وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

الجامعة التقنية الجنوبية

المعهد التقني القرنة

قسم التقنيات القدرة الكهربائية

حقيبة تعليمية: مباديء الالكترونيك

الاسبوع الأول

مفهوم الالكترونيك:

يستعمل هذا المفهوم في تغطية الظواهر المصاحبة للالكترونات او انبعاثها في المواد المختلفة كما يشمل الظروف المحيطة بالسيطره على سلوك الالكترونات بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية.

نظرية اشباه الموصلات

المواد شبه الموصلة:

هي مواد ليست جيدة التوصيل ولا مواد عازلة ، يوجد اربعة الكترونات في المدار الخارجي لذراتها عند درجة حرارة الصفر المطلق ويمكن اعتبارها مواد عازلة حيث تكون ذراتها مستقره وتعتبر مواد موصلة عند درجة الحرارة العالية حيث تكتسب الكترونات التكافوء طاقة حركية كافية للتخلص من قوة جذب النواة.أما عند درجة حرارة الغرفة (25^{0}م) تتكسر بعض الأواصر التي تربط الذرات مثل ذرات الجرمانيوم او السليكون وتكون الماده ليست موصلة جيده او عازلة جيدة وتسمى اشباه الموصلات.

تركيب الذرة :

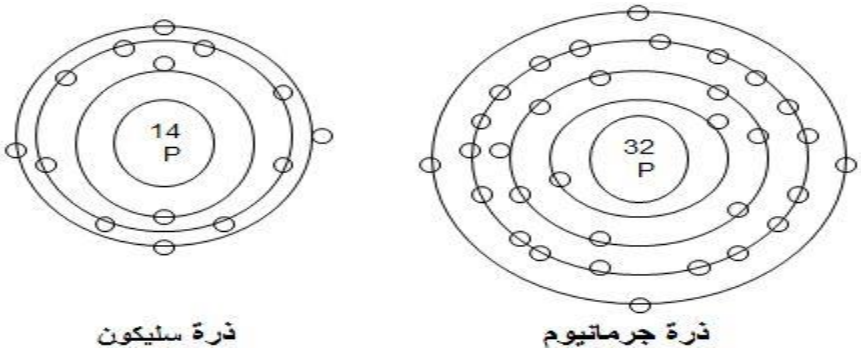
تحتوي vجميع المواد تتكون من جسيمات متناهية في الصغر تدعى الجزيئات وكل جزيئه تتكون من ذرات كل ذرة على نواة تتكون من البروتونات الموجبة الشحنة والنيوترونات المتعادلة الشحنة وتدور حول هذه النواة مدارات تحتوي على الكترونات سالبة الشحنة

العدد الذري = عدد البروتونات = عدد الالكترونات

ويصور الشكل ادناه ذرة سليكون معزولة تحتوي على 14بروتون في نواتها ينتقل إلكترونان في المدار الأول، وثمانية الكترونات في المدار الثاني،وأربعة الكترونات في المدار الخارجي أو مدار التكافؤ. إن الالكترونات الأربعة عشر الدائرة تعادل شحنة النواة ولذلك نسمي هكذا ذرة متعادلة كهربائيا.

في ذرة جيرمانيوم معزولة، نلاحظ أن عدد البروتونات في النواة هو 32 وعدد الالكترونات الدوارة هو 32 أيضا, يدور في المدار الأول إلكترونان ،ويدور في المدار الثاني ثمانية الكترونات، وثمانية عشر إلكترون في المدار الثالث،أما المدار الخارجي فيحوي على أربعة الكترونات تماماً كما في ذرة السليكون . ولذا سمي السليكون و الجيرمانيوم بالعناصر رباعية التكافؤ .

العنصر الرباعي التكافؤ:هو عنصر يمتلك أربعة الكترونات تكافؤية في المدار الخارجي.

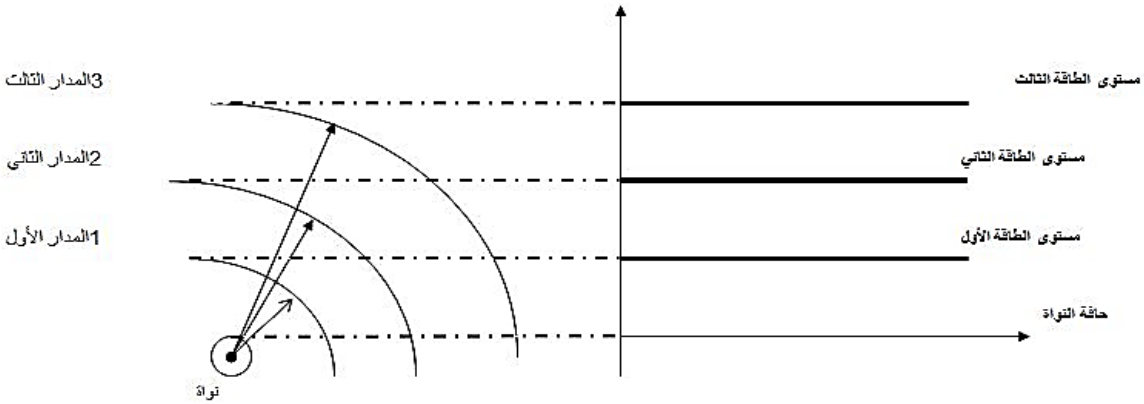


ذرة سليكون ذرة جرماتيوم

مستويات الطاقة :

كل الكترون يحتاج إلى طاقة للتحرك والانتقال من مدار صغير إلى مدار اكبر لأنه يجب انجاز شغل للتغلب على قوة جذب النواة. لذلك كلما كان مدار الكترون ما كبيراً ، كبرت طاقته الكامنة نسبةً إلى النواة.

ويمكن تمثيل المدارات المنحنية حول النواة بخطوط أفقيه مستقيمة كما في الشكل ادناه. حيث أن المدار الأول يمثل مستوى الطاقة الأول ، المدار الثاني يمثل مستوى الطاقة الثاني الخ .وكلما كان مستوى الطاقة عالياً كانت طاقة الإلكترون أعظم وكان مداره اكبر.

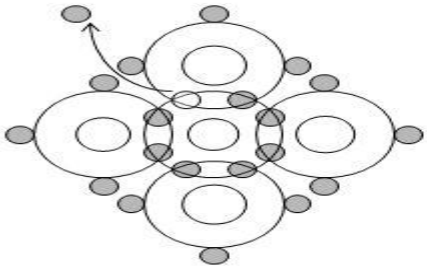


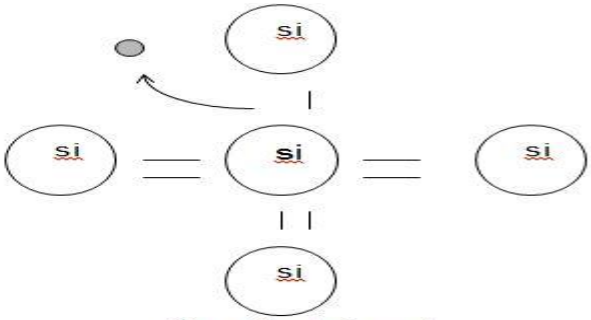
البلورات:

هي نسق هندسي مرتب ذات ابعاد فراغية ناتج عن اتحاد الذرات مع بعضها يدعى البلورة (crystal) والقوى التي تربط الذرات معاً في البلوره تسمى الأواصر التساهميه (covalent bonds) .

وتتشكل البلورات من اتحاد ذرات السليكون حيث لذرة السليكون المعزولة أربعة الكترونات في مدارها التكافؤي . ولتكوين بلورة السليكون تتحد ذرات السليكون بطريقه بحيث كل ذرة سليكون تضع نفسها بين اربعة ذرات سليكون اخرى. ان كل ذرة تساهم بالكترون مع الذرة المركزية وبذلك تكون الذرة المركزية قد التقطت اربعة الكترونات جامعه ثمانية الكترونات في مدارها التكافؤي .ان هذه الالكترونات لم تعد عائده الى ذرة معينه بل تساهم في تشكيل الاواصر التساهميه بين الذرات.

الشكل ادناه يمثل التساهم المتبادل بين الالكترونات حيث إن كل خط يمثل إلكترونا مساهماً .كل الكترون مساهم يكون اصره بين الذرة المركزية وجارتها ولذلك ندعو كل خط بالا صره التساهميه.عندما ترفع طاقة خارجية الكترونـاً تكافؤياً إلى مستوى طاقة أعلى (مدار اكبر) يخلف الإلكترون المغادر فراغ في المدار الخارجي . هذا الفراغ يسمى فجوه أو ثقب (hole) . إن تكوين الفجوة يكافئ آصرة تساهميه ممزقة.





حزم الطاقة:

ان الالكترون في ذراة السليكون المكونة للبلورة لا يتأثر بالشحنات الموجودة بذرته فحسب بل يتأثر بالنوى والالكترونات الموجودة في كافة الذرات الأخرى التي تحويها البلورة لهذا السبب يختلف مدار كل الكترون عن المدارات الأخرى.إن الالكترونات المتنقلة في المدارات الأولى والثانية في البلوره لها مستويات طاقة مختلفة قليلاً لذلك وجود مليارات من الالكترونات في المدارات الاولى والثانية تسبب تشكيل حزم الطاقة في المدار الاول والثاني في البلوره.

حزمة التكافوء:

هي مجموعه من المستويات ذات عدد ضخم من مستويات الطاقة وتكون قريبة جدا من بعضها وتكون فيها الالكترونات مقيدة بالذره ولا تشترك بالتوصيل الكهربائي.

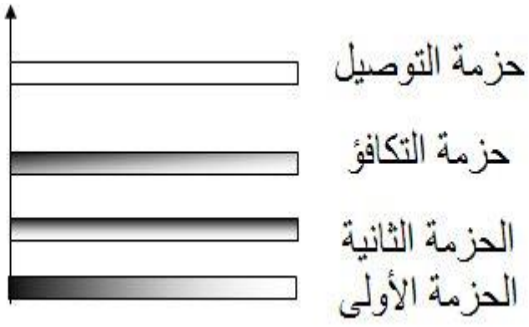
حزمة التوصيل:

هي مجموعه من مستويات الطاقة وتكون الالكترونات الموجوده فيها غير مقيده بالذره وتشارك في عملية التوصيل الكهربائي. ويوجد بين حزمة التكافوء وحزمة التوصيل منطقة محظوره حيث لايوجد فيها مستويات طاقة وتسمى بثغرة الطاقة المحظورة.

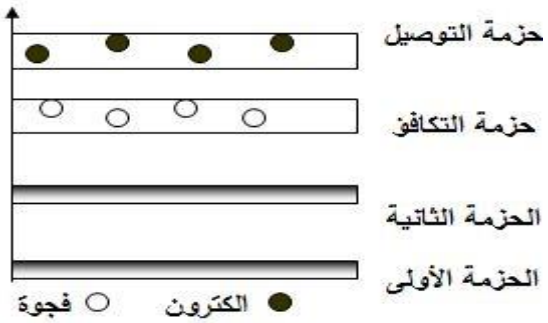
التوصيل في البلورات:

عند درجة حرارة الصفر المطلق لا تستطيع الالكترونات التحرك خلال البلورة وذلك لان جميع الالكترونات مرتبطة بشده بذرات السليكون . فالكترونات المدارات الداخلية مطمورة عميقاً داخل الذرات إما الكترونات المدار الخارجي فتشكل جزءً من الربط التساهمي وبذلك لا تستطيع الإفلات ما لم تكتسب طاقة خارجية . ولذلك فان بلورة السليكون تعمل عمل عازل تام عند درجة حرارة الصفر المطلق.

اما عند رفع درجة الحرارة فوق درجة الصفر المطلق فالطاقة الحرارية الداخلة ستكسب بعض الالكترونات التكافؤية في حزمة التكافؤ طاقة وبذلك تتمكن تلك الالكترونات من الإفلات وتحطيم بعض الأواصر التساهمية والصعود الى حزمة التوصيل وهكذا نحصل على عدد محدود من الكترونات حزمة التوصيل والممثلة بالإشارة السالبة.



(حزم الطاقة عند الصفر المطلق)



(حزم الطاقة عند 25^0C)

تعمل الطاقة الحرارية على رفع بعض الالكترونات الى حزمة التوصيل حيث يكون ارتباط الالكترونات بالذرات ضعيفاً مما يتيح لها حرية التنقل بين الذرات بسهولة. ان رفع إلكترون إلى داخل حزمة التوصيل يمكنه من التحرك بحرية من ذرة إلى أخرى ولذلك تسمى الالكترونات في حزمة التوصيل بالالكترونات الحرة (free electrons) .

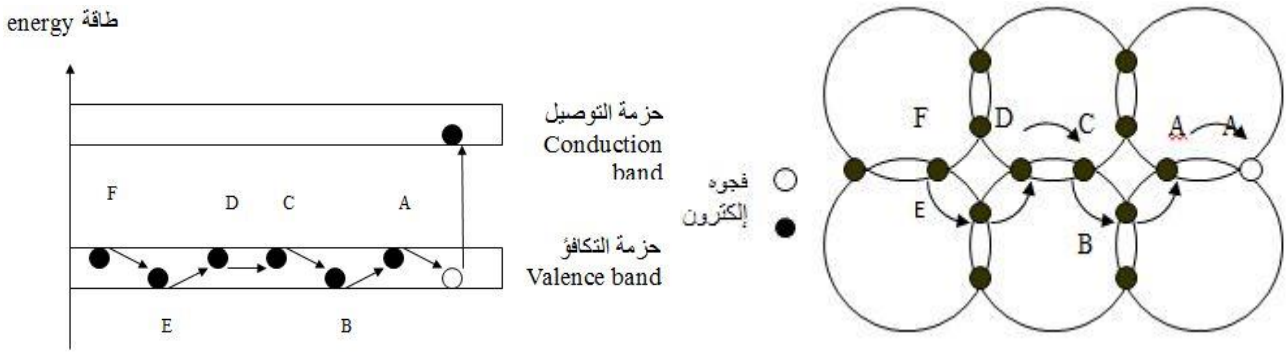
في كل مره يرتفع فيها الكترون من حزمة التكافوء لحزمة التوصيل يخلف وراءه فجوة في حزمة التكافؤ.كلما ارتفعت درجة الحرارة سوف يزداد عدد الالكترونات المرفوعه الى حرمة التوصيل وبذلك تزداد قيمة التيار ولكن عند درجة حرارة الغرفة(25°C) يكون التيار المتولد صغير جدا ولا يمكن الاستفادة منه وعند هذه الدرجة لاتكون قطعة السليكون عازل جيد كما لاتكون موصل جيد ولهذا تسمى شبه موصل (semiconductor) .

تيار الفجوة :

عند تحرك الالكترونات وانتقالها من حزمة التكافوء الى حزمة التوصيل وتوليد تيار سالب الشحنه يقابلها حركة الفجواة ايضا وتوليد تيار موجب الشحنة اوبعبارة أخرى يوجد في شبه الموصل نوعان من التيار هما تيار حزمة التوصيل وتيار الفجوة موجب الشحنة.

كيف تتحرك الفجوات:

الشكل ادناه يوضح عملية انتقال الفجواة خلال حزمة التكافوء للذرات حيث تعمل الفجوة في أقصى اليمين على جذب الإلكترون التكافؤي في(A) وبتغيير طفيف بالطاقة يستطيع الالكترون التكافؤي في (A)أن يتحرك الى الفجوة وعندما يتم هذا تتلاشى الفجوة وتتولد فجوة في(A) . إن الفجوة الجديدة في(A)تستطيع أن تجذب الالكترون التكافؤي في(B) وعندما ينتقل الالكترون التكافؤي من(B) الى(A) وتتحرك الفجوة من(A) الى(B) وهكذا تستمر حركة الالكترونات التكافؤية عبر الطريق المبين بالسهم والموضح بالمسار FEDCBA . وبنفس الوقت تتحرك الفجوات داخل حزمة التكافوء في الاتجاه المعاكس عبر الطريق المبين بالسهم وحسب المسار ABCDEF من اليمين الى اليسار.



أزواج إلكترون فجوة :

يتولد زوج الكترون فجوه عند تحرك الالكترونات وانتقالها من حزمة التكافوء الى حزمة التوصيل وان حركة الالكترونات التكافؤية الى اليمين تعني حركة فجوات متحركة الى اليسار وكذلك وجود أي الكترون في حزمة توصيل في شبه موصل نقي يعني وجود فجوة في المدار التكافؤي لذرةٍ ما . وهذا يعني الطاقة الحرارية تنتج أزواج الكترون- فجوة (electron-hole pairs) التي تقوم بعملية التوصيل الكهربائي