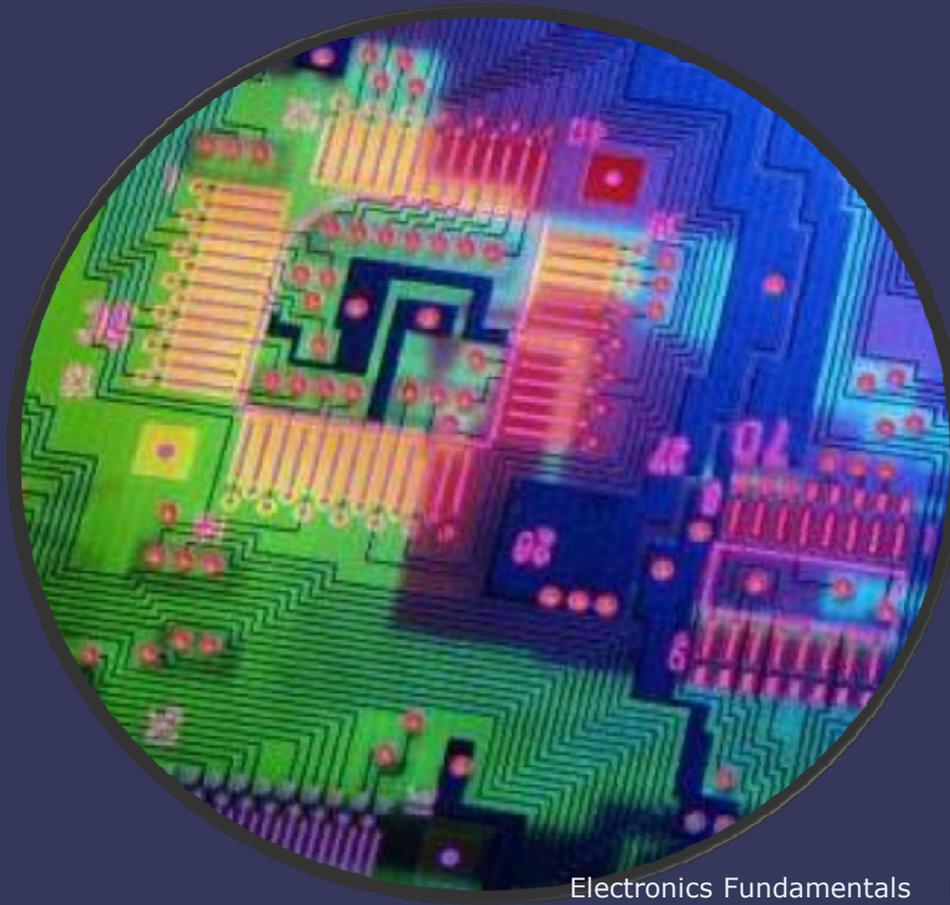


Electronics Fundamentals

Dr. Nidal ZAIDAN

Semiconductors Theory



نظرية أنصاف النواقل

Semiconductors Theory

IA												VIIA				O						
1 H 1.00794											5 B 10.81	6 C 12.011	7 N 14.0067	8 O 15.9994	9 F 18.9984	10 Ne 20.179						
3 Li 6.941	4 Be 9.01218											13 Al 26.9815	14 Si 28.0855	15 P 30.9738	16 S 32.06	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948					
11 Na 22.9898	12 Mg 24.305	IIIB		IVB	VB	VIB	VIIIB	VIII			IB	IIB										
19 K 39.0983	20 Ca 40.08	21 Sc 44.9559	22 Ti 47.88	23 V 50.9415	24 Cr 51.996	25 Mn 54.9380	26 Fe 55.847	27 Co 58.9332				28 Ni 58.69	29 Cu 63.546	30 Zn 65.39	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.9216	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.80		
37 Rb 85.4678	38 Sr 87.62	39 Y 88.9059	40 Zr 91.224	41 Nb 92.9064	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.906				46 Pd 106.42	47 Ag 107.868	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.905	54 Xe 131.29		
55 Cs 132.905	56 Ba 137.33	57 La 138.906	72 Hf 178.49	73 Ta 180.948	74 W 183.85	75 Re 186.207	76 Os 190.2	77 Ir 192.22				78 Pt 195.08	79 Au 196.967	80 Hg 200.59	81 Tl 204.383	82 Pb 207.2	83 Bi 208.980	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)		
87 Fr (223)	88 Ra 226.025	89 Ac 227.028	104 Unq (261)	105 Unp (262)	106 Unh (263)	107 Uns (262)																
* Lanthanides																						
58 Ce 140.12	59 Pr 140.908	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36																		
† Actinides																						
90 Th 232.038	91 Pa 231.036	92 U 238.029	93 Np 237.048	94 Pu (244)	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.925	66 Dy 162.50	67 Ho 164.930	68 Er 167.26	69 Tm 168.934	70 Yb 173.04	71 Lu 174.967	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (260)

1) مقدمة:

تعتبر المواد النصف ناقلة حجر الزاوية في تصميم العناصر والأنظمة الإلكترونية والتي حلت محل الصمامات المفرغة للأسباب التالية:

- الحجم الصغير
- الوزن الخفيف
- البنية الصلبة
- الوثوقية العالية والعمر التشغيلي الطويل
- الاستهلاك المنخفض للاستطاعة

(2) المواد نصف الناقلة:

تقسم العناصر في الطبيعة من وجهة نظر الناقلية الكهربائية إلى ثلاث مجموعات:

■ النواقل المعدنية: تتراوح مقاومتها $(1.6 \rightarrow 150) \times 10^{-6} \Omega.Cm$

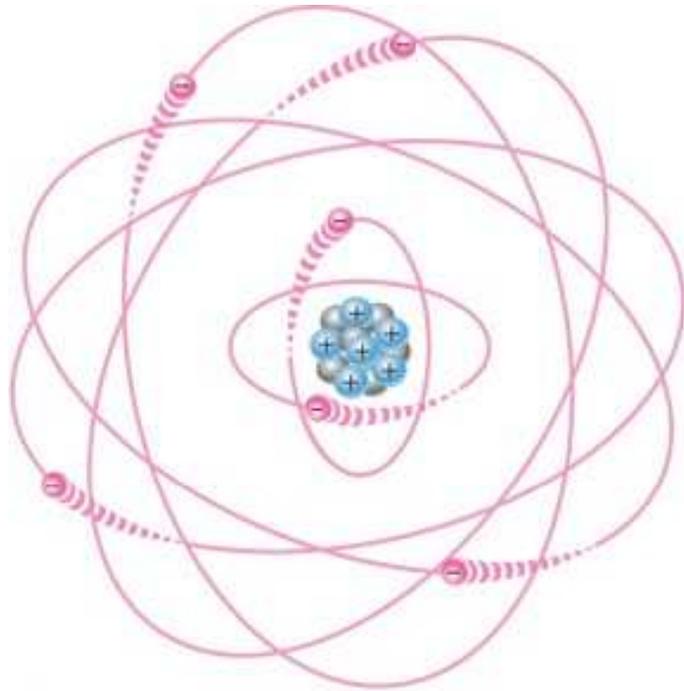
■ العوازل: تتراوح مقاومتها $(10^{12} \rightarrow 10^{18}) \Omega.Cm$

■ أنصاف النواقل: تتراوح مقاومتها $(10^{-3} \rightarrow 10^7) \Omega.Cm$

تلعب درجة الحرارة دوراً كبيراً في ناقلية **S.C.** حيث تزداد ناقليتها

بزيادة درجة الحرارة

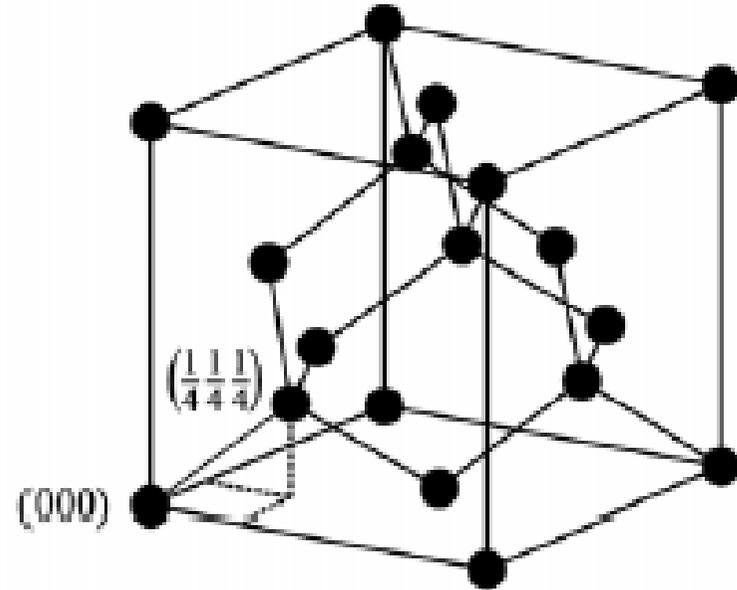
(3) البنية البلورية للعناصر نصف الناقلة:



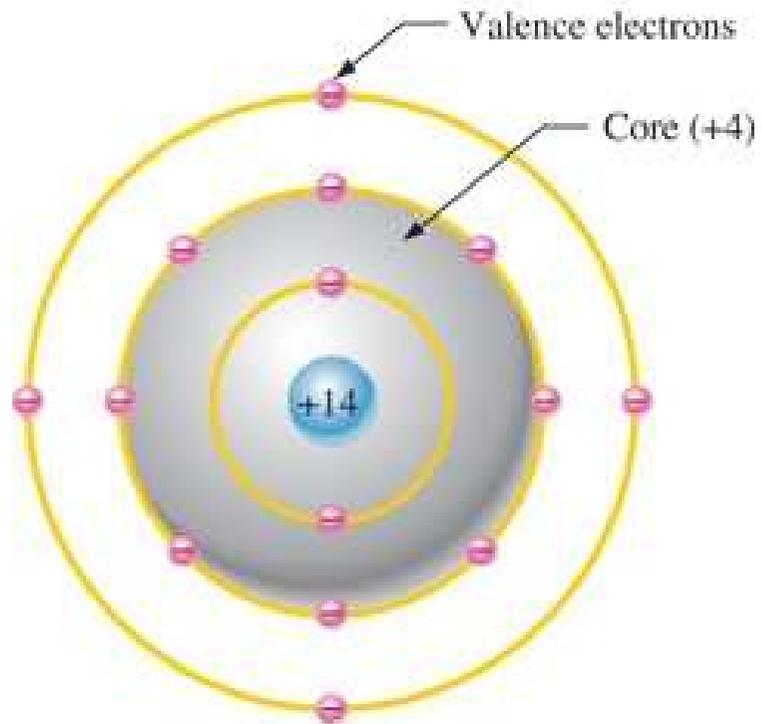
⊖ Electron ⊕ Proton ● Neutron

البنية الذرية للعناصر

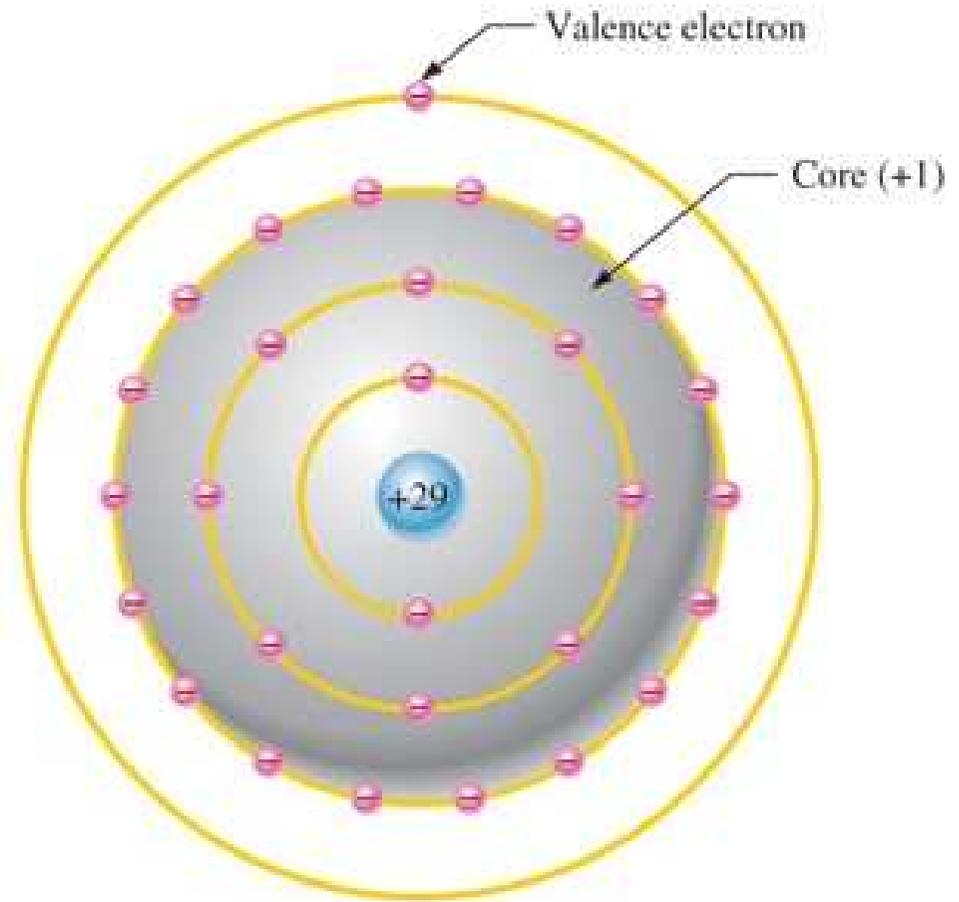
$$N_e = 2n^2$$



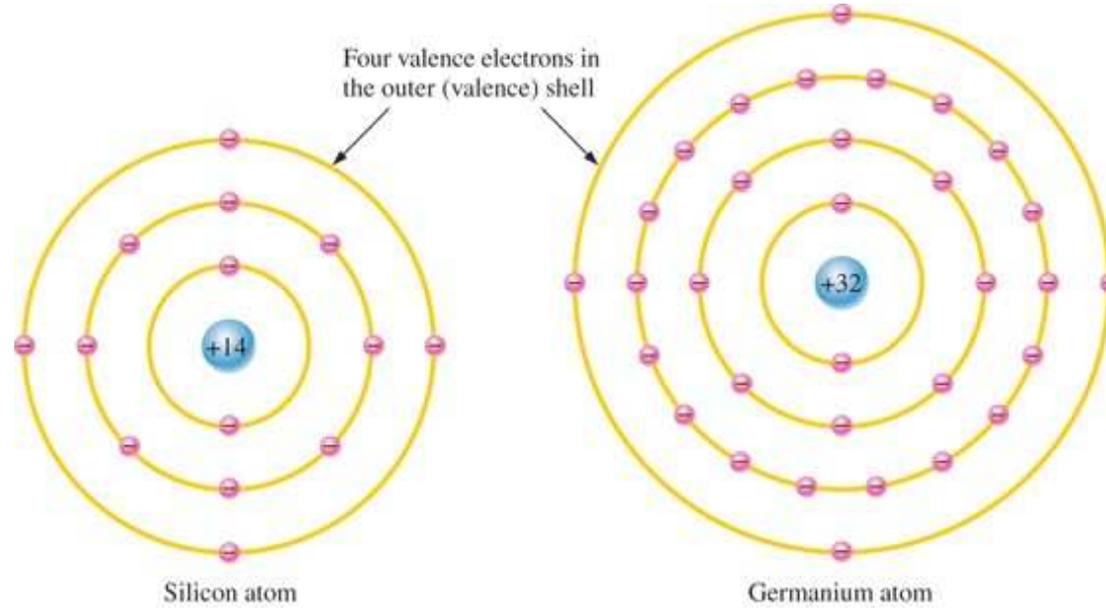
البنية البلورية للعناصر



(a) Silicon atom

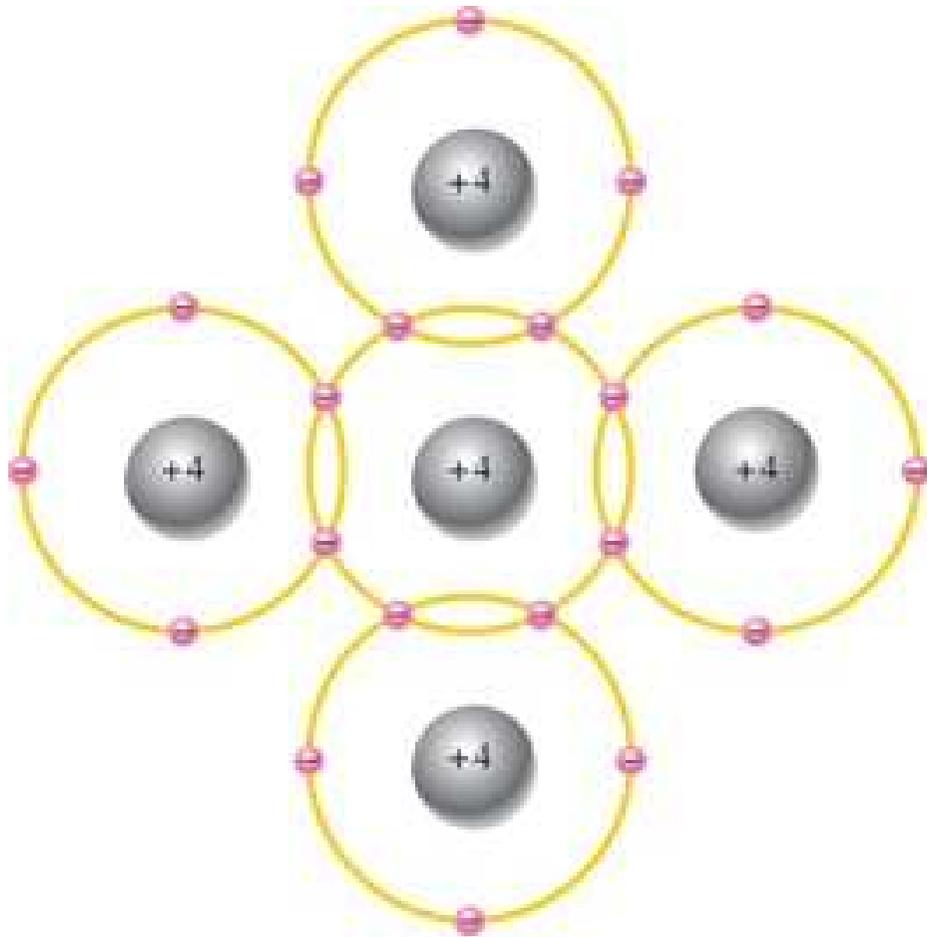


(b) Copper atom

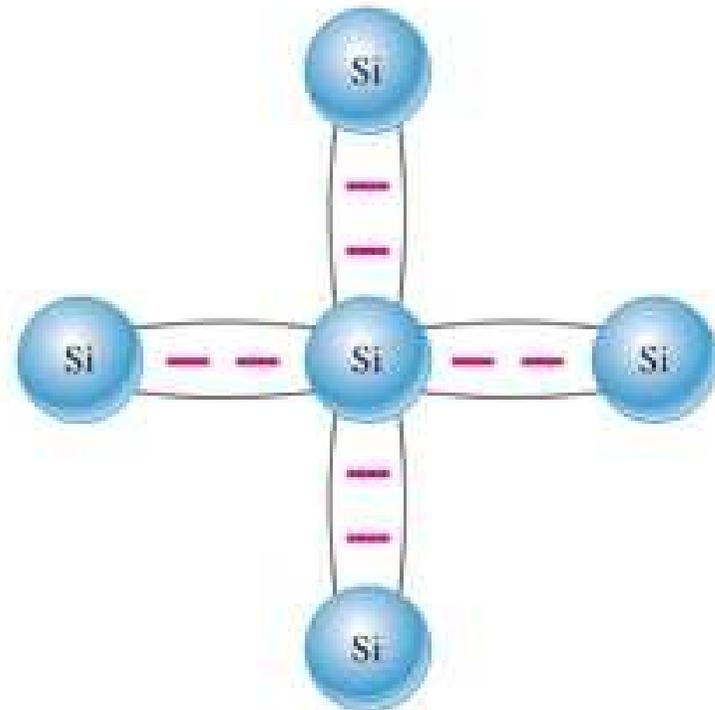


يعد السيلكون (Silicon) Si والجرمانيوم (Germanium) Ge من أشهر العناصر نصف الناقلَة المُستخدَمة في تصنيع العناصر الإلكترونية وذلك يعود إلى:

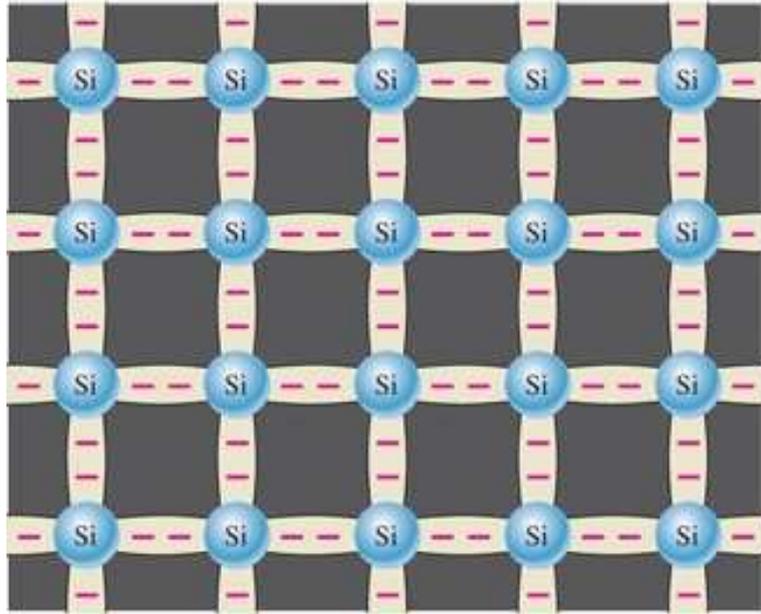
1. إمكانية الحصول على هاتين المادتين بنسبة نقاوة عالية
2. إمكانية تشكيل هاتين المادتين وفق بنية بلورية أحادية خط التبلور Single-Crystal
3. إمكانية إشابة أو تطعيم Doping هاتين المادتين بحيث نتحكم بخصائصهما الكهربائية
4. التأثير الملحوظ للحرارة والضوء على خصائصهما.



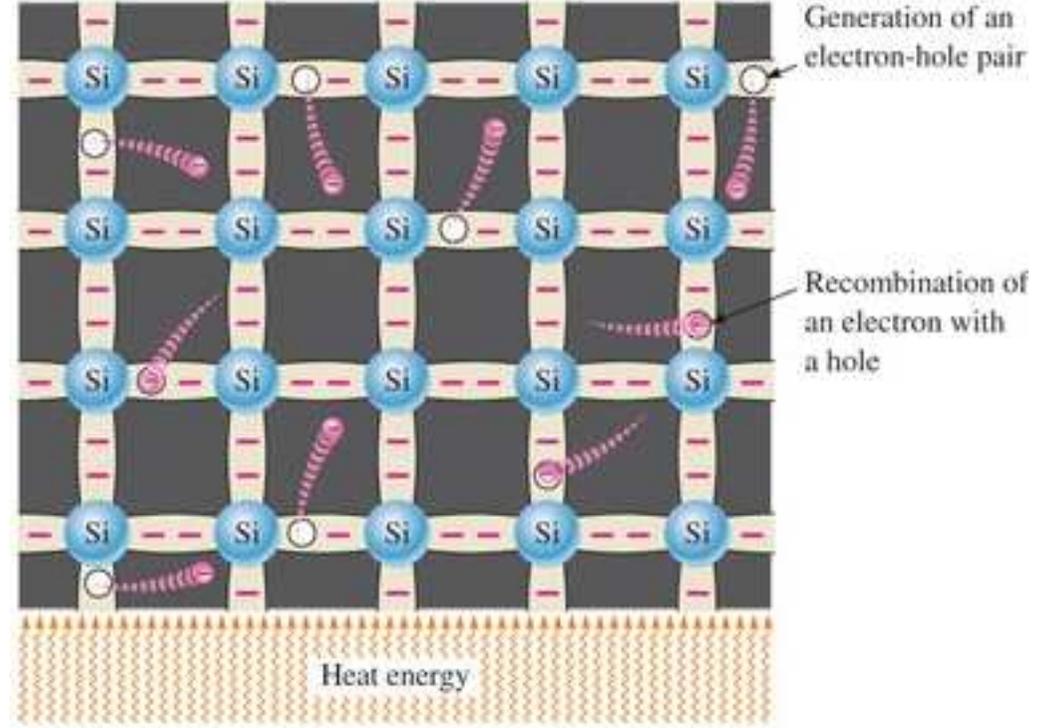
(a) The center silicon atom shares an electron with each of the four surrounding silicon atoms, creating a covalent bond with each. The surrounding atoms are in turn bonded to other atoms, and so on.



(b) Bonding diagram. The red negative signs represent the shared valence electrons.



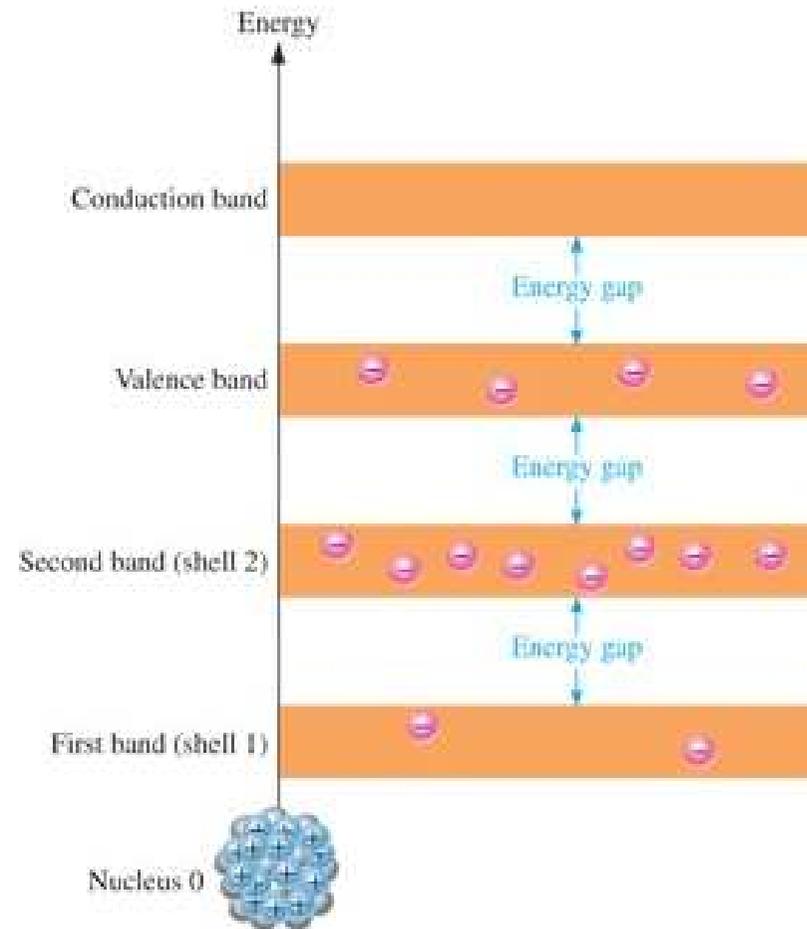
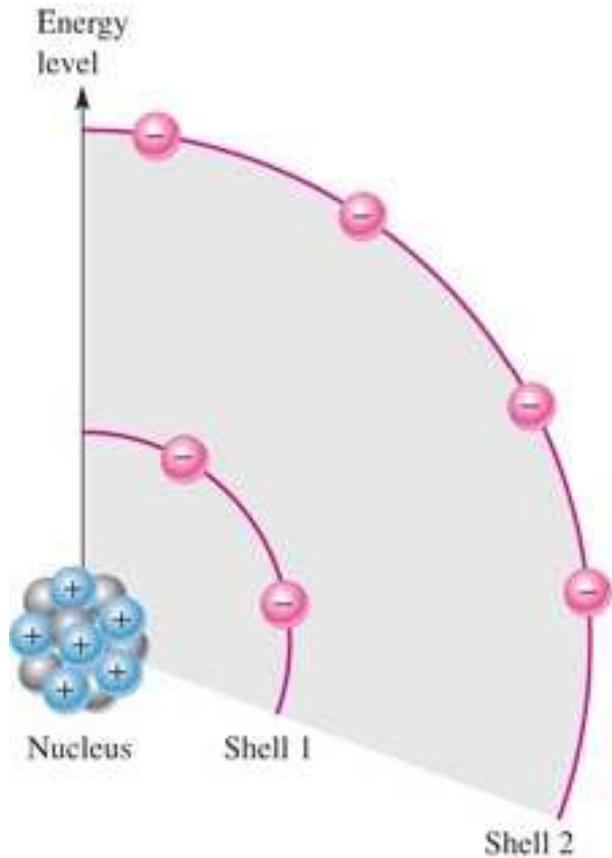
البنية البلورية للسيلكون النقي عند
درجة حرارة 0°K

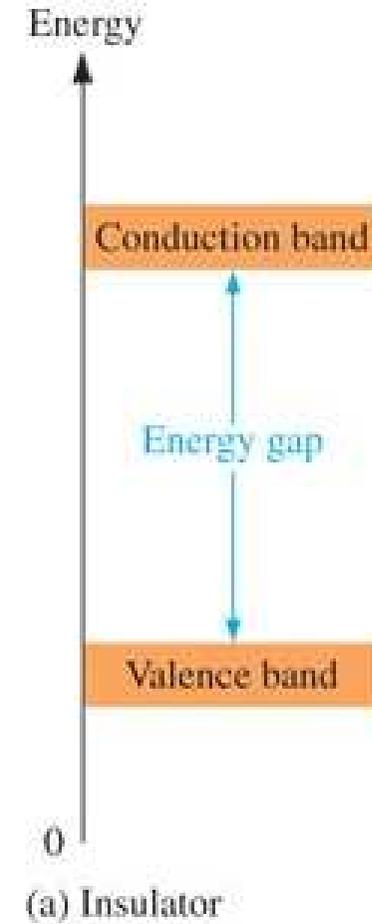
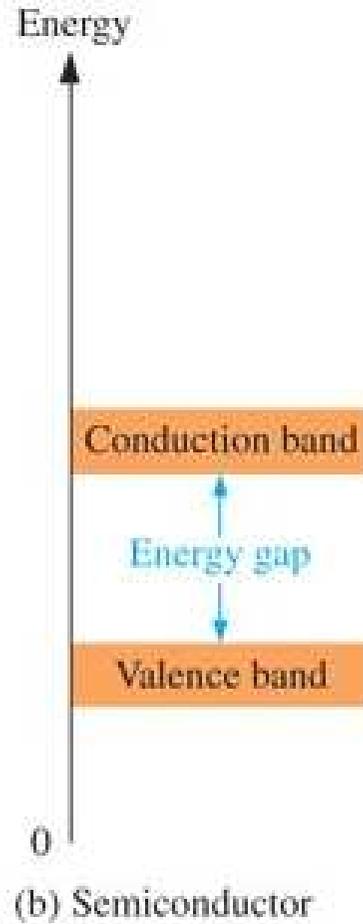
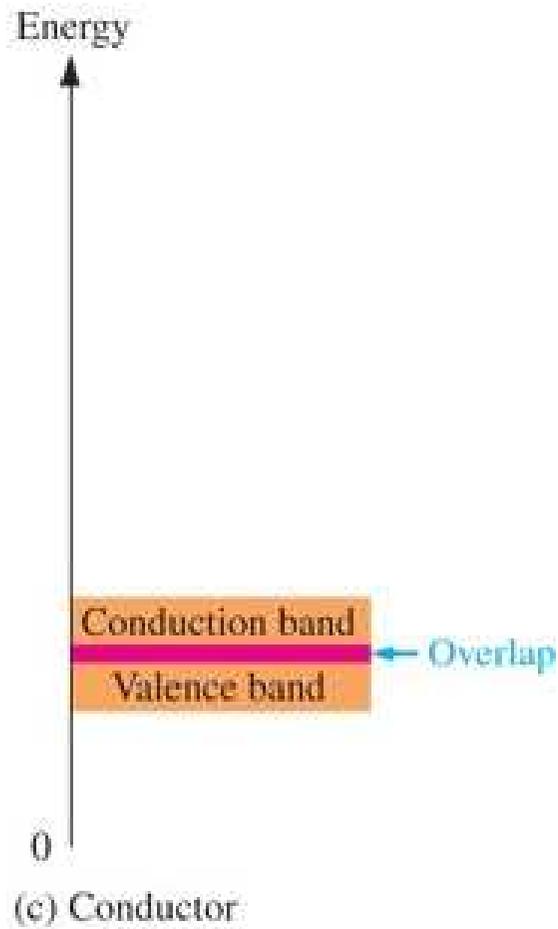


البنية البلورية للسيلكون النقي عند
درجة حرارة $0^{\circ}\text{K} <$

(4) نظرية حزم الطاقة:

حزمة الطاقة: مجموعة من مستويات الطاقة المنفردة ولكن المتقاربة جداً فيما بينها



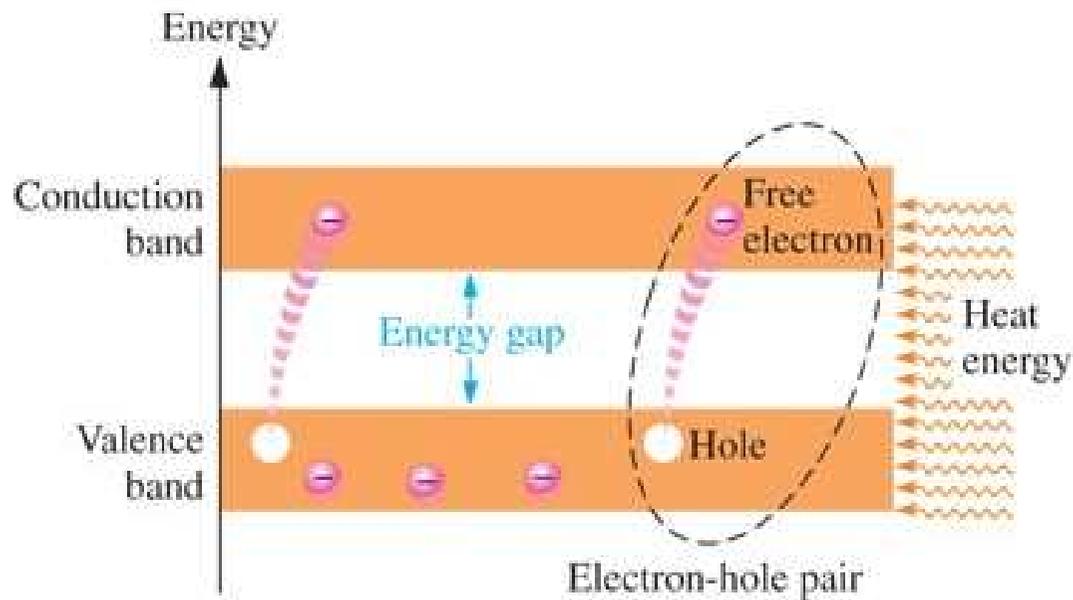


$$E_g(\text{Si}) = 1.1 \text{ eV}$$

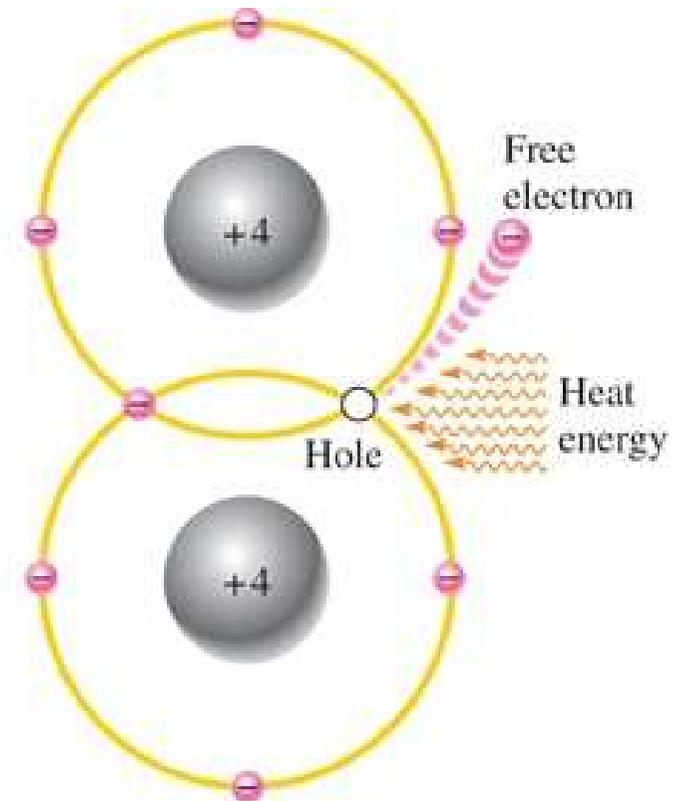
$$E_g(\text{Ge}) = 0.72 \text{ eV}$$

$$E_g(\text{GeAs}) = 1.41 \text{ eV}$$

$$E_g(\text{Diamond}) = 7 \text{ eV}$$

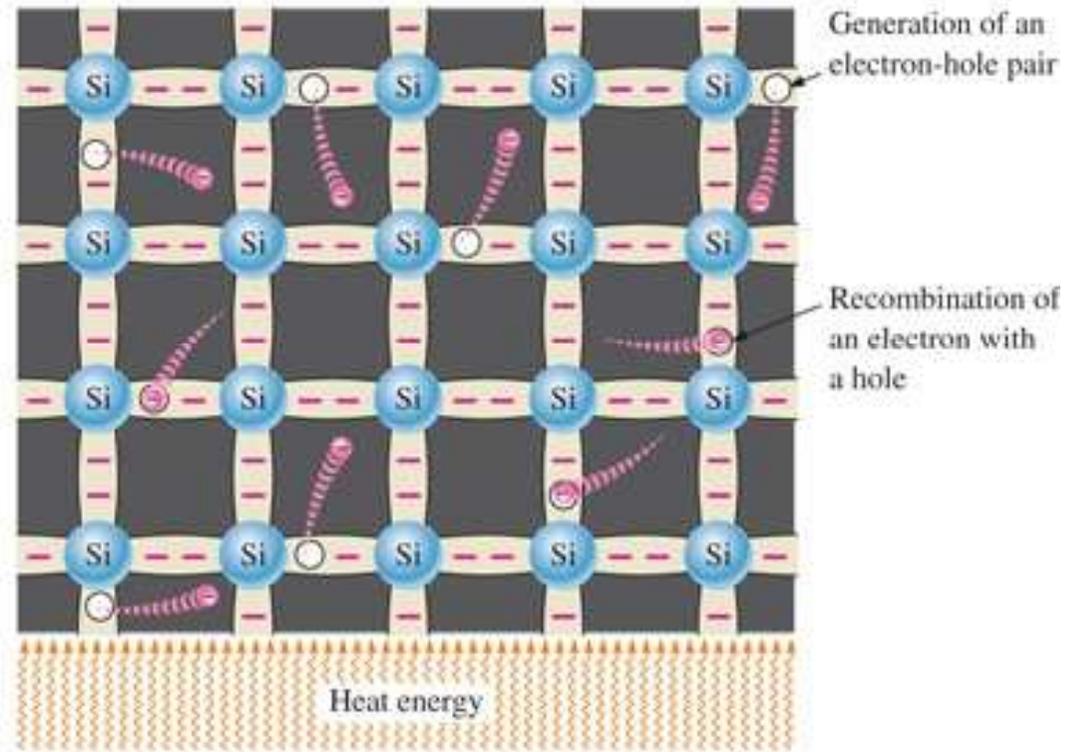


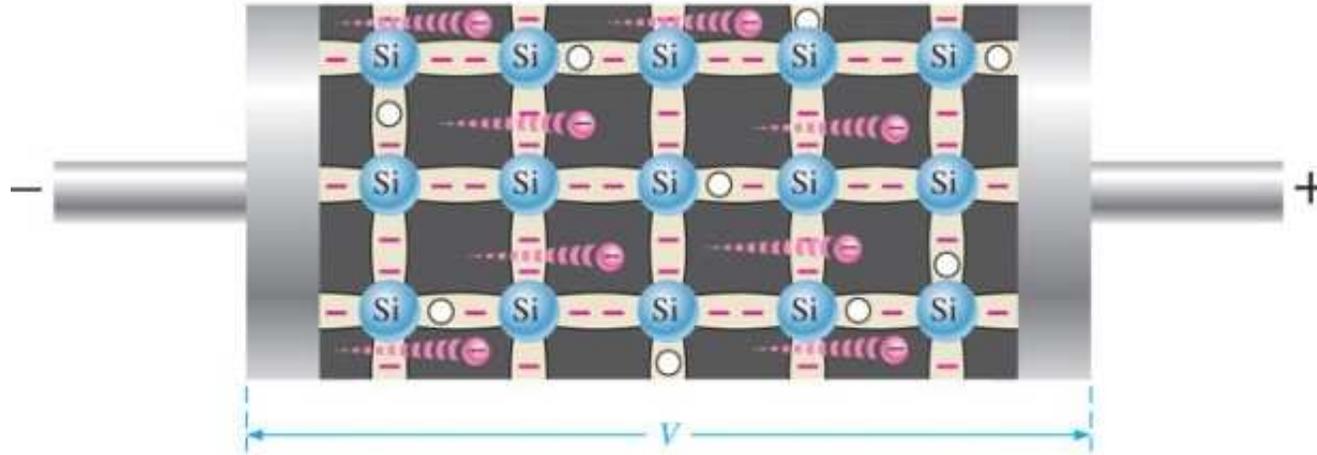
(a) Energy diagram



(b) Bonding diagram

(5) الثقوب والإلكترونات في نصف ناقل نقي :



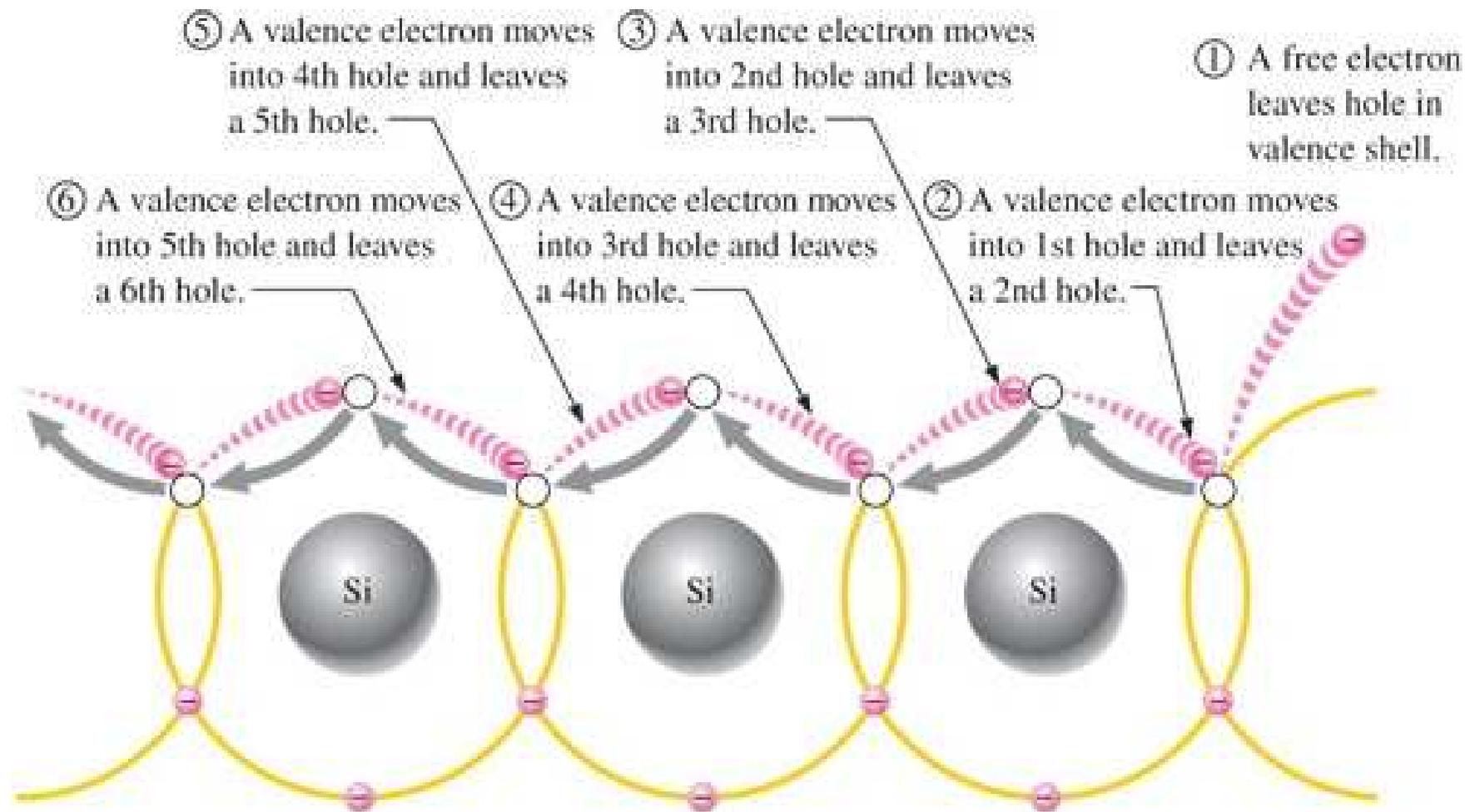


في نصف الناقل النقي نميز مركبتين للتيار:

1. تيار الإلكترونات: ويعبر عن حركة الإلكترونات الحرة في حزمة

النقل

2. تيار الثقوب: ويعبر عن حركة الإلكترونات في حزمة التكافؤ



When a valence electron moves left to right to fill a hole while leaving another hole behind, the hole has effectively moved from right to left. Gray arrows indicate effective movement of a hole.

(6) حركية حوامل الشحنة :

نعرف حركية حوامل الشحنة بأنها السرعة المتوسطة لانتقال الشحنات تحت تأثير حقل كهربائي.

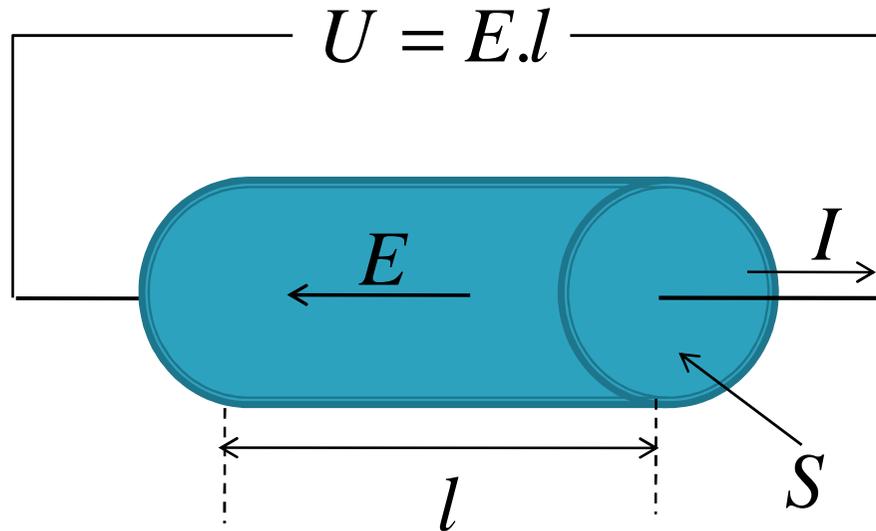
$$\vec{V} = \mu \vec{E} \Rightarrow \mu = \frac{\vec{V}}{\vec{E}} \dots \dots \left[\frac{Cm/S}{V/Cm} \right] \Rightarrow \mu \left[\frac{Cm^2}{V.S} \right]$$

تختلف حركية الثقوب μ_p عن حركية الإلكترونات μ_n في نصف الناقل المعتبر حيث $\mu_n > \mu_p$ بالمقابل فإن حركية حامل الشحنة يختلف من نصف ناقل إلى نصف ناقل آخر

$$\mu_n(Si) = 1800 \quad Cm^2 / V.sec \quad \mu_p(Si) = 500 \quad Cm^2 / V.sec$$

$$\mu_n(Ge) = 3800 \quad Cm^2 / V.sec \quad \mu_p(Ge) = 1300 \quad Cm^2 / V.sec$$

(7) ناقلية نصف ناقل نقي :



$$I = n_t . e . V . S$$

$$U = E.l = I.R = n_t . e . V . S . \rho \frac{l}{S}$$

$$R = \rho \frac{l}{S} = \frac{l}{\sigma . S}$$

$$U = R . I \Rightarrow E . l = n_t . e . v . S \frac{l}{\sigma . S} \Rightarrow \sigma = \frac{n_t . e . v}{E} = n_t . e . \mu$$

$$n_t \mu = n \mu_n + p \mu_p$$

$$\sigma = (n \mu_n + p \mu_p) . e \dots \dots \left[\frac{1}{\Omega . m} \right]$$

المقاومة النوعية للجرمانيوم النقي (Intrinsic Resistivity) 45 Ω .cm

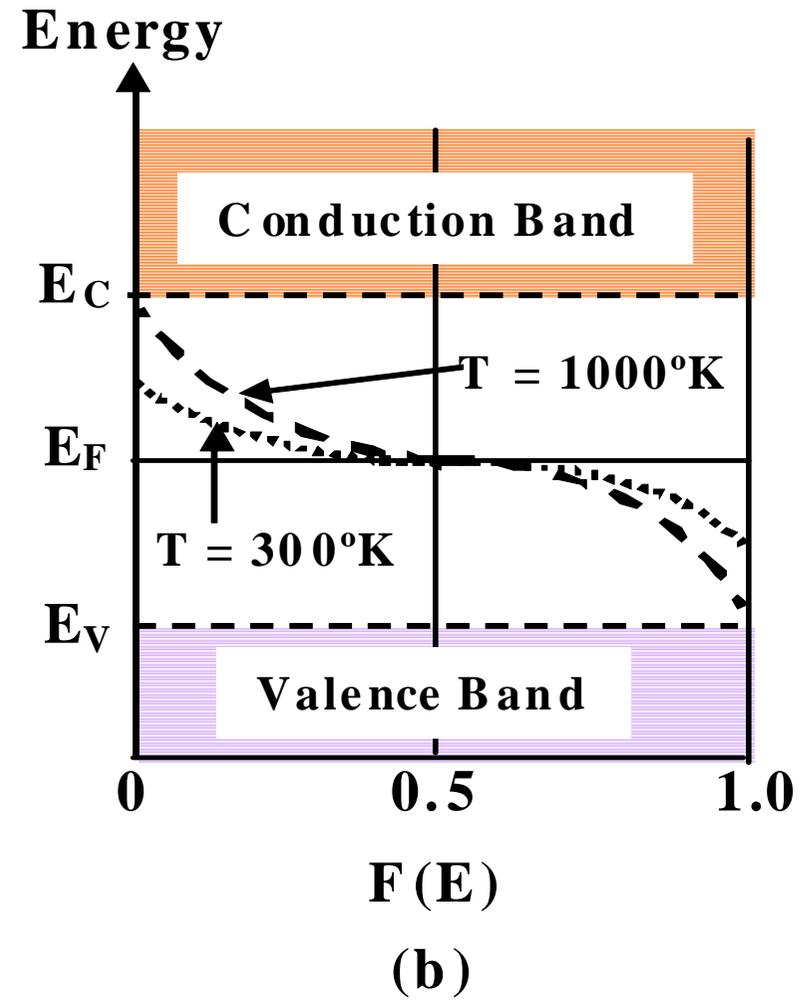
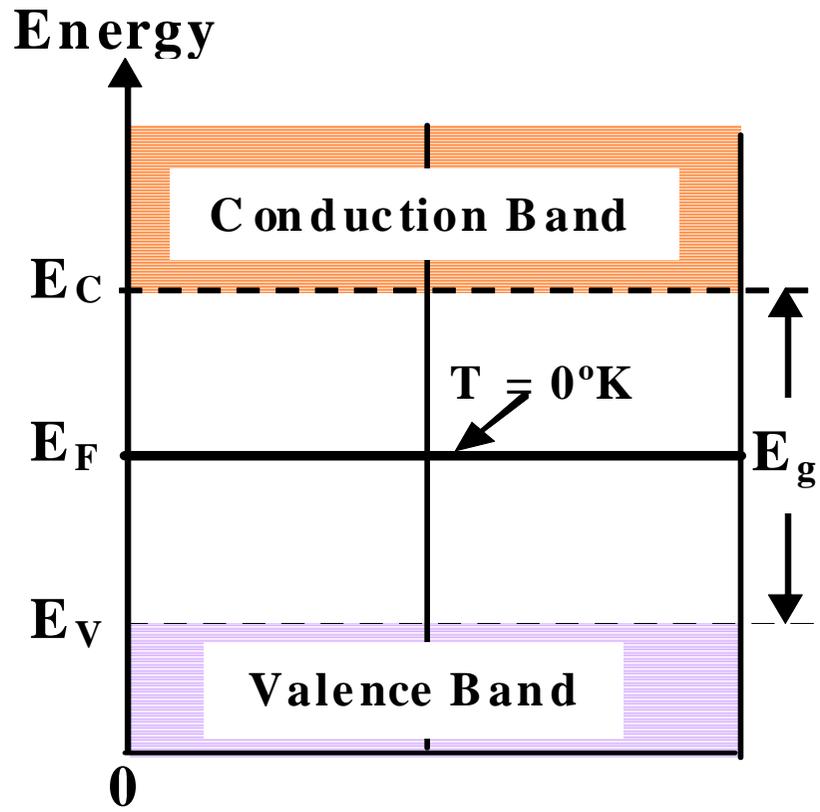
المقاومة النوعية للسيلكون النقي 230 k Ω .cm

(8) تابع فيرمي ومستوى فيرمي:

تابع فيرمي $F(E)$: احتمال انشغال مستوى من الطاقة بإلكترون ويعطى بالعلاقة:

$$F(E) = \frac{1}{1 + e^{(E-E_F)/KT}}$$

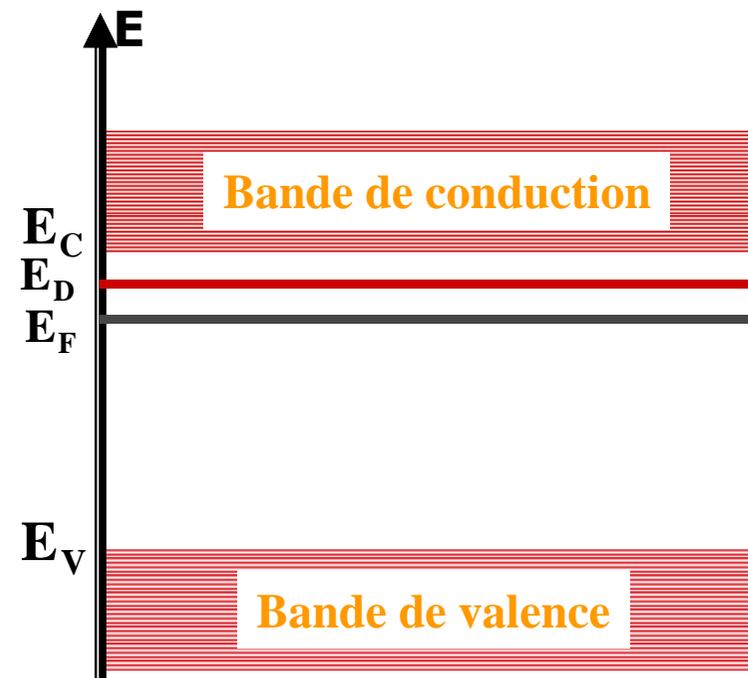
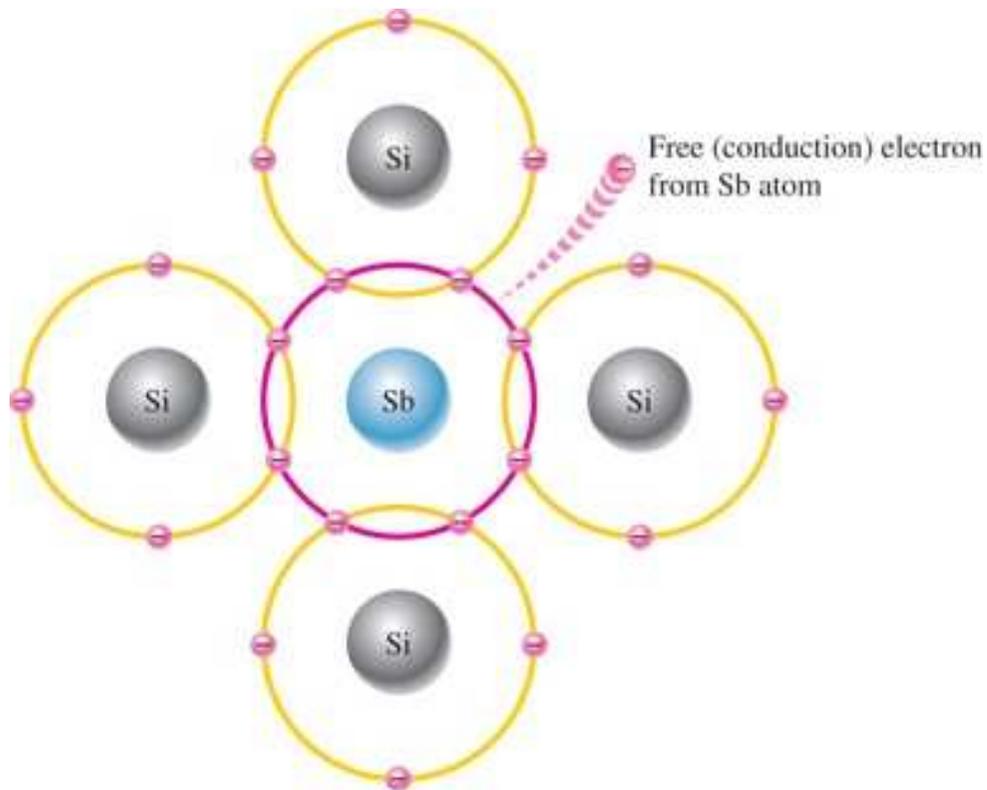
مستوى فيرمي E_F : مستوى مميز للمادة الكريستالية بـ (ev)، ويمثل حالة الطاقة باحتمال مقداره 50% أن يكون مملوءة في حالة عدم وجود الثغرة الطاقية



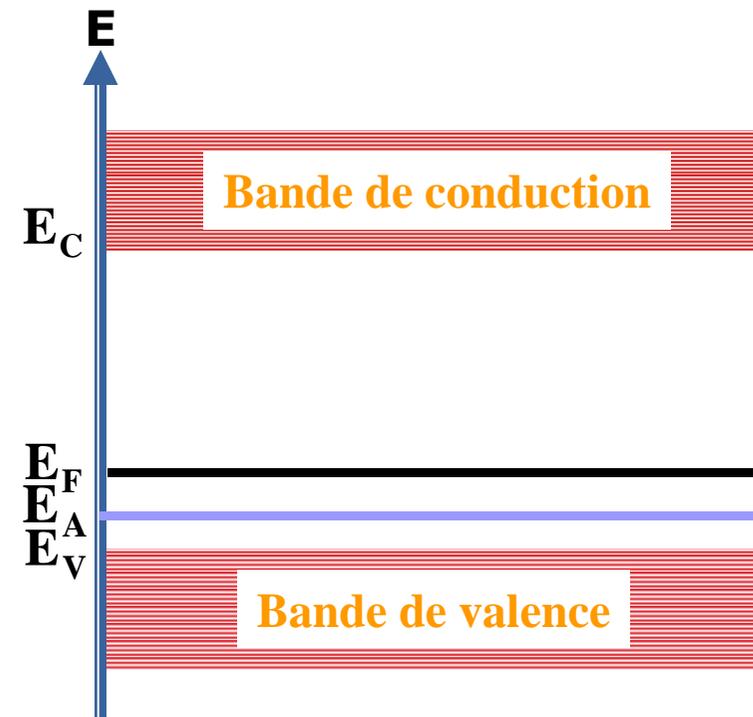
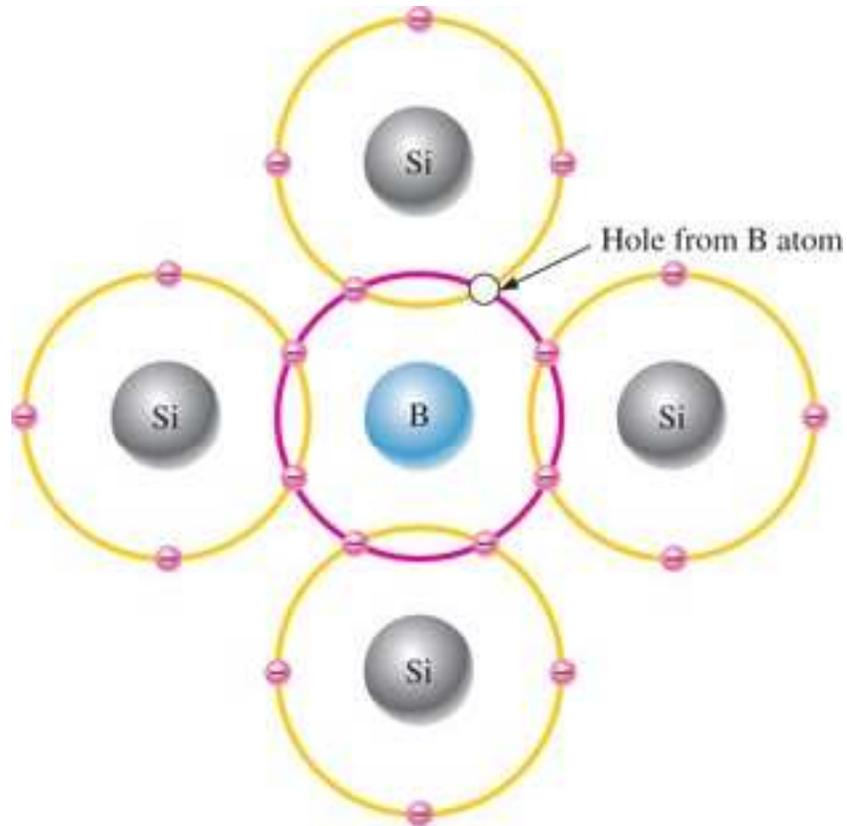
(b)

(9) إشابة نصف الناقل النقي:

9.1 الإشابة من النوع n-type



9.2 الإثابة من النوع p-type



(10) الانتشار:

انتقال الشحنات من المناطق ذات التركيز العالي إلى المناطق ذات التركيز المنخفض

(11) زمن بقاء الشحنات:

زمن بقاء الشحنة هو الزمن الفاصل بين تولد الشحنة وإعادة اندماجها

زمن بقاء الإلكترون τ_n

زمن بقاء الثقب τ_p

ERROR: undefined
OFFENDING COMMAND: Semiconductors

STACK:

```
(2)  
/Title  
( )  
/Subject  
(D:20171003183936+03'00')  
/ModDate  
( )  
/Keywords  
(PDFCreator Version 0.9.5)  
/Creator  
(D:20171003183936+03'00')  
/CreationDate  
(Nawar)  
/Author  
-mark-
```