الاستفادة من هذه الخصائص الأساسية كما يلي:

1- بالنسبة لاعتماد (σ) على درجة الحرارة (T) ، صنع مستشعرات sensors  
لقياس درجة الحرارة

2- بالنسبة لاعتماد (σ) على الضوء ، صنع كواشف ضوء photo detectors  
لتكشف الإشارات الضوئية وصنع خلايا شمسية solar cells لتحويل ضوء  
الشمس إلى تيار كهربائي كمصدر للطاقة متجددة غير ناضبة

3- بالنسبة لاعتماد (σ) على وجود الشوائب ، صنع دوائر إلكترونية لاملة  
على رقيقة (Chip) من مادة شبه موصلة وذلك بالتحكم في مقدار التوصيلية  
بغاية . هذه الدوائر المتكاملة على رقيقة واحدة تعرف باسم :

الدوائر المتكاملة (IC) Integrated Circuits

اصناف ومناذج من مواد شبه موصلة

**Semiconductor Materials (Types and Examples):**

المواد شبه الموصلة بعضها عناصر elements - مثل السيليكون  $Si^{14}$  والجرمانيوم  $Ge^{32}$   
وهما من عناصر المجموعة الرابعة في الجدول الدوري للعناصر. وقد تم صنع مركبات

compounds كالأشباه موصلة . والمركبات الثنائية مثل جاليوم أرسنايد  $GaAs$   
أو الثنائية مثل  $GaAlAs$  أو رباعية  $GaAlAsP$  . المركبات الثنائية  
(AB) تعرف بالترميزات التالية:

**III-V (Three-Five):** Examples:  $InSb, GaAs, GaP, InP, \dots$

A is a trivalent element and B is a pentavalent  
ثلاث التكافؤ

**II-VI (Two-Six):** Examples:  $ZnS, CdS, CdSe, ZnO, \dots$

A is a divalent element and B is a hexavalent

II-VI is also known by the name Chalcogenides  
 $CdS, CdSe$  and  $ZnO$  are also piezoelectric كهرضغطية

$HgTe$  and  $HgSe$  are semimetals

**IV-IV (Four-Four):** Example:  $SiC$  (silicon carbide)

(4)

IV-VI (Four-Six): Examp.:  $PbS$ ,  $PbSe$ ,  $PbTe$ V-VI (Five-Six): Examp.:  $Bi_2Te_3$ ,  $Bi_2Se_3$ 

X نيزا ٣

A				B							
V	VI	VII	VIII	I	II	III	IV	V	VI		
						B <sup>5</sup>	C <sup>6</sup>	N <sup>7</sup>	O <sup>8</sup>		
						Al <sup>13</sup>	Si <sup>14</sup>	P <sup>15</sup>	S <sup>16</sup>		
						Cu <sup>29</sup>	Zn <sup>30</sup>	Ga <sup>31</sup>	Ge <sup>32</sup>	As <sup>33</sup>	Se <sup>34</sup>
						Ag <sup>47</sup>	Cd <sup>48</sup>	In <sup>49</sup>	Sn <sup>50</sup>	Sb <sup>51</sup>	Te <sup>52</sup>
						Au <sup>79</sup>	Hg <sup>80</sup>	Tl <sup>81</sup>	Pb <sup>82</sup>	Bi <sup>83</sup>	Po <sup>84</sup>

↑      ↑
↑

III-V
III-VI

↑
↑

جزء من الجدول الدوري لبيان المواد شبه الموصلة.

Typical Applicationsتطبيقات المواد

Si: Transistors, IC, Thyristors, Solar cells, Radiation detectors

Ge: IR-detectors, Nuclear radiation detectors, IR-Lens

GaAs: Very High Speed IC, Microwave IC, Gunn diode  
Light-Emitting-Diode (LED), Laser Diode (LD)

GaP, GaAsP, GaAlAs: LED, LD

ZnS: Fluorescent material used in TV screens.

InSb, CdSe, PbS, HgCdTe: Light detectors (usually IR)

CdS, ZnO: acousto-electric devices

Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>: Thermoelectric devices.

X نيزا ٣