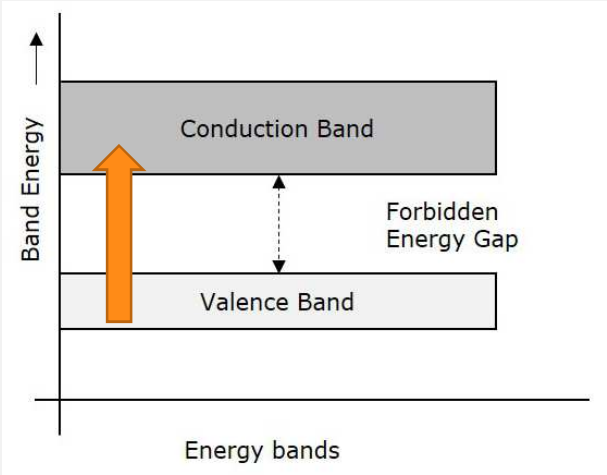
طبيعة البلوره:

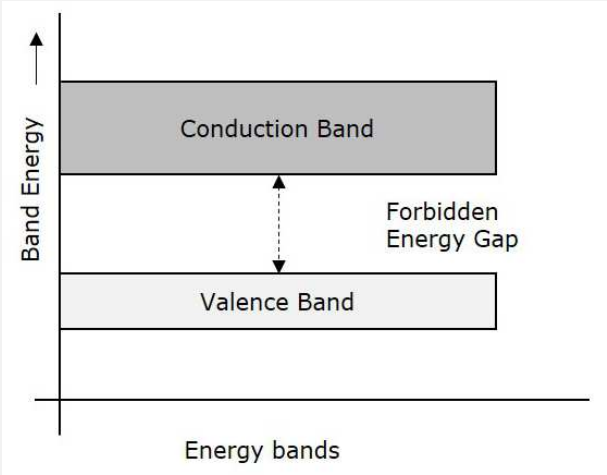
يمكن ان تصنف البلورات المصنعه من الموادشبه الموصله الى بلورات نقيه, بلورات نوع n وبلوررات نوع p .

1. بلوره نقيه (ذاتيه) Intrinsic Semicobuctor

وهي بلوره ذات صفات ذاتيه بدون تأثير خارجي وهي تتصرف كماده عازله في درجه حرارة الصفر المطلق. عند تسخين البلوره النقيه لدرجه حراره معينه (اعلى من الصفر المطلق) تبدأ الاواصر التساهميه بالتكسر وتنقلع الالكترونات منها لتصبح حره في منطقة التوصيل C.B .



درجة حراره اعلى من الصفر المطلق



درجة حراره الصفر المطلق

E_g (Si) at 0 K = 1.21 eV
E_g (Si) at T > 0 K = 0.75 eV

تقل فجوة الطاقه بزيادة درجة الحراره.
وان عدد الالكترونات الحره (تركيز الالكترونات في C.B) n = عدد الفجوات (تركيز الفجوات في V.B) p .

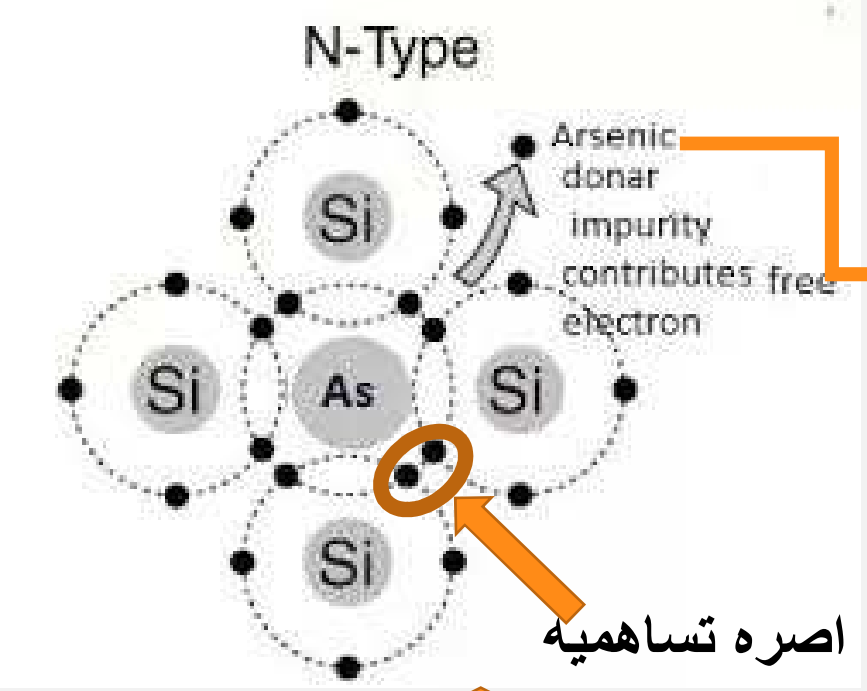
$$n=p \Rightarrow I_e=I_h$$
$$I=I_e+I_h=2I_e=2I_h$$

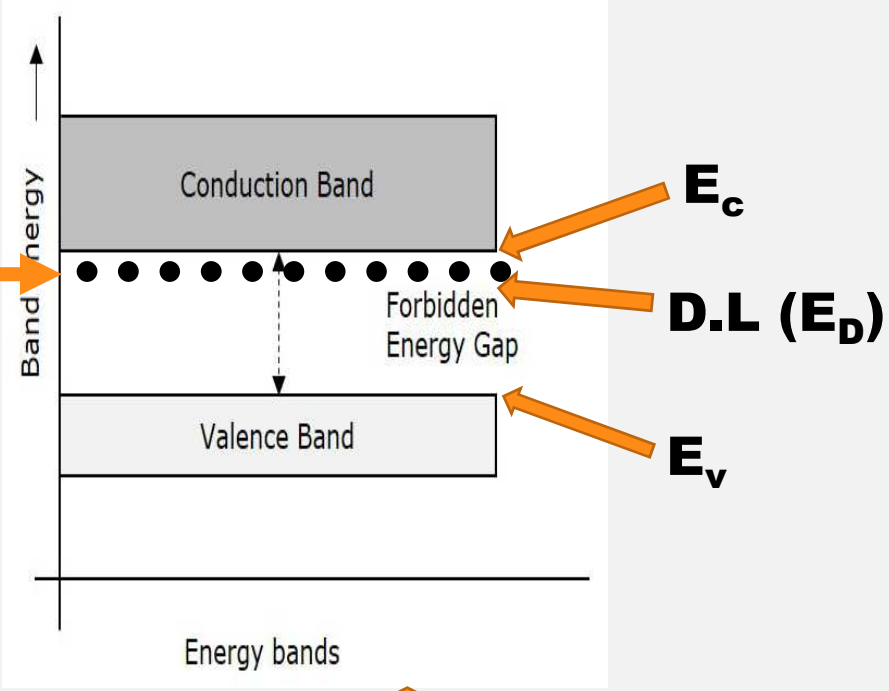
I_e : هو التيار الناتج من الالكترونات
I_h : هو التيار الناتج من الفجوات
اي ان التيار الكلي في البلوره النقيه يتوزع بالتناصف على الالكترونات والفجوات.

لايمكن الاستفاده من البلورات النقيه لذلك نتجه الى عملية ادخال عناصر غريبه داخل البلوره في عمليه تعرف بالتشويب Doping لجعل البلوره اكثر توصيلا. ويمكن تصنيع نوعين من البلورات:

أ. بلوره نوع (n) n-type semiconductor

يمكن الحصول على هذه البلوره بحقن البلوره النقيه بذرات عناصر خماسية التكافؤ مثل (الفسفور P^{15} والزرنيخ As^{33}) وهي تحتوي على خمسة الكترونات في غلافها الخارجي فتتأصر ذرة P او As مع اربع ذرات سليكون بأن تساهم بأربعة الكترونات لبناء الاصره التساهميه ويبقى الالكترون الخامس حر الحركه في داخل البلوره (الكترون حر) فاذا كانت عدد ذرات الشائبه $10^{28}\ cm^{-3}$ فهذا يعني خلق 10^{28} الكترون حر داخل البلوره التي كانت نقيه وبذلك تتأثر التوصيليه الكهربائيه بشكل كبير.





الاصره التساهميه في بلورة شبه موصل نوع **(n)** في الصفر المطلق

مخطط حزم الطاقه في بلورة شبه موصل نوع **(n)** في الصفر المطلق

وهذا يعني ان الشائبه **As** و **P** زودت البلوره بالكترونات اضافيه اي انها تبرعت الى البلوره بالكتروناتها اي انها متبرعه **Donor** حيث تظهر الالكترونات الفائضه والتي هي الكترونات حره على شكل مستوي طاقه بالقرب من حافة منطقة التوصيل **C.B** لانها تحتاج الى طاقات واطئه لتنتقل الى **C.B** ويعرف مستوي الطاقه هذا بالمستوي المانح **Donor Level (D.L)** .

عند تسخين البلوره (n) لدرجه حراره واطئه نسبيا تبدا الكترونات المستوى المانح D.L بالانتقال الى C.B بدون ان تترك ورائها فجوات لانها حره كما تتكسر بعض الاواصر التساهميه وتنتقل الالكترونات منها الى C.B تاركه ورائها فجوات.

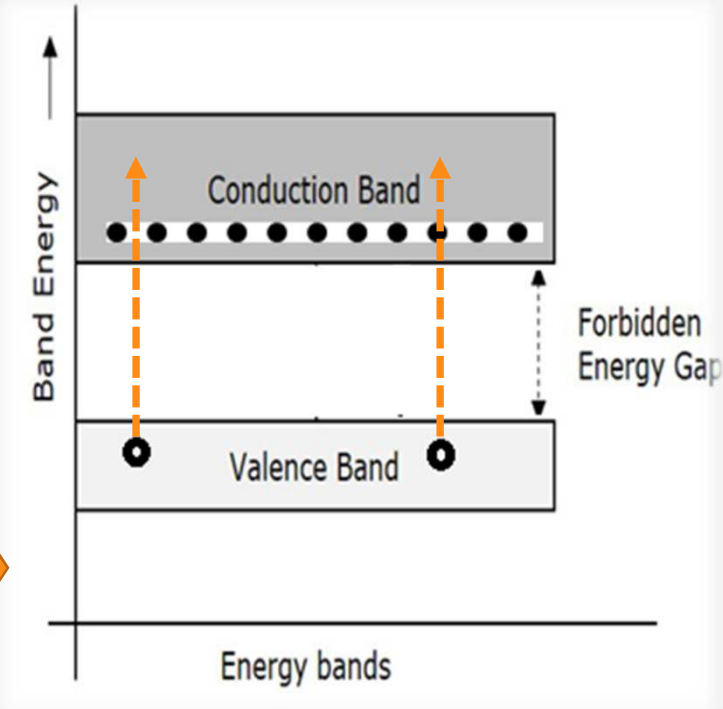
اذن عدد الالكترونات اكبر بكثير من عدد الفجوات ولان الالكترونات حاملات شحنه سالبه تعرف البلوره بالنوع السالب (n)

$$I_h >> I_e$$

$$I_h + I_e = I_e$$

اي ان التيار الكلي هو تقريبا تيار الكترونات

مخطط حزم الطاقه لبلوره نوع (n) في درجة حراره اعلى من الصفر المطلق.



ب. بلوره نوع (P) P-type semiconductor

يمكن تحويل البلوره النقيه الى النوع (P) وذلك بادخال شوائب ثلاثية التكافؤ مثل عنصر البورون B او الالمنيوم Al .

تدخل الذره الشائبه البلوره النقيه وتحتل مكان احدى ذرات السليكون مكونه ثلاث اواصر تساهميه مباشره حيث تبقى الاصره الرابعه بحاجه الى الكترون رابع (الذي ينقص في ذرة B او Al حيث تقوم الاصره الرابعه بقنص الكترون من مكان ما من البلوره ولايحدث ذلك الا بعد كسر اصره تساهميه وخلق فجوه وهكذا تتولد داخل البلوره اعداد من الفجوات بعدد الذرات الشائبه.

وتشير النتائج العمليه ان الفجوات تظهر على شكل مستويات طاقه بعيده عن E_c وقريبه من E_v وتعرف بمستويات الطاقه القابله Accepter Level (A.L) وتمتلك طاقه E_A .

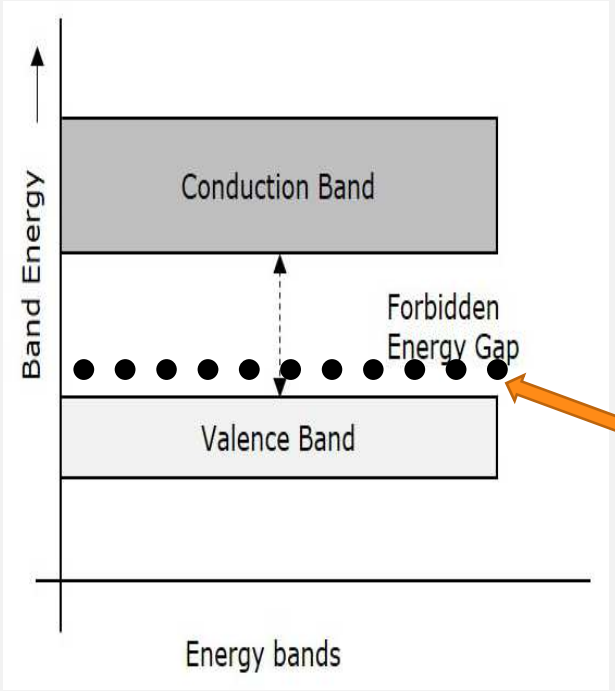
في هذه الحاله تكون عدد الفجوات اكبر بكثير من عدد الالكترونات

$$P_h > n_e$$
$$I_e << I_h$$
$$I = I_h$$

ولان الفجوات حاملات شحنه موجبه
Positive charge carriers

تعرف البلوره بالنوع الموجب **P-type**

وان ظهور مستوى الطاقه E_A هي عملية تحسين في التوصيل الكهربائي.



مخطط حزم الطاقه في بلورة شبه موصل نوع **(p)** في الصفر المطلق

كثافة الحالات Density of States (DOS)

ان تركيز الالكترونات في حزمة التوصيل وتركيز الفجوات في حزمة التكافؤ يعتمد على عاملين:

الاول هو كثافة الحالات (مستويات الطاقه) المتوفره لغرض اشغالها من قبل الالكترونات او الفجوات.

والثاني هو حساب احتمالية اشغال هذه الحالات (مستويات الطاقه) عند امتلاك الالكترونات او الفجوات الطاقه الكافيه المساويه لطاقه المستويات المتوفره g(E)

ان كثافة الحالات تعرف بانها عدد الحالات (مستويات الطاقه) لوحدة الحجم لوحدة الطاقه لكل المستويات التي تمتلك طاقه مقدارها (E) وتعطى بالعلاقه:

$$g(E) = \frac{\pi}{2}\left(\frac{8m_0}{h^2}\right)^{3/2} E^{1/2} \quad \text{..... 1}$$

m_0 هي كتلة الالكترون وتساوي $0.91\times10^{-31}\ kg$

h هو ثابت بلانك ويساوي $6.62\times10^{-34}\ \mathrm{J.S}$

اما احتمالية اشغتا مستويات الطاقه بالالكترونات او الفجوات فيمكن دراستها دالة التوزيع لفيرمي ديراك **Fermi-Dirac Distribution Function**
وهي احصائيه تدرس احتمالية اشغال الكترونين يمتلكان عدد كمي برمي مختلف $m_s = \pm 1/2$ لمستوي طاقه **(E).**
ان احتمالية اشغال مستوي طاقه معين بالكترون يمتلك طاقه **(E)** يعطى بالعلاقه:

$$P(E) = \frac{1}{1+e^{\frac{E-E_F}{KT}}} \qquad \text{..... 2}$$

حيث ان: **E** مستوي طاقه معين يمكن ان يشغله الالكترون.

E_F مستوي فيرمي للطاقه وهو مستوي يستدل منه (بعده عن **C.B**) عن مدى امتلاء الماده بالالكترونات.

k ثابت بولتزمان ويساوي $8.617\times10^{-5}\ \ eV.k^{-1}$

باستخدام المعادله رقم **2** التي هي

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

عندما يمتلك الالكترون $E>E_F$ فان احتمالية وجود الالكترون في مستوي طاقه اعلى من مستوى فيرمي E_F لبلوره نقيه في الصفر المطلق:

$$P(E>E_F)=0$$