بســـم الله الرحــمــن الرحــيــم

جامـعة الزعــيم الازهري

كليــة الهــندسة

قسم الكهرباء

الدفـعه(١٩)

سمنار بعنوان:

Semiconductor Device

- سعد الدين الصديق ـ عثمان عادل ـ علاء الدين احمد ـ فتح الرحمن مامون ـ محمد المصطفي ـ مصعب عبد الرحمن

الخرطوم ـ السودان ـ فبراير٢٠١٤

اشراف :
الباشمهندس/ أكرم

- المستخلص :
- مدخل الي أشباه الموصلات وتطعيمها وإنتاج البلورات السالبة والموجبة وتوصيلها مع بعضها البعض لصنع ابسط الوصلات الثنائيه (الدايود) وأنواعها المختلفه (الثنائيات العاديه،ثنائيات الإنهيار،ثنائيات المكثف المتغير،ثنائيات شوتكي،الثنائيات الباعثه للضوء والليزر،الثنائيات الكاشفة للضوء) وإستخداماتها في الحياة العملية . ثم تصنيع وصلات اكثر تعقيداً مثل الترانزيستور بنوعيه المختلفين (ترانزيستورالوصله القطبيه،ترانزيستور تأثير المجال) وإستخداماتها.

Abstract:-

Entrance to the semiconductor and vaccinated and the production of crystals negative and positive and connected with each other to make the simplest connections bilateral (diode) and their different kinds (diodes regular, binaries collapse, binaries intensive variable, binaries Schottky, light-emitting diodes and laser diodes floodlights to light) and their use in practical life. Then manufacturing links more complex, such as transistors of both types are different (Tranzisturalouselh polar, field effect transistors) and uses

المقدمة :

لقد تطور علم الالكترونيات تطورا ملحوظا في العقود الاخيرة حتي اصبح من ابرز سمات الحضارة الحالية لذلك لا يمكن تصور الحياة البشرية من دون التطبيقات المختلفة للالكترونات، ومن المعروف ان علم الالكترونيات علم واسع ومتفرع لذا سنحاول جاهدين دراسة بعض الاجزاء الأكثر اهمية من اشباه موصلات ووصلة ثنائية(p-n junction) وعملية التطعيم وما يحدث فيها ، مرورا بالدايود ومنحني الخواص له ،وانوعه المختلفه ابتداءاً من ثنائي زنير والثنائي الباعث للضوء وكذلك الثنائي المستقبل للضوء وكيفية عملها في وضعي الانحياز الامامي والعكسي، مرورا بثنائيات المكثف المتغير والثنائيات الانهيارية وايضاً الثنائيات العادية وثنائيات شوتكي ، كما سندرس الترانزستورات بنوعيها المختلفين وتطبيقاتها وإستخدامتها.

أشباه الموصلات:

يعتبر السيليكون والجرمانيوم من اهم العناصر شبه الموصله التي تسخدم في صناعة العناصر الالكترونيه وتحتوي كل من زرتي السيليكون والجرمانيوم ، والفرق بينهم ان زرة السيليكون تحتوي علي 14الكترون والجرمانيوم32 الكترون حيث تحتوي كل منهم علي اربعه الكترونات حرة في المدار الاخير حتي يكتمل نطاق التكافؤ لابد ان تشارك الذره الذرات الاربعه التي حولها بالكتروناتها وتسمي هذه الرابطه بالرابطه التساهميه ولعدم وجود الكترونات حره تكون القابليه لتوصيل التيار الكهربائي ضعيفه (اقرب الي المواد العازله) في صورتها النقيه .

التطعيم Dobing :

وهي عمليه اضافة المواد الشائبه الي ذرة شبه الموصل لتكون قابله لتوصيل التيار الكهربي .
وحسب عدد الالكترونات التكافؤ ، في المواد الشائبه التي يتم اضافتها لكل من البلورات النقيه من مادتي السلكون والجرمانيوم ، فانه يتم عمل بلورات مادة سالبة (n-tybe) او بلورات مادة موجبه(p-type).

البلورات السالبه n-type:ـ

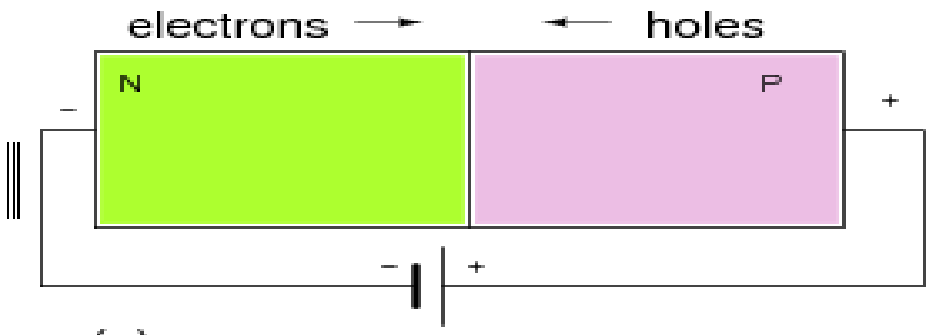
تتحول بلورة السيليكون والجرمانيوم النقي الي بلورة سالبه فانه يتم تطعيمها بشوائب من عناصر خماسية التكافؤ وتعرف بالعناصر المانحه مثل الفسفور p و الانتيمون sb ، حيث نجد ان كل اربعة الكترونات تكافؤ من الالكترونات المادة خماسيه التكافؤ ترتبط في روابط اسهامية مع ذرة جرمانيم ليكتمل المدار الخارجي لذرة الجرمانيوم ، ويتبقي الكترون زائد ليصبح حر الحركه خلال البلورة ، وبهذا الاسلوب يزداد عدد الالكترونات السالبة الحرة وتتحول المادة البلورة سالبه n-type material.

البلورات الموجبة p-type :

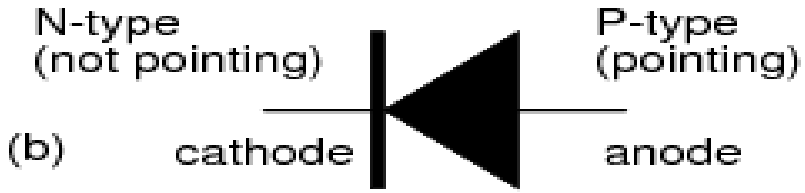
وتتحول بلورة السيليكون والجرمانيوم الي بلورة موجبة فانه يتم تطعيمها بشوائب من عناصر ثلاثية التكافؤ مثل الجاليوم Ge والبورون B ، حيث ان كل ثلاثة الكترونات من تكافؤ من الكترونات المادة ثلاثية التكافؤ ترتبط في روابط اسهاميه معلا ذرات الجرمانيوم المجاورة ومن هنانجد ان ذرة الجرمانيو ينقصها الكترون واحد وهذا يعني وجود فجوة (hole) والتي تمثل شحنه موجبة لها قدرة قوية علي جذب الالكترونات ، ولهذا يطلق علي هذه البلورة مادة موجبه p-type material .

الدايود The Diode:

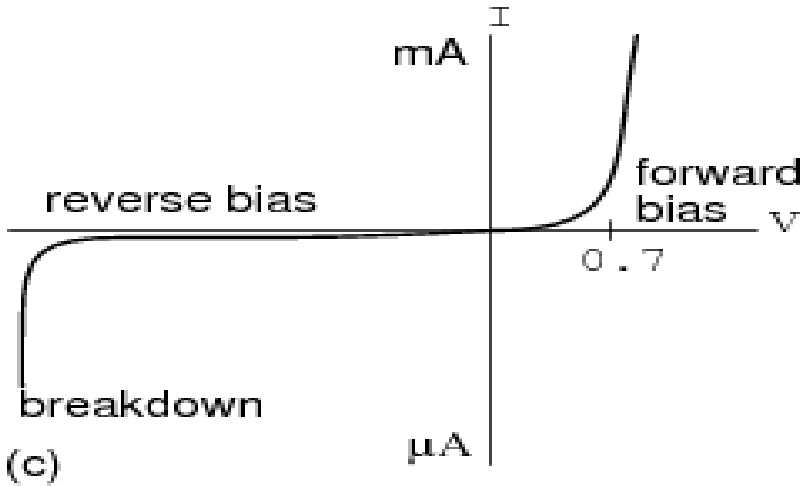
يعتبر الدايود من ابسط العناصر الإلكترونيه والذي يستخدم للسماح للتيار الكهربائي بالمرور باتجاه معين (إنحياز أمامي) ومنعه من المرور في الاتجاه المعاكس (إنحياز عكسي). للدايود طرفان أحداهما يسمي المصعد (anode) والأخر يسمي المهبط (cathode)،ويسمح الدايود للتيار الكهربائي بالمرور من المصعد الي المهبط ويمنعه من المرور بالإتجاه المعاكس، ويتكون الدايود من اتصال بلورتين من السيليكون او الجرمانيوم إحداهما موجبه والاخري سالبه ،فان الإلكترونات والفجوات الموجوده في ممنطقه الإتصال سوف تتعادل مع بعضها لتشكل منطقه خاليه من الشحنات وتسمي هذه المنطقه بمنطقه الإستنزاف(depletion region) والجدير بالذكر ان كل من الايونات الموجبه في البلوره السالبه والالكترونات او الايونات السالبه في البلوره الموجبهتسمي بناقلات التيار الأقليه (minority carriers) بينمما تسمي الالكترونات في البلوره السالبه والايونات الموجبه في البلوره الموجبه بناقلات التيار الاغلبيه(majority carriers) .



(a)



(b)



(c)

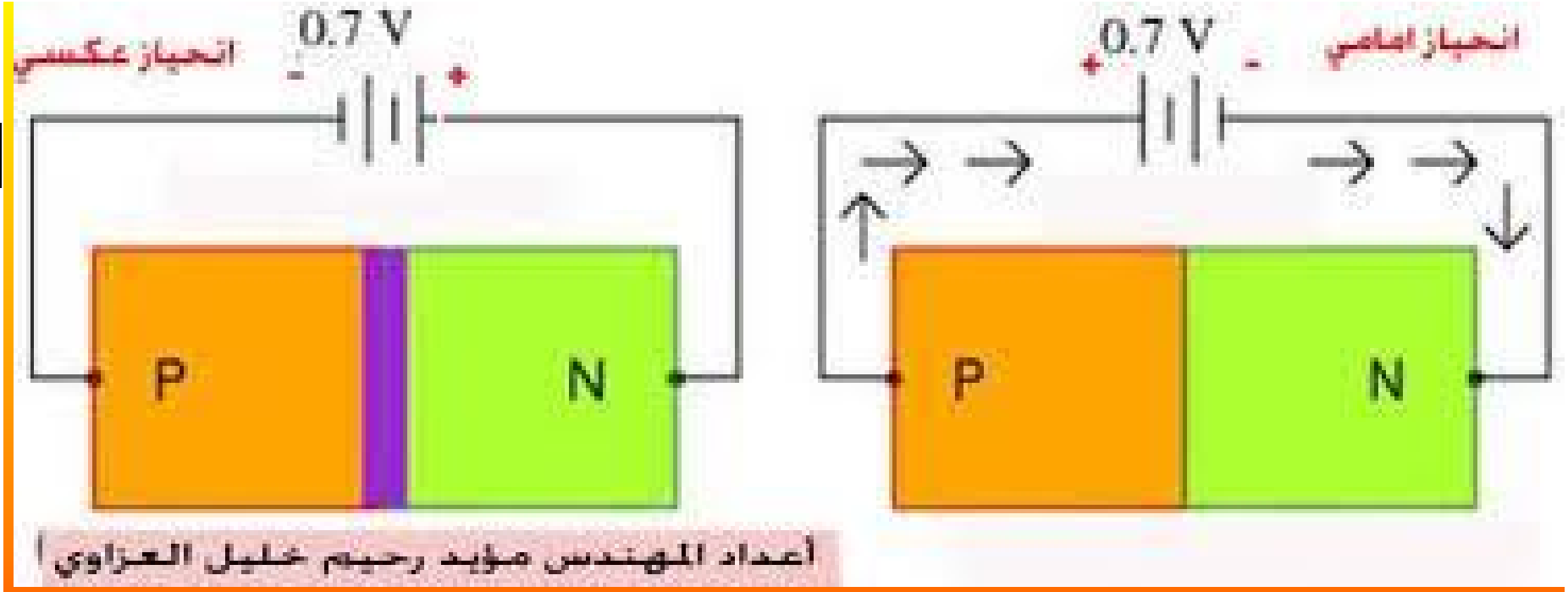
إن الخاصية الأساسية في جميع أنواع الثنائيات هي أنها تسمح بمرور التيار من خلالها باتجاه واحد فقط وذلك عند تسليط جهد بانحياز أمامي على طرفيها ولا تسمح بمرور التيار في حالة الانحياز العكسي. ويسمى القطب المعدني الموصول بالمنطقة الموجبة بالمصعد **(Anode)** والقطب المتصل بالمنطقة السالبة بالمهبط **(Cathode**

النحياز الامامي :

هي الحالة التي يوصل فيها القطب الموجب للدايود بموجب الدائرة والقطب السالب بسالبها بمعني انه عندما يكون الجهد علي القطبب الموجب اعلي منه علي الجهد السالب بمقدار جهد العتبه وعندها يكون الدايود في حالة تمرير للتيار.

الانحياز العكسي :

وهو الحالة التي نوصل فيها القطب السالب للوصلة بموجب البطارية والقطب الموجب مع سالب الوصلة وبالتالي توسع منطقة العزل بين طرفي الوصلة أي منع مرور التيار الكهربائي ويتشكل جهد يسمى جهد الانتشار

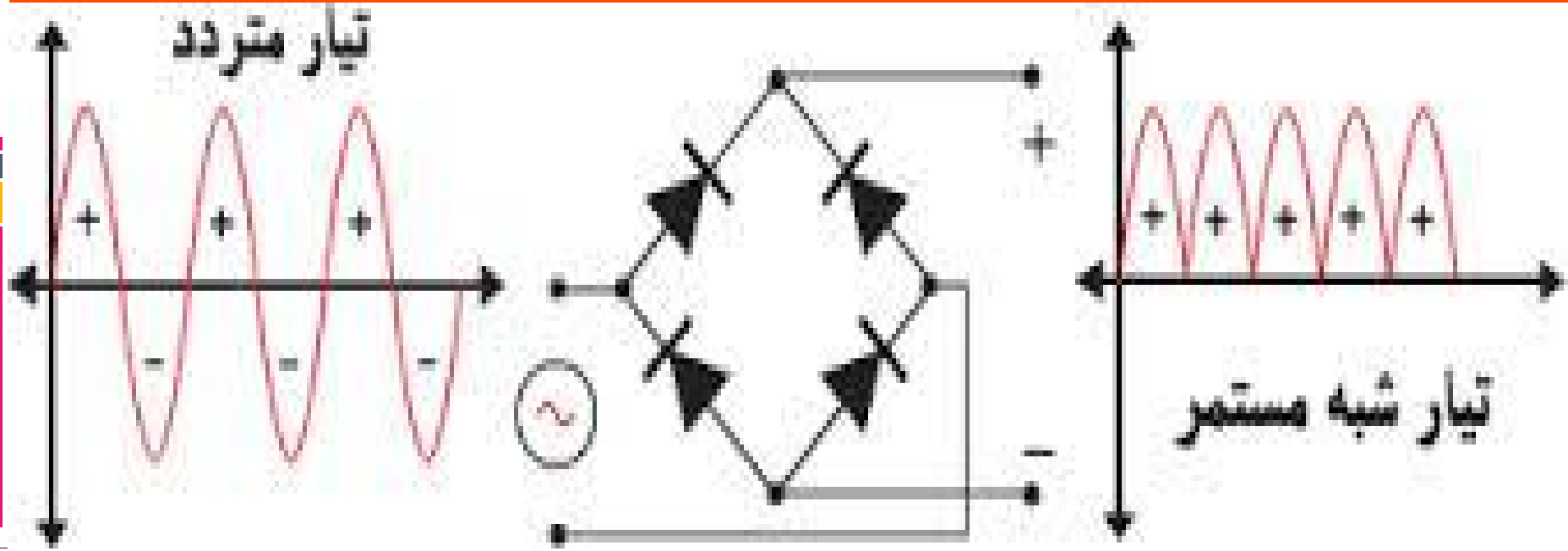


أعداد المهندس مؤيد رحيم خليل العزاوي

أنواع الثنائيات واستخداماتها:ـــــ

١ـ الثنائيات العادية:

يشكل هذا النوع الغالبية العظمى من الثنائيات ويستخدم في التطبيقات التي تستغل الخاصية الأساسية للثنائي وهي السماح للتيار الكهربائي بالمرور في اتجاه واحد فقط. وأكثر ما يستخدم هذا النوع في دوائر التقويم (**rectification circuits**) وهي الدوائر التي تقوم بتحويل التيار المتناوب إلى تيار مباشر لتغذي الأجهزة والمعدات التي تعمل بالتيار المباشر كما في



٢ـ الثنائيات الإنهيارية (زينر ـ BreakdownorZenerDiodes):

هي ثنائيات يمكنها أن تعمل في منطقة الانهيار دون أن تتلف وذلك من خلال زيادة درجة تركيز التطعيم فيها إلى قيم محددة ومن ميزات هذا الثنائيات أن جهد الانهيار يبقى ثابتا إلى حد كبير بغض النظر عن قيمة تيار الانهيار المار فيها. وتستخدم هذه الثنائيات عند وصلها في وضع الانحياز العكسي لتثبيت وتنظيم الجهد المسلط على الدوائر الإلكترونية على جهد بت للحفاظ عليها من التلف إذا ما زادت قيمة جهد مغذيات الطاقة عن الجهد المقرر.

٣ـ ثنائيات المكثف المتغير (Varactor or Varicap Diodes):

إن قيمة المواسعة لهذا المكثف تتناسب عكسيا مع عرض المنطقة(capacitance) المنضبة والذي يتحدد من قيمة جهد الانحياز العكسي المسلط على الوصلة وبهذا فإنه يمكن استخدام الثنائي وهو في وضع الانحياز العكسي كمكثف يمكن التحكم بمكاثفته من خلال الجهد المسلط عليه. وعلى الرغم من أنه يمكن استخدام جميع أنواع الثنائيات كمكثف محكوم بالجهد إلا أن قيم المواسعة فيها صغيرة جدا ولذلك قام المهندسون بتصنيع ثنائيات بتصاميم خاصة لرفع قيمة المواسعة فيها وذلك من خلال زيادة مساحة مقطع الوصلة ومن خلال التحكم بتركيز المواد المطعمة وأطلقوا عليها اسم ثنائيات المكثف المتغير

. إن أكثر استخدامات ثنائيات المكثف المتغير هي في المذبذبات

والتي تستخدم بدورها في(voltage control oscillator)المحكومة بالجهد) وهي دوائر إلكترونية تلعب دورا phase-locked loops العرى المقفلة طوريا (9 كبيرا في أنظمة الاتصالات الحديثه

٤ـ ثنائيات شوتكي (Schottky Diodes):-

على العكس من الثنائيات العادية التي تبنى فيها منطقتي الوصلة الموجبة والسالبة من مادة شبه موصلة فإن ثنائيات شوتكي تبنى من مادة معدنية للمنطقة الموجبة ومن مادة شبه موصلة للمنطقة السالبة وبسبب الموصلية العالية للمعدن فإن المنطقة المنضبة توجد فقط في جهة المادة شبه الموصلة تستخدم ثنائيات شوتكي في تطبيقات كثيرة من أهمها دوائر المنطق الرقمي حيث تستخدم لمنع الترانزستورات فيها من الدخول في منطقة التشبع حيث يتطلب الخروج منها وقتا طويلا نسبيا عند تحولها من وضع الوصل إلى وضع الفصل. وتستخدم في دوائر التقويم لانخفاض جهدها المبيت مما يرفع من كفاءة وكذلك سرعة هذه المقومات.

الثنائيات الباعثة للضوء وثنائيات الليزر (Light Emitting Diodes & laser diodes)

عند تسليط جهد بانحياز أمامي على وصلة موجب –سالب فإن تيارا كهربائيا سيسري فيها وتكون الإلكترونات التي تتحرك بعكس اتجاه التيار أي باتجاه المنطقة المنضبة هي الحاملات الرئيسية لهذا التيار في المنطقة السالبة بينما تكون الفجوات التي تتحرك بنفس اتجاه التيار أي باتجاه المنطقة المنضبة أيضا هي الحاملات الرئيسية لهذا التيار في المنطقة الموجبة. وعندما تلتقي الإلكترونات مع الفجوات في داخل المنطقة المنضبة فإن عملية اتحاد تتم بينهما وتتحرر كمية من الطاقة تمثل الفرق بين مستويات الطاقة للإلكترونات الموجودة في نطاق التوصيل ومستويات الطاقة للفجوات الموجودة في نطاق التكافؤ

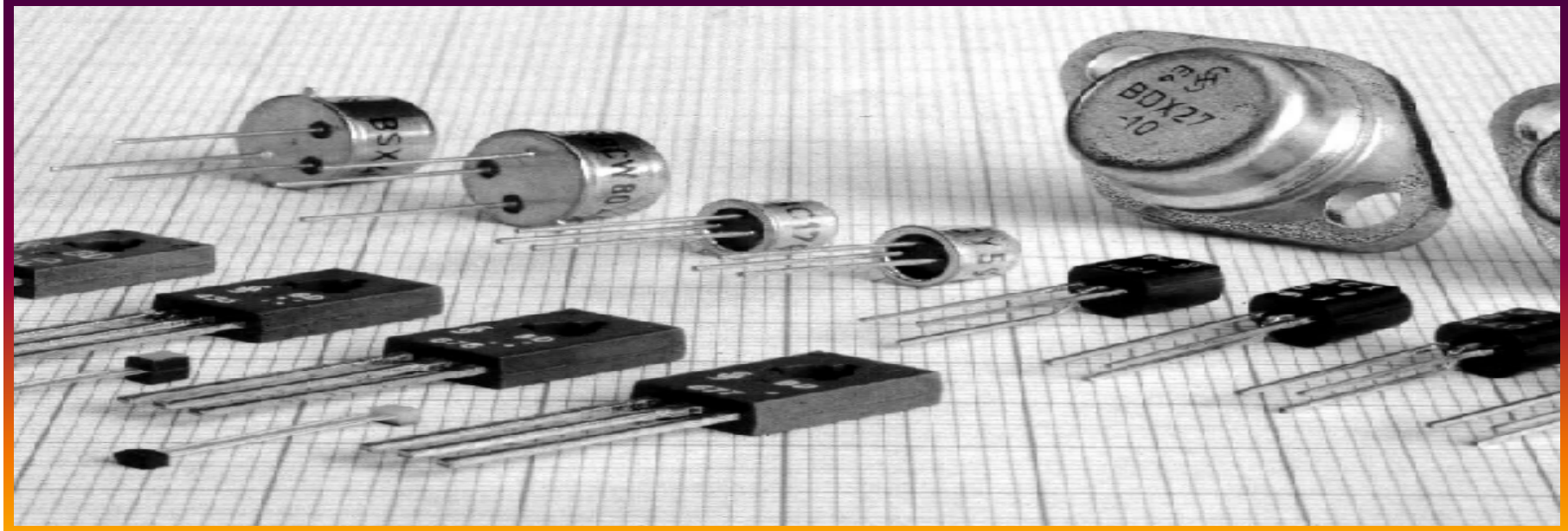
ويستخدم ثنائي الليزر في التطبيقات التي لا يمكن للثنائي الباعث للضوء أن يعمل فيها كما في جميع أنواع الأقراص المدمجة وفي أجهزة المساحة وفي الرادارات الضوئية وفي أجهزة تصحيح النظر وغير ذلك من التطبيقات.

). الثنائيـــــــــــات الكاشـــــــــــفة للضـــــــــــوء (Photodiodes) :

وهو عكس الثائي الباعث للضوء عندما يسقط فوتون ضمن المنطقة المنضبة وتكون طاقته أكبر من عرض فجوة النطاق للمادة شبه الموصلة المستخدمة فإنه سيحرر إلكترون من أحد الذرات ويضعه في نطاق التوصيل مخلفا وراءه فجوة في نطاق التكافؤ. وبسبب وجود مجال كهربائي عالي في المنطقة المنضبة بسبب الانحياز العكسي فإن هذا المجال سيسحب الإلكترون باتجاه القطب الموجب والفجوة باتجاه القطب السالب فيسري بذلك تيار كهربائي في الدائرة الخارجية تتناسب قيمته مع عدد فوتونات الضوء الساقطة على الثنائي وتستخدم الثنائيات الكاشفة للضوء في تطبيقات كثيرة كما في مستقبلات أنظمة الاتصالات الضوئية ومستقبلات أنظمة التحكم عن بعد وفي الأقراص المدمجة وغيرها. ويمكن أن يستخدم هذا الثنائي في حالة غياب الانحياز لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية بما يسمى الخلايا الشمسية (**solar cell or photovoltaic cells**

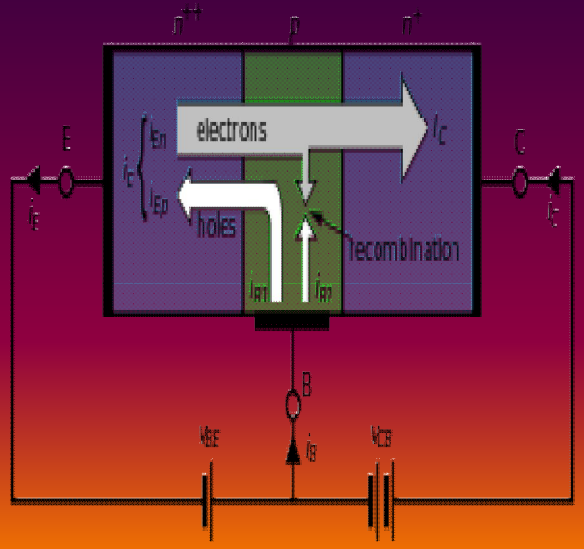
الترانزستورات (Transistors):-

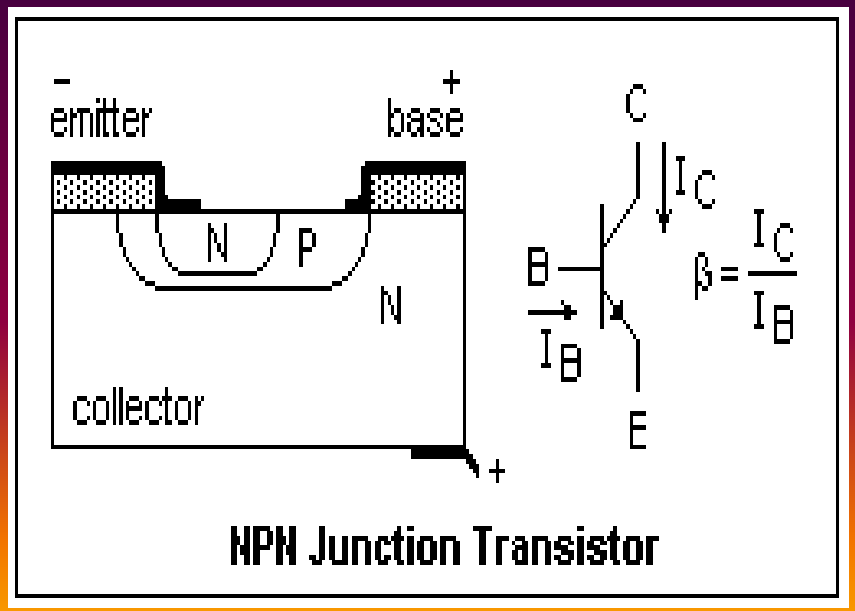
الترانزستور عباره عن عنصر إلكتروني فعال مصنوع من active device مواد شبه موصلة كالجرمانيوم والسيليكون وله ثلاثة أقطاب
. ويتميز الترانزستور على الصمام الإلكتروني بصغر حجمه الذي لا يتجاوز حجم حبة الحمص إذا ما صنع منفردا أما إذا كان في دوائر متكاملة فإنه بالإمكان تصنيع ملايين الترانزستورات على شريحة لا تتجاوز مساحتها السنتيمتر المربع الواحد مما أدى إلى تقليص بالغ في أحجام وأوزان الأجهزة الكهربائية.



ترانزستورات الوصلة ثنائية القطبية (Bipolar Junction Transistors (BJT))

يتم تصنيع هذا النوع من الترانزستورات من خلال تطعيم ثلاث مناطق متجاورة على بلورة نقية من السيليكون بحيث يكون التطعيم إما على شكل (سالب_موجب_سالب)NPN) أو على شكل (موجب_سالب_موجب) (PNP). ويتم توصيل أقطاب معدنية بهذه المناطق الثلاثة حيث يسمى القطب الموصول بالمنطقة الوسطى بالقاعدة (Base) بينما تسمى الأقطاب الموصولة بالمنطقتين الخارجيتين بالباعث (Emitter)



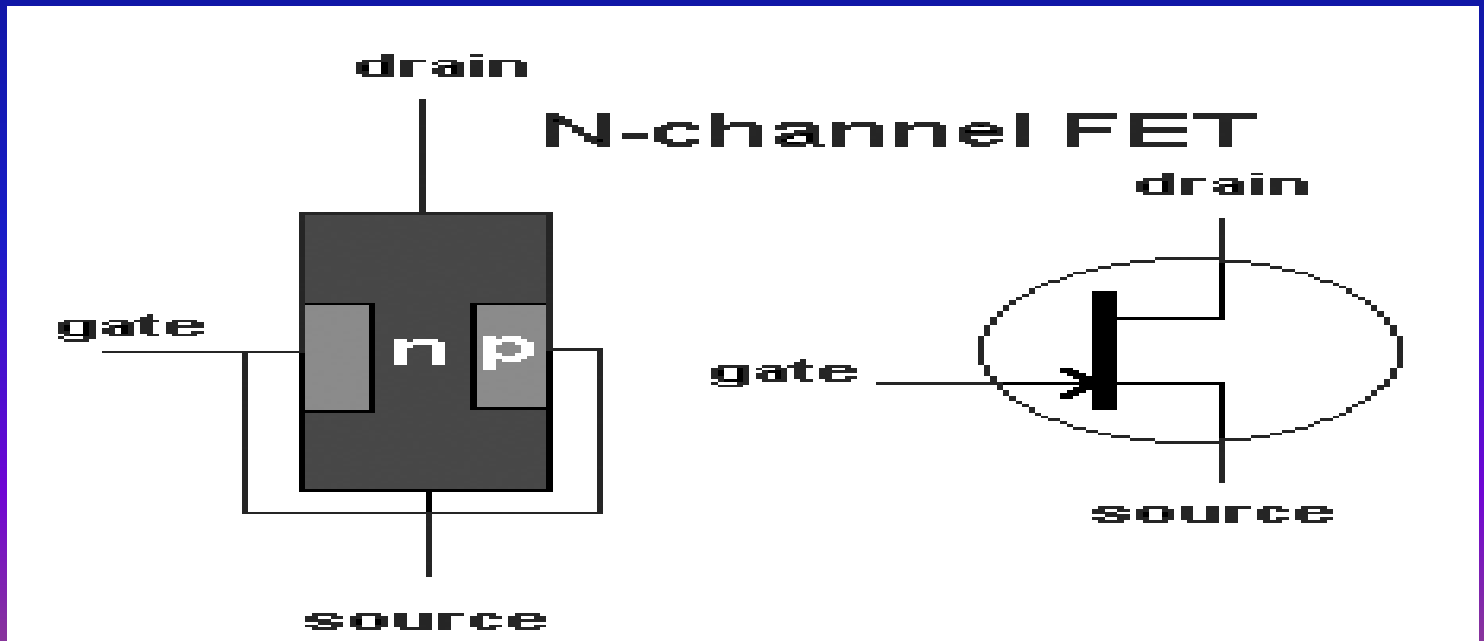


والمجمع (Collector). ويطلق على هذه النوع من الترانزستورات بالترانزستور ثنائي القطبية (bipolar) وذلك بسبب وجود وصلتين فيه وكذلك بسبب مساهمة الفجوات والإلكترونات في حمل التيار الذي يسري داخل الترانزستور.

إن الترانزستورات من نوع (NPN) أكثر شيوعا في الاستخدام من الترانزستورات من نوع (PNP) وذلك لاستجابتها العالية وذلك بسبب أن سرعة حركة الإلكترونات في المناطق السالبة أعلى بكثير من سرعة حركة الفجوات في المناطق الموجبة.

ترانزستورات تأثير المجال(FET):-

تمت تسمية هذا الترانزستور بالترانزستور أحادي القطبية ويتكون هذا الترانزستور من شريحة سيليكون مطعمة إما كنوع سالب (N) أو كنوع موجب (P) ويوصل بطرفي هذه الشريحة قطبان معدنيان يسمى أحدهما المصدر (source) وهو يناظر الباعث (emitter) ويسمى الآخر المصرف (drain) وهو يناظر المجمع (collector).



استخدامات الترانزستـور:ـ

١/ التحكم بالتيار المار بين طرفين من أطرافه من خلال تيار أو جهد ضئيل جدا يتم تسليطه على الطرف الثالث.
٢/١ ستخدم الترانزيستور كـ مفتاح كهربي فانه يعمل إما في منطقة القطع أو في منطقة التشبع عندما يكون جهد VCE تقريبيا صفر
٣/كما يستخدم الترانزستور كمكبر اشارة وذالك بتكبير تيار المجمع بالنسبة لتيار القاعدة

المصادر:ـــ

١/ مرجع الالكترونيات المعاصرة (١)

٢/ كتاب الالكترونيات (الفصل الاول والثاني)

٣/موقع ويكيبيديا