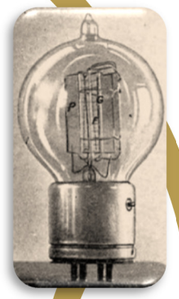
الفصل 6

إلكترونيات الحالة الصلبة
Solid-State Electronics

بداية القصة:



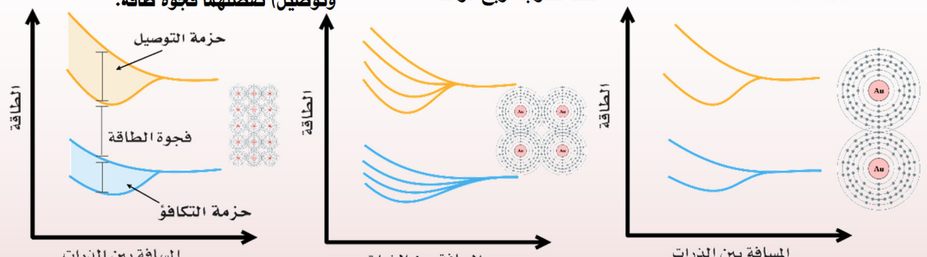
اكتشفت في بداية القرن العشرين أنابيب التفريغ الزجاجية (الصمامات) واستخدمت في تكبير الإشارات الكهربائية الضعيفة وضبطها لأجهزة التلغراف ودوائر الهاتف التقليدية، كما استخدمت في تكبير موجات الراديو الضعيفة. ولكن لأنها تتطلب قدرة كهربائية كبيرة وتنتج طاقة حرارية كان لا بد من وجود بديل من خلال فهم **كيف تنتقل الشحنات الكهربائية؟**

كيف تنتقل الشحنات الكهربائية؟ (نظرية أحزمة الطاقة)

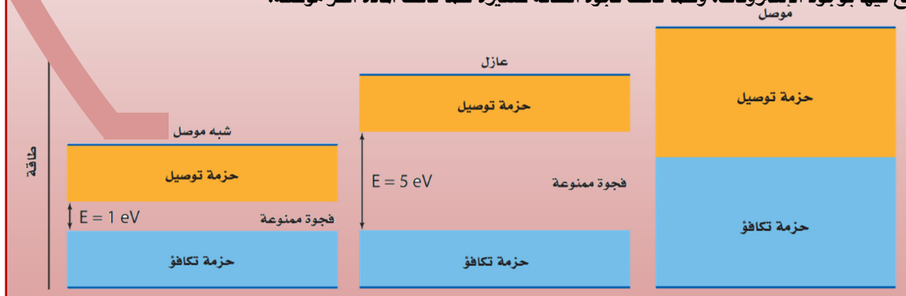
① تتجزأ مستويات الطاقة الخارجية لذرتين عند تقاربهما من بعضهما.

② ويحدث مزيد من التجزئات لمستويات الطاقة الخارجية عند تقارب أربع ذرات.

③ وحين تتقارب عدة ذرات تصبح مستويات الطاقة متقاربة جدا بحيث يمكن تمثيلها بحزمتي طاقة (تكافؤ وتوصيل) تفصلهما فجوة طاقة.



نظرية أحزمة الطاقة: نظرية تصف أحزمة الطاقة التي تشكلت نتيجة تداخل مستويات الطاقة عند تقارب الذرات، وتتكون أحزمة الطاقة للمواد الصلبة من حزم التكافؤ وهي حزم طاقة ذات مستويات طاقة دنيا مملؤة بالإلكترونات، وحزم التو صيل وهي حزم طاقة ذات م ستويات طاقة عليا يكون متاحا فيها للإلكترونات الانتقال إليها، وبه صل الحزمتين فجوة طاقة لا يسمح فيها بوجود الإلكترونات، وكلما كانت فجوة الطاقة صغيرة كلما كانت المادة أكثر موصلة.



في الموصلات تكون حزمة التكافؤ مملوءة بالإلكترونات وحزمة التوصيل مملوءة جزئيا، وعند تطبيق فرق جهد تتحرك الإلكترونات بسهولة. وتتناسب مقاومة الموصلات طرديا مع درجة الحرارة.

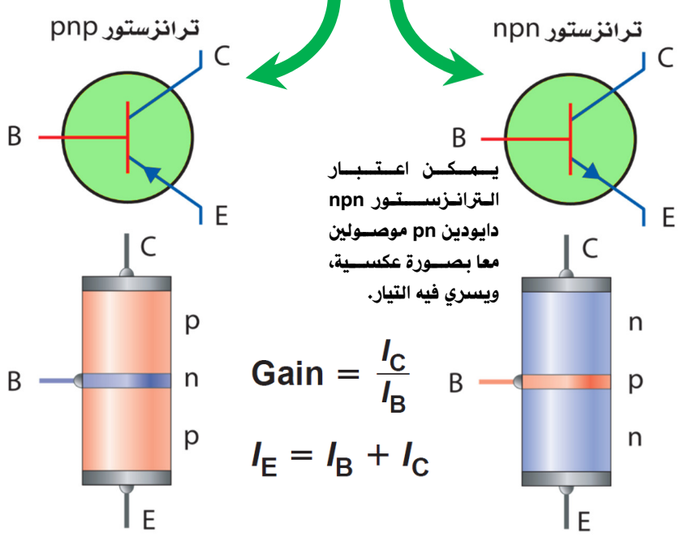
وفي العوازل تكون حزمة التكافؤ مملوءة، في حين تكون حزمة التوصيل فارغة، ويتعين أن يكتسب الإلكترون كمية كبيرة من الطاقة لكي ينتقل إلى حزمة التوصيل.

في أشباه الموصلات تكون حزمة التكافؤ مملوءة مثل العوازل، في حين تكون الفجوة الممنوعة أصغر بكثير مقارنة بالعوازل. وتتناسب مقاومة أشباه الموصلات عكسيا مع درجة الحرارة.

تطورت

الترانزستور (الوصلة الثلاثية):

يتكون الترانزستور من ثلاث طبقات لأشباه الموصلات، وهي نوعين:
ترانزستور npn عبارة عن طبقتين من مادة شبه موصلة من النوع n على طرفي طبقة رقيقة من النوع p، وترانزستور pnp عبارة عن طبقتين من مادة شبه موصلة من النوع p تتوسطها طبقة رقيقة من النوع n.
تسمى الطبقة الوسطى الرقيقة بالقاعدة B، والطبقتين الأخريين جامع C وباعث E، ويتميز الباعث بسهم



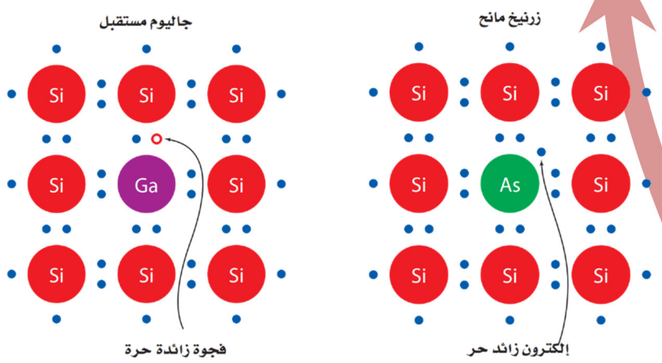
يمكن اعتبار الترانزستور npn دايودين pn موصولين معا بصورة عكسية، ويسري فيه التيار.

تطبيقات الترانزستور:

يضخم الترانزستور تغيرات الجهد الصغيرة إلى تغيرات أكبر بكثير، ومن تطبيقاته:
تضخيم الجهد الحثي في جهاز التسجيل، وعمل مفاتيح تحكم صغيرة الأداء.
يُعد كسب التيار Gain من دائرة القاعدة إلى دائرة الجامع مؤشر على أدار الترانزستور.

أشباه الموصلات المعالجة

لزيادة موصلية أشباه الموصلات النقية بمقدار كبير من أجل صنع أدوات عملية، تضاف ذرات مانحة أو مستقبلة للإلكترونات في أشباه الموصلات وتسمى أشباه الموصلات المعالجة.

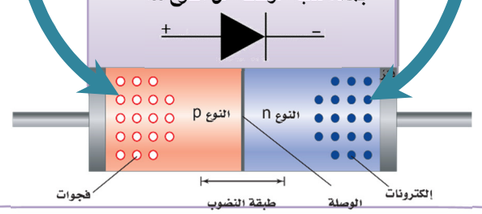


عند إضافة ذرة من عناصر المجموعة 5 (مثل الزرنيخ) إلى شبه الموصل النقي تنتج مادة شبه موصلة من النوع السالب n
مانحة

وعند إضافة ذرة من عناصر المجموعة 3 (مثل الجاليوم) إلى شبه الموصل النقي تنتج مادة شبه موصلة من النوع الموجب p
مستقبلة

الدايود (الوصلة الثنائية):

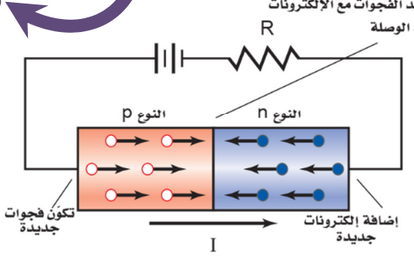
من أبسط الأدوات المصنوعة من أشباه الموصلات، وتتكون من مادة شبه موصلة من النوع p موصولة بمادة شبه موصلة من النوع n.



عند وصل المادتين تنجذب الإلكترونات الحرة في الطرف n نحو الفجوات في الطرف p، وبطريقة معاكسة تتحرك الفجوات اصطلاحا، ونتيجة لهذا التدفق تنشأ بين الوصلتين منطقة خالية من ناقلات الشحنات تسمى طبقة النضوب

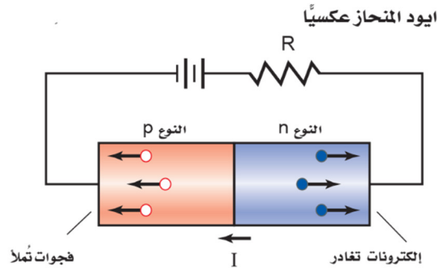
طرق توصيل الدايود:

الدايود المنحاز أماميًا
تتحد الفجوات مع الإلكترونات عند الوصلة



التوصيل الامامي (الانحياز الأمامي) يوصل الطرف الموجب في الدايود بالطرف الموجب للبطارية ويوصل الطرف السالب في الدايود بالطرف السالب للبطارية، وبالتالي فإن ناقلات الشحنات تندفع نحو طبقة النضوب فيمر التيار.

الدايود المنحاز عكسيًا



التوصيل العكسي (الانحياز العكسي) يوصل الطرف الموجب في الدايود بالطرف السالب للبطارية ويوصل الطرف السالب في الدايود بالطرف الموجب للبطارية، وبالتالي فإن ناقلات الشحنات تندفع نحو البطارية فيزداد عرض طبقة النضوب فلا يمر تيار.

$$V_b = IR + V_d$$

من تطبيقات الدايود تحويل الجهد المتناوب إلى جهد مستمر، وتصنع الدايودات المشعة للضوء (LED) من مزيج الجاليوم والألومنيوم مع الزرنيخ والفوسفور وتبعث ضوء عندما تكون منحازة أماميا، فعندما تصل الإلكترونات إلى الفجوات في الوصلة فإنها تتحد معا وتطلق الطاقة الفائضة على هيئة ضوء بأطوال موجية محددة تبعث بعض الدايودات المشعة للضوء حزمة ضيقة من ضوء الليزر المترابط أحادي اللون.

الرقائق الميكروية:

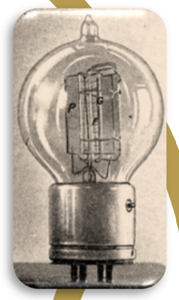
دوائر متكاملة تدعى كل منها رقاقة ميكروية تتكون من آلاف الترانزستورات الدايودات والمقاومات.
طول كل منها لا يتجاوز الميكرومتر الواحد، ويمكن صناعتها بمعالجة السيليكون وتشويبه بذرات مانحة أو مستقبلة.
تستخدم الرقائق الميكروية في كثير من التطبيقات منها استخدامها في الحواسيب حيث تشكل وحدة قلب المعالجة المركزية.

#تدريس_الفيزياء @N_Allehyani

الفصل 6

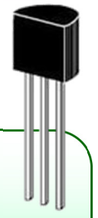
إلكترونيات الحالة الصلبة
Solid-State Electronics

بداية القصة:

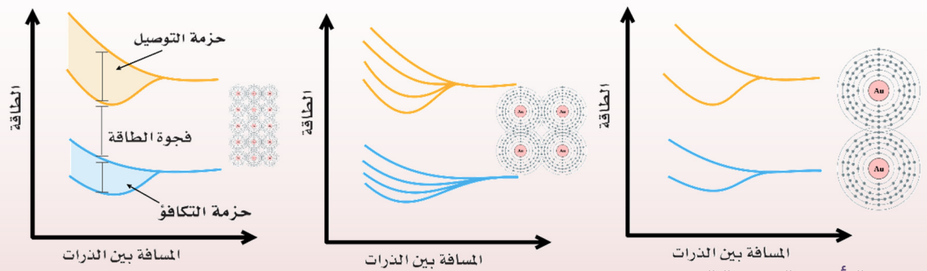


تطورت

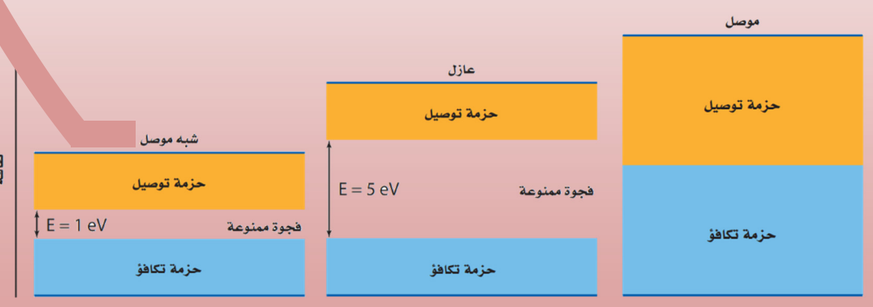
الترانزستور (الوصلة الثلاثية):



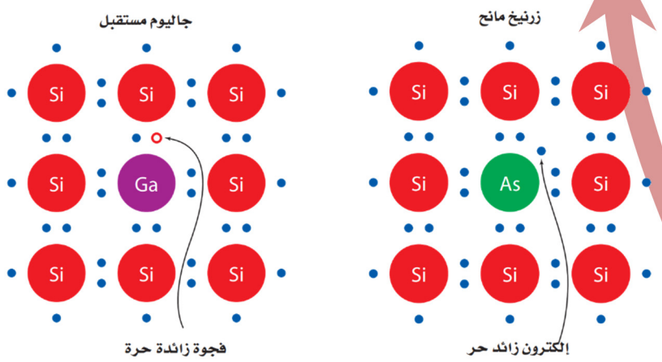
كيف تنتقل الشحنات الكهربائية؟ (نظرية أحزمة الطاقة)



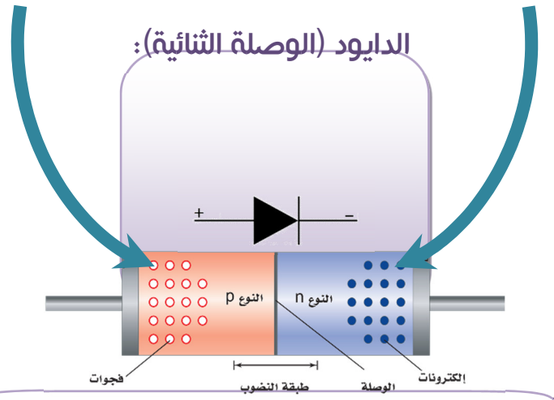
نظرية أحزمة الطاقة:



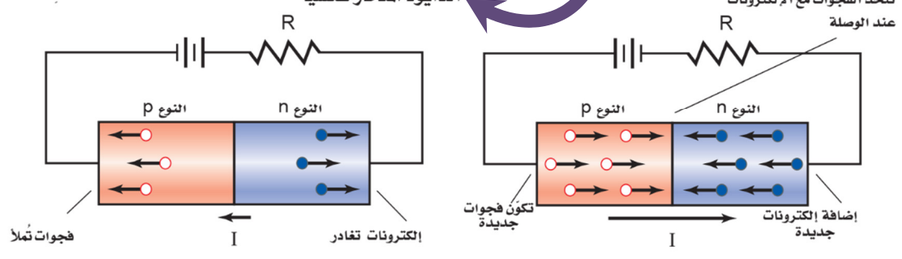
أشباه الموصلات المعالجة

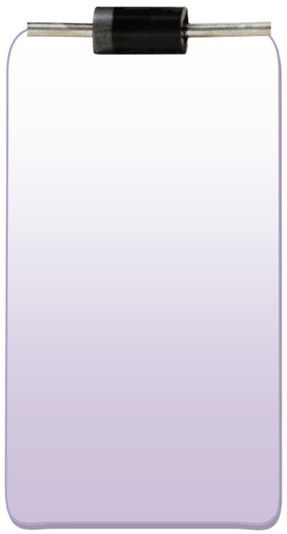


الدايود (الوصلة الثنائية):

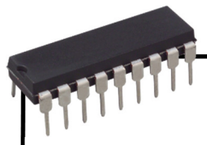


طرق توصيل الدايود:

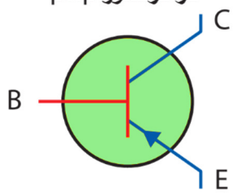




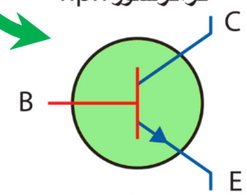
الرقائق الميكروية:

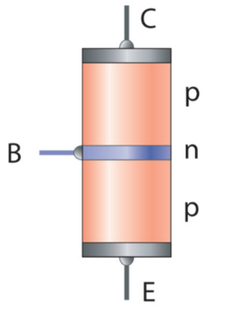


ترانزستور pnp



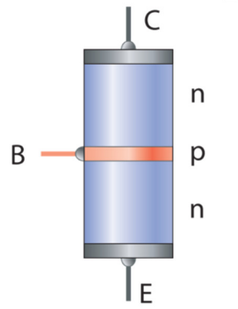
ترانزستور npn





$$Gain = \frac{I_C}{I_B}$$

$$I_E = I_B + I_C$$



تطبيقات الترانزستور:

#تدريس_الفيزياء @N_Allehyani