MJE 106 61 - MJE 106 62 (1)

المرجع د/حازم فلاح الازهر فلسطين

Integrated Electron Analog & Digital Ct & Sys → Millman

[1] atomic Structure (Bohr Theory)

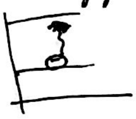
- نظرية بور ← نواه بها شحنات موجبه (بروتونات) تحيط بها مدارات فيها شحنات سالبة (الالكترونات) وتدور الالكترونات حول النواه تحت تأثير قوة جذب مركزية ، سرعة الالكترونات تزيد بالقرب من النواه

- مثال/ السليكون 14 (عدد الذري = عدد البروتونات في النواه) أي هناك ١٤ إلكترون يدوروا حول النواة في ٣ مدارات ٢ ، ٨ ، ٤ المدار الأخير (مدار التكافؤ valence orbit) ٤ الكترونات ولذلك يسمى شبه موصل (لا هو موصل ولا هو عازل)

- الجيرمانيوم ٣٢ (٢ ، ٨ ، ١٨ ، ٤)

[2] Energy level مستويات الطاقة

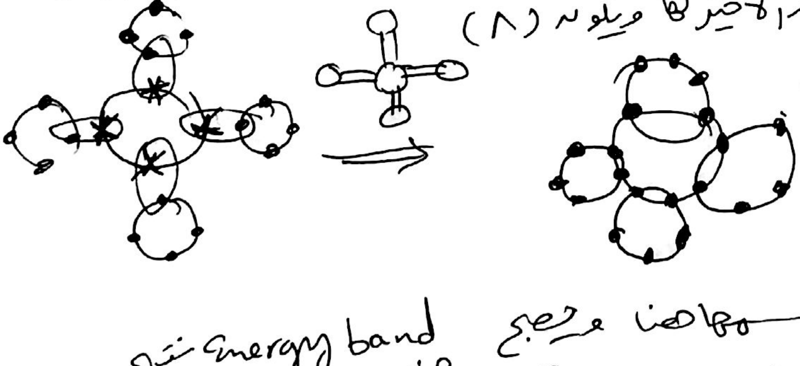
* الشغل المبذول للتغلب على جاذبية النواه يسمى (طاقة) وهو مطلوب لتحريك الالكترون لمستوى طاقة ابعد من النواه ، وكل ما عاوزه يبعد اكتر لمستوى طاقة اكبر كل ما هيحتاج Potential energy اكبر.



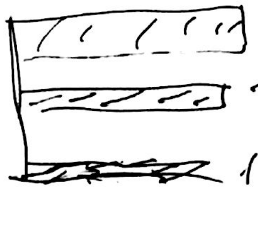
* الطاقة قد تكون في صورة حرارة أو ضوء يمتصها الالكترون ليهرب من النواه {Excitation}
* بعد فترة زمنية من امتصاص الطاقة الحرارية أو الضوئية بيرجع الالكترون تاني ويشع الطاقة اللي امتصها زي فكرة عمل لمبات الـ LED ... فقد الطاقة في شكل ضوء حسب مستوى الطاقة يكون لون الضوء)

[3] Crystals

* من غير المنطقي التعامل مع ذرة واحدة فقط ، بالتأكيد سنتعامل مع مجموعة كبيرة من الذرات وترتيب الذرات في شكل كريستالة للحصول على الحالة (Solid) وذلك من خلال ربط الذرات ببعضها من خلال روابط تساهمية covalent bonds
* الـ Si مثلا المدار الأخير للذرة به 4 الكترونات ... كل ذرة هتسلف ٤ الكترونات من 4 ذرات مجاورين لها ليكتمل المدار الأخير لها ويكون (٨)



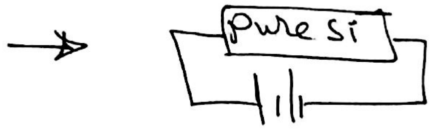
* لاحظ انه اذا فقدت الشبكة البللورية الكترون بسبب اكتسابه طاقة فيترك مكانه فراغ (hole) فجوة
* لاحظ ايضا ان الـ Energy level يتغير اسمها هنا ويصبح Energy band نتيجة وجود عدد من الـ levels في عدد من الذرات مع بعض يكونوا حزمة Band.

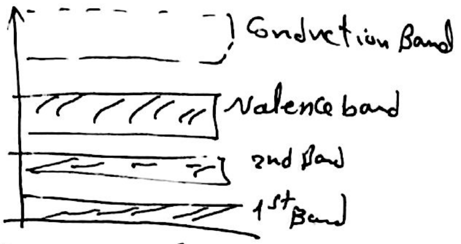


4_ Energy Bands & Conduction in Crystals

(a) at Zero temperature (ا نقرأه تخيل)

* عند الصفر المطلق 0K° = (−273°C) ذرات السليكون تتحد في الكريستاله وتثبت المدار الأخير للإلكترونات بالانويه وارتباطها بالروابط مع الذرات الأخرى الأمر الذي يجعل الإلكترونات من هذا المدار مستقرة (تكاد تكون عازلة) ... والإلكترونات في مستوى الطاقة الأخير يُدعى (Valence Band) التكافؤ

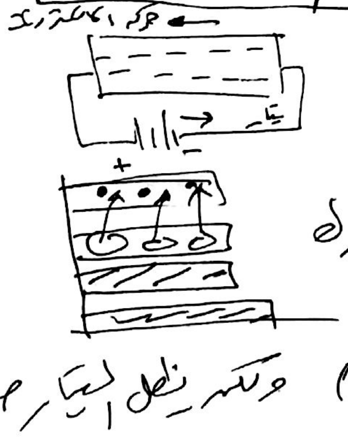




* في البداية لا تكون الإلكترونات تتحرك خلال الكريستاله وتكون مربوطة (tightly held) من خلال Si atoms ... الـ orbit الداخلي يكون منجذب جداً للنواه) والـ orbit الخارجي يكون مربوط بالروابط التساهمية ولا يستطيع كسرة (break) إلا من خلال طاقة خارجية ولذلك يبدو Si النقي كأنه عازل (insulator) لعدم قدرة الإلكترونات في المستويات الخارجية على الحركة .

* تقع الـ Conduction Band (C.B) خلف الـ Valence Band (V.B) وتعتبر المدارات orbits في الـ C.B كبيرة وبعيدة عن النواه وبالتالي تأثير جاذبية النواه عليها مهمل وبالتالي لو استطاعت الإلكترونات الهرب من V.B إلى C.B ستكون قادرة على الحركة من ذرة لذرة أخرى وهذا لا يمكن حدوثه في درجات الحرارة (الصفر المطلق)

(b) at Room temp (300°K = 25°C)



* زيادة درجة حرارة المادة فوق صفر (الحرارة) تقوم بكسر الروابط التساهمية وبالتالي تصبح الإلكترونات قادرة على امتصاص الطاقة لتغادر الـ V.B إلى الـ C.B

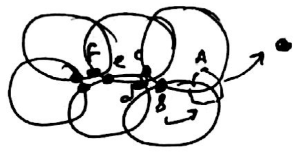
* زيادة الحركة مع تأثير المجال الكهربي (البطارية) يجعل الإلكترون يتحرك ويغادر المدار (Band) شاغراً وبالتالي ينشأ تيار نتيجة حركة الإلكترونات عن شاغر المغادرة يتحرك الإلكترون مكانه hole (شحنة موجبة +ve charge) ولكن يظل التيار صغير مما يجعل المادة لا هي موصلة ولا هي عازلة ← semiconductors

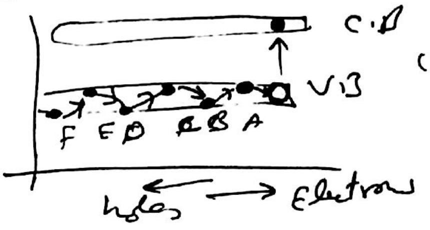
* كلما زادت درجة الحرارة أكثر كلما زادت عدد الإلكترونات المغادرة للـ V.B ويزيد التيار المتولد.

6 hole current

* حركة الالكترونات من ال V.B لل C.B تصبح حركة هولز holes تتولد في V.B مما ينشأ تيار عكس حركة ال هولز holes وبالتالي يمكن القول ان عندنا نوعان من التيار

1 hole current   2 Conduction current

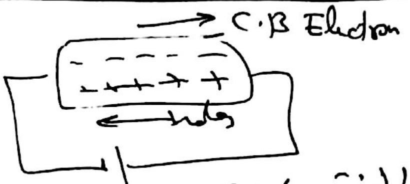




* الالكترون يغادر ويترك هول مكانه (A) ثم يغادر الالكترون B ويحل مكانه المفقود A ويترك هول في مكان آخر وهكذا (B)

---

7 Electron-hole pair



* في الشباه الموصلات النقية كل الكترون في CB يعني وجود hole في ال V.B يعني من الآخر ال Thermal energy process مسؤوله عن توليد Electron-hole pair

---

8 Recombination (اعادة الالتحام)

* عكس ال Conduction Band Electron الاندماج مع ال hole وعملية الدمج يسمى Recombination وتحدث عند فقد الطاقة ملحوظة الالكترونات لسه اهدا (فقد الطاقة في شكل emission انبعاث مثل لمبات LED وبالتالي تختفي ال هولز holes ويكون متوسط الزمن بين ال creation / disappear لل Electron hole pair يعرف باسم life time

---

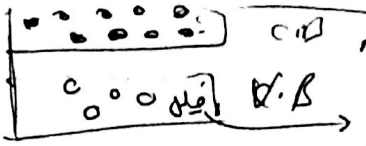
9- Doping

* ال Si في الطبيعة اسمه ال Pure B = intrinsic semiconductors وكانما هو لا يوصل التيار بشكل جيد فهو لا عازل ولا موصل
* نحتاج لاضافة شوائب للمادة لتحسين التوصيلية للتيار (add impurities) وذلك بزيادة no. of conduction electrons / holes
* الشوائب نوعان
  - ذرات ثلاثية التكافؤ Trivalent لجعل المادة Ptype
  - ذرات خماسية التكافؤ pentavalent لجعل المادة n-type

(المادة بعد اضافة الشوائب تسمى Extrinsic semicond)

(4)

a) n-type semiconductors



* للحصول على الكترونات زيادة في C.B نستطيع تطعيم المادة بذرات خماسية التكافؤ Pentavalent atoms

مثل الفسفور (P) ، ارسينيد (As) .. بعد اضافة المواد سيصبح المدار الأخير فيه (4 + 5 = 9 الكترون ∴ سيكتمل المدار الأخير بـ 8 ويكون هناك الكترون زيادة حر free electron extra ← ينتقل للـ (C.B)

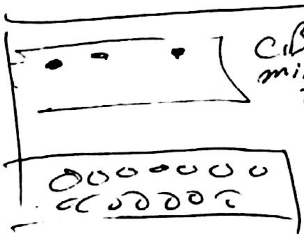
* بزيادة عدد الشوائب المضافة سيزيد عدد الـ C.B
* لا ننسى أنه لا زالت الطاقة حرارية تولد electron hole pairs ولكن أقل بكثير طبعاً من الـ Electrons الناتج من الـ doping

* عكس القول ان Conduction Band Electrons ← (Majority carriers الأكثرية) و (Few holes) الحاصلة من خلال Thermal energy (Minority carriers الأقلية E)

* نوع الـ semiconductor = n-type

وتسمى الـ pentavalent atoms = donors لأنها تمنح الالكترون في C.B

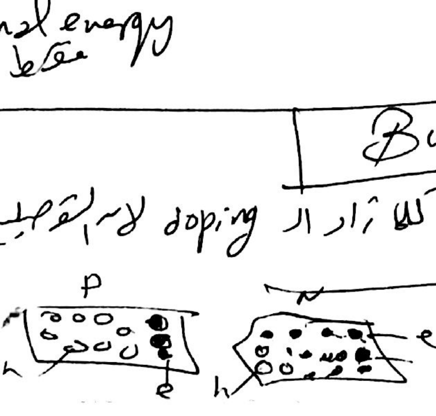
b) P-type semiconductor



* اضافة شوائب (ذرات ثلاثية التكافؤ) Trivalent atoms ⟵ (Al, boron, Ga) لـ Pure Si (intrinsic) للحصول على فجوات زيادة في الـ VB

(4 Electron + 3 elec = 7 ← ناقص الكترون = 1 فجوة)

* التحكم عدد الـ holes يكون بزيادة او نقصان الـ impurities
* الـ majority carriers هنا هي holes (كثير من doping + Thermal) و minority هي electrons (كثير من Thermal energy فقط)

Bulk Resistance

* الـ doped SC له مقاومة تسمى Bulk res. تقل كلما زاد الـ doping لأن التوصيلية هتزيد