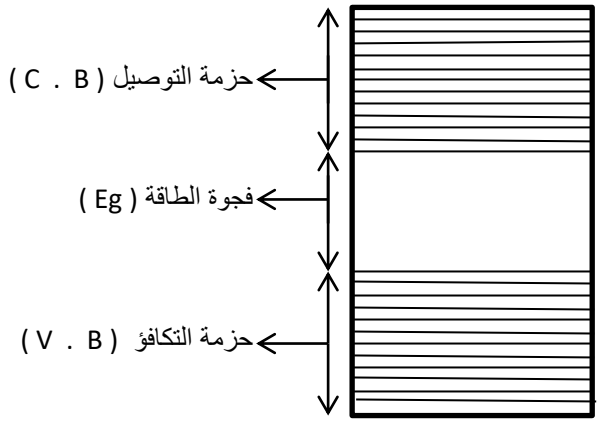
العوازل و الموصلات و اشباه الموصلات

Insulators . Conductors . Semi Conductors

العوازل Insulators : هي المواد التي تكون الكترونات التكافؤ في ذرتها مرتبطة ارتباطا وثيقا بالذرة ولهذا تحتاج الى مجال كهربائي كبير جدا للتخلص من جذب النواة بمعنى اخر ان العوازل لا تحتوي على شحنات حره ناقلة تحت الظروف الاعتيادية .

تكون حزمة التكافؤ [valance Band (V.B)] في العوازل مفصولة عن حزمة التوصيل (C.B) بفجوة طاقة (Eg) كبيرة تصل قيمتها الى حوالي (5ev) و بالتالي فان الالكترونات في حزمة التكافؤ لا يمكنها الانتقال الى حزمة التوصيل في درجات الحرارة الاعتيادية لذا يكون العازل غير موصل كهربائيا .

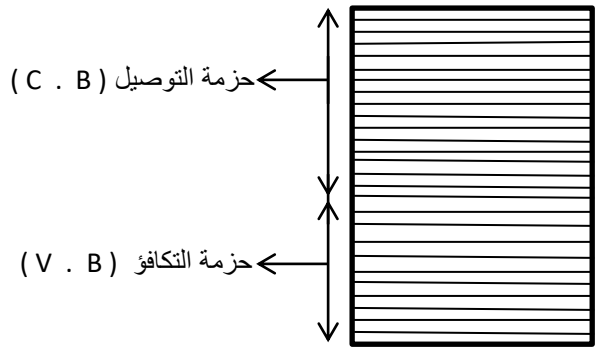


مخطط حزم الطاقة في العوازل

*- ان المقاومه الكهربائية للعوازل تصغر بالتسخين و لكنها تبقى كبيرة نسبيا . لكي نفصل الكترون عن ذرته نحتاج الى طاقة كبيرة لذلك ينصهر الجزء الاكبر من العوازل الكهربائية الصلبة قبل ان تكتسب خاصية توصيل

الموصلات Conductors : تتميز الموصلات بتداخل حزمة التوصيل و حزمة التكافؤ و عليه تختفي فجوة الطاقة و تكون للمادة الكترونات حرة كثيرة لهذا فان التيار الكهربائي المار يكون نتيجة حركة الالكترونات الحرة . وذلك لانها جميعا مرتبطة بشدة عند الصفر المطلق لا تستطيع الاكترونات التحرك خلال البلورة لذلك فانها جسيمات مرتبطة بشدة الى ذراتها وبالتالي فانها تملاء حزمة التكافؤ من اوطأ مستوى طاقة فيها الى اعلى مستوى طاقة و بعبارة اخرى فان حزمة التوصيل عند الصفر المطلق تكون فارغة .عند ارتفاع درجة الحرارة فوق الصفر المطلق فان الطاقة

الحرارية التي يكتسبها الالكترون سوف تمكنه من الافلات من ذرته و الانتقال الى حزمة التوصيل ٠



مخطط حزم الطاقة في الموصلات

اشباه الموصلات Semi Conductors . تحظى المواد شبه الموصلة في الوقت الحاضر بأهمية بالغة وذلك لاستخدامها في تصنيع معظم الاجهزة الالكترونية الحديثة.

تتميز اشباه الموصلات النقية :

١- تكون عازلة تماما عند درجة الصفر المطلق لشدة ارتباط الالكترونات بذراتها
٢- عند رفع درجة حرارتها تصبح الطاقة الحرارية كافية لكسر بعض الروابط بين الذرات فتتحرر بعض الالكترونات تاركة مكانها فجوة و بذلك تصبح البلورة موصلة للكهرباء عن طريق الفجوات التي تتحرك عكس الالكترونات

مخطط الطاقة في اشباه الموصلات لا يختلف عن نظيره في العوازل الا في سعة فجوة الطاقة حيث تكون صغيرة بحدود (1.1ev) او اقل .

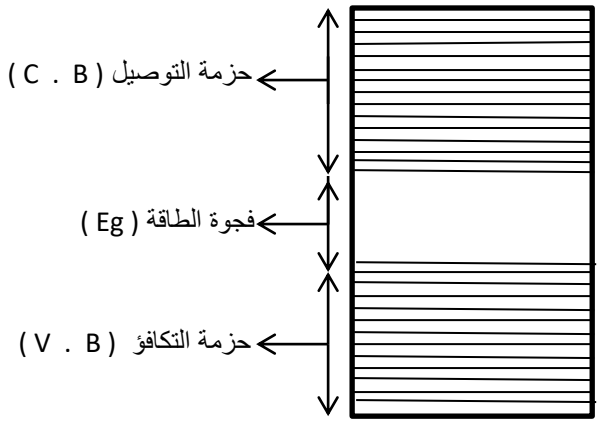
عند درجة حرارة $27c^{o}$ (300k) تكتسب الاكترونات طاقة و تنتقل الى حزمة التوصيل تاركة خلفها فجوة (hole) في حزمة التكافؤ

سريان التيار في شبه الموصل يعزي الى مجموعة حركة الالكترونات في حزم التوصيل و الفجوات في حزمة التكافؤ اي ان (الكترون – فجوة) هو الذي يقوم بعملية التوصيل في اشباه الموصلات .

و اهم اشباه الموصلات هو الجرمانيوم و هو رباعي التكافؤ و عرض فجوة الطاقة فيه Eg هي (1ev) وكذلك السليكون الذي عرض فجوته هي (1.21 ev)

بالمقارنـه مـع اشـباه الموصـلات فـان Eg فـي العـوازل كبيـرة تصـل (9 ev ~) ، امـا فـي الموصلات لا توجد فجوة طاقة Eg .

(ev) يمثل الطاقة التي يمتلكها الاكترون عندما يسقط في فرق جهد مقدار واحد فلوت



مخطط حزم الطاقة في اشباه الموصلات

اشباه الموصلات النقية Intrinsic Semi Conductors

ان للمـواد شـبه الموصـلة النقيـة تركيبـا بلوريـا اذ تترتـب ذرتهـا وفـق نسـق هندسـي بابعـاد فراغيـة هـذا النسـق يسـمى البلـورة . فـي اشـباه الموصـلات فـان الفجـوات المتولـدة فـي حزمـة التكـافؤ نتيجـة لتهـيج الالكترونـات حراريـا تسـاهم فـي عمليـة التوصـيل الكهربـائي .و كـذلك بعـض الالكترونـات فـي حزمـة التكـافؤ يمكـن ان تنتقـل الـى هـذه الفجـوات الفارغـة و بـذلك تكتسـب سـرعة الانجـراف الازمـه لعمليـة التوصـيل . يمكـن وصـف التوصـيلية الكهربائيـة فـي حزمـة التكـافؤ بسـريان الفجـوات عنـد تسـليط المجـال الكهربـائي علـى المـادة فـالفجوات المتولـدة فـي حزمـة التكـافؤ و الاكترونـات الموجـودة فـي حزمـة التوصـيل تتحـرك باتجـاهين متعاكسـين . و يكـون التيـار النـاتج هـو حاصـل جمـع التيـار الاكترونـات و تيـار الفجـوات و يرمـز لكثافـة حـاملات الشـحنه فـي شـبه الموصـل النقـي ni للاكترونـات السالبة و pi للفجوات الموجبة .

تتولـد هـذه الحـاملات فـي اشـباه الموصـلات علـى شـكل ازواج مـن (الكتـرون – فجـوة) و يكون ni=pi

ان تركيز ازواج (الكترون – فجوة) يتغير بتغير درجة الحرارة بلكلفن كما موضح

$$ni = pi = AT^{\frac{3}{2}} \quad e^{-\frac{Eg}{2KT}} \qquad (law\ of\ mass\ action)$$

$K = \frac{1}{11600}\ \frac{ev}{k}$ حيث ان k = ثابت بولتزمان

$k = 8.625\ x\ 10^{-5}\quad \frac{ev}{k}$

Eg = فجوة الطاقة و هي فرق الطاقة بين فرق حزمة التوصيل و قمة حزمة التكافؤ (*Eg in ev*)

A = متغير تجريبي لشبه موصل $A = \ 10^{16}\ cm^{-3}\ K^{-\frac{3}{2}}$

عند تسليط المجال الكهربائي على شبه موصل ستكون كثافة التيار الناتج (J)

$$J = \frac{E}{\rho}$$

ρ = المقاومة النوعية بالاوم – متر $\Omega\,.\,m$

E = المجال الكهربائي

يمكن التعبير عن القاومة النوعية بالعلاقة : $\rho = \frac{1}{e\ ni\ (\mu_n + \mu_p)}$

حيث ان

e = شحنة الاكترون = $1.6\ x\ 10^{-19}$

μ_n . μ_p هي حركية الاكترون و الفجوة

ni هي كثافة الحاملات

مثال / جد المقاومة النوعية لسيلكون نقي عند كل من $0\ C^o$. $50\ C^o$

افرض ان $Eg = 1.12\ ev$ $A\ = 2.8\ x\ 10^{16}\ cm^{-3}\ k^{-3/2}$

$\mu_p = 400\frac{cm^2}{v\ .sec}$ $\mu_n\ = 1600\ \frac{cm^2}{v\ .sec}$

الحل

$ni = AT^{3/2}\quad \exp^{-Eg/2KT}$

$ni\ (\ at\ 0\ C^o) = \ 2.8x\ 10^{16}\ (273)^{3/2}\ \exp^{\frac{1.12x11600}{2x273}}$

$= 5.85\ x\ 10^9 particle\ /cm^2$

$$ni\ (\ at\ 50\ C^o) =\ 2.8x\ 10^{16}\ (273+50)^{3/2}\ \ \exp^{\frac{1.12x11600}{2x323}}$$

$$= 3\ x\ 10^{11}\ particle\ /cm^2$$

يلاحظ تركيز الحاملات في C^o 0 اقل من $50\ C^o$

$$\rho(0\ c^o) = \frac{1}{e\ ni\ (\mu_n\ \ .\ \ \mu_p} = \frac{1}{(1.6x10^{-19})(5.85x10^9)(1600+400)}$$

$$= 5.34\ x\ 10^5\ \Omega\ .m$$

$$\rho(at\ 50\ C^o) = 1.04\ x\ 10^4\ \Omega\ .m$$