3- المواد (materials)

تنقسم المواد من حيث قابليتها على التوصيل الكهربائي الى ثلاث انواع وهي

1- المواد الموصلة(Conductive materials):

وهي المواد التي يمكن لإلكترونات المدار الخارجي فيها أن تتحرر من ذراتها وتتحرك حركة عشوائية بين الذرات، وإذا تعرضت لفرق جهد (أي الالكترونات) يتشكل تيار كهربائي من امثلة المواد الموصلة كهربائياً : الفضة، النحاس،الالمنيوم وعموم المعادن.

2- المواد العازلة(Dielectric materials):

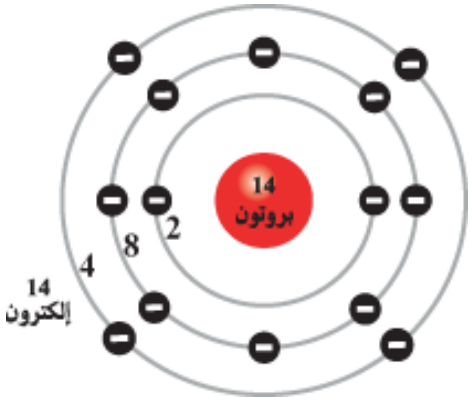
وهي المواد التي تشتد فيها قوة جذب النواة لإلكترونات المدار الخارجي فلا تستطيع الخروج من الذرة. ومن أمثلة المواد العازلة للكهرباء: الورق، الزجاج، الميكا، البلاستيك، المطاط وغيرها

3- المواد اشباه الموصلات(Semiconductive materials):

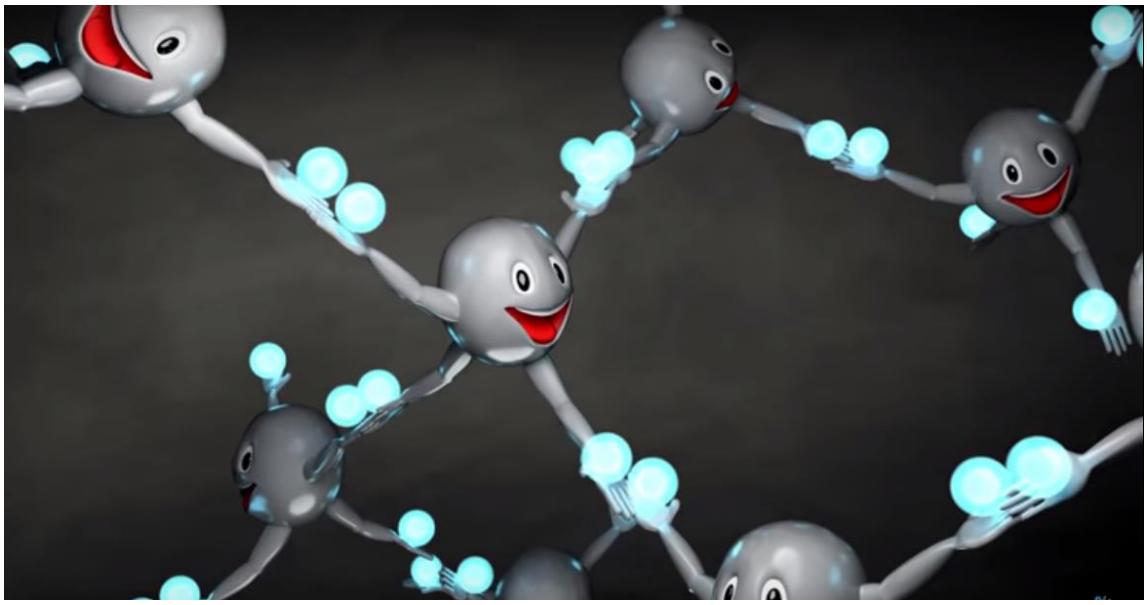
من المعروف أن الذرة هي أصغر جزء في العنصر، وطبقاً نموذج بور (Bohr model) التقليدية فان الذرة (Atom) تحتوى على نواة (Nucleus) مركزية محاطة بسحابة من الالكترونات سالبة الشحنة تدور في مدارات اهليجية حول النواة.

تكوين الذرة: تحتوي النواة على نوعين من الأجسام، أحدها موجب الشحنة ويطلق عليها بروتونات (Protons)، والثاني متعادل الشحنة يطلق عليها نيوترونات (Neutrons) ويدور حول النواة الكترونات (Electrons) سالبة الشحنة في مدارات ثابتة.

تنتمي مادتي السيليكون والجرمانيوم إلى عائلة أشباه الموصلات، تحتوي كل من ذرتي السيليكون والجرمانيوم على أربعة الكترونات تكافؤ(valence electrons) ، (الكترونات التكافؤ هي الكترونات ذات الطاقة الاعلى وتشغل الاغلفة الخارجية (valence shell) الابعد عن النواة لتلك الذرة وتساهم هذه الالكترونات في التفاعلات الكيميائية التي تحدد الخواص الالكترونية للمادة) والاختلاف بينهما هو أن ذرة السيليكون تحتوي على 14 بروتون في النواة بينما ذرة الجرمانيوم تحتوي على 32 بروتون وتوزع الالكترونات على المدارات حسب العلاقة $(2n^2)$ حيث ان n تمثل رقم المدار . ويوضح الشكل(6) التركيب الذري لمادة السيليكون وتوزيع الالكترونات على المدارات الثلاثة .



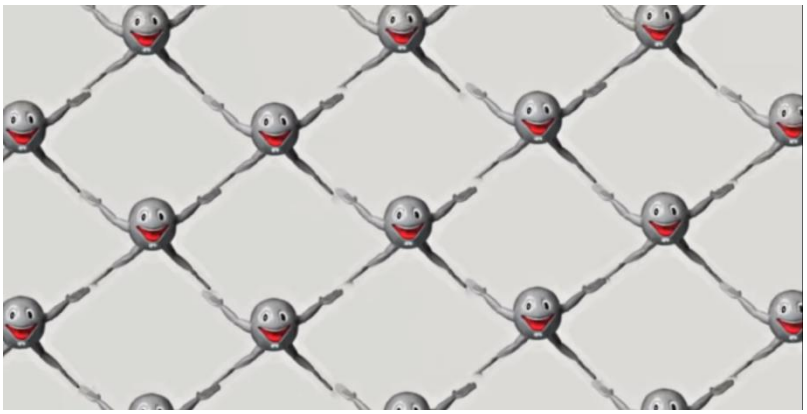
الشكل (6) التركيب الذري للسليكون



الشكل (7) شكل توضيحي لترابط ذرات السيلكون مع بعضها

يمكن الحصول على السيليكون Silicon (**Si**) من الرمل (sand) والذي بدوره يكون متوفر ومتاح ويمكن الحصول علية وبسهولة من الارض . يدخل الرمل عمليات تنقية معقدة حيث يمزج الرمل مع الكاربون تحت حرارة (2000 °C) ينتج عنة سليكون خام وبنقاء 98% بعد ذلك يتم

تحويل السيليكون الخام الى مركب غازي من السيليكون ثم يتم خلطة مع الهيدروجيين للحصول على درجة عالية من النقاء السيليكون متعدد الكريستالات (Polycrystalline Silicon) يتم اعادة تشكيلها على شكل سبائك من السيليكون .

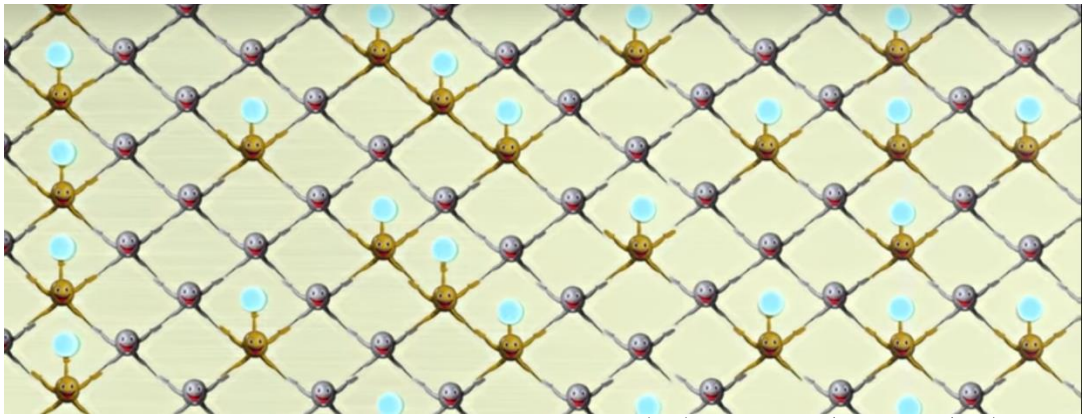


شكل توضيحي للتركيب الذري للسيلكون النقي صورة لعنصر السيليكون

الشكل (8)

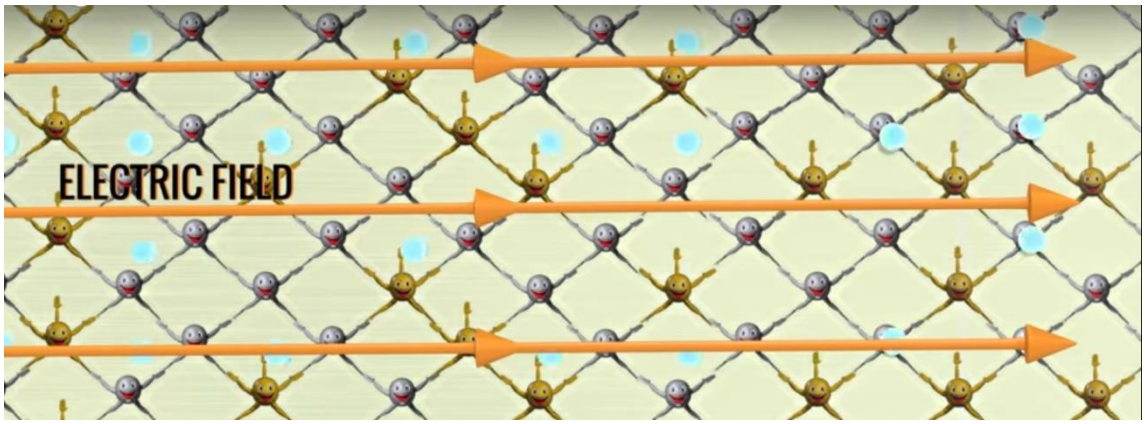
3.1- الاشابة (Doping)

في الحقيقة ان السيليكون النقي يكون اقرب الى المواد العازلة من المواد الموصلة كون التركيب الذري لا يوجد فية أي الكترون حر لذلك يتطلب عمل اشابة (Doping) وهي عملية حقن مادة ما (مانحة) الى مادة أخرى (قابلة) وعلية نضيف الفسفور (P) خماسي الكترونات التكافؤ (المانحة) الى مادة السيليكون (القابلة) وبهذا نحصل على مادة من نوع N اي لديها الكترون حرواحد لكل ذرة قابل للحركة والانتقال بحرية اذا تاثر بموثر خارجي. وكما موضح في الصورة التالية.



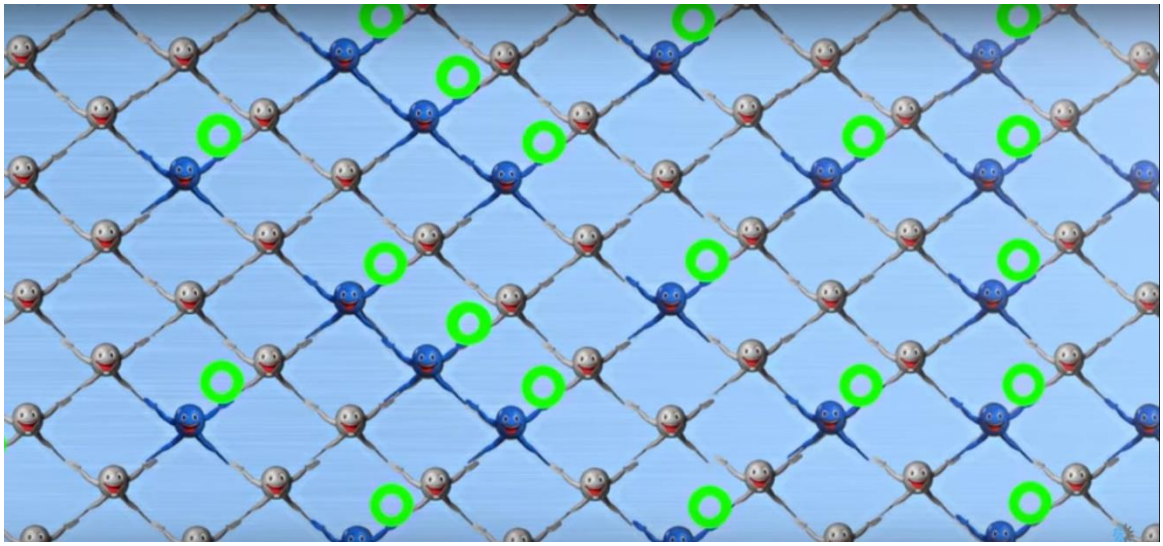
الشكل (9) شكل توضيحي لعملية الاشابة (Doping) N-type

فاذا تم تسليط مجال كهربائي خارجي على هذه النوع من السيلكون المشاب فان الالكترونات الحرة سوف تتحرك بشكل عشوائي لا ينتج عنة اي تيار يمر في الحمل لا اذا تم تسليط علية قوة دافعة لتوجية الالكترونات للحركة باتجاه محدد كما في الشكل (10).



الشكل (10)

وفي حالة مشابهة للحصول على سيليكون من نوع P-type يتوجب اشابة السيليكون بمادة البرون (B) ثلاثية الكترونات التكافؤ والذي ينتج عنه فجوه (Hole) واحدة لكل ذرة وكما موضح في الشكل (11) .



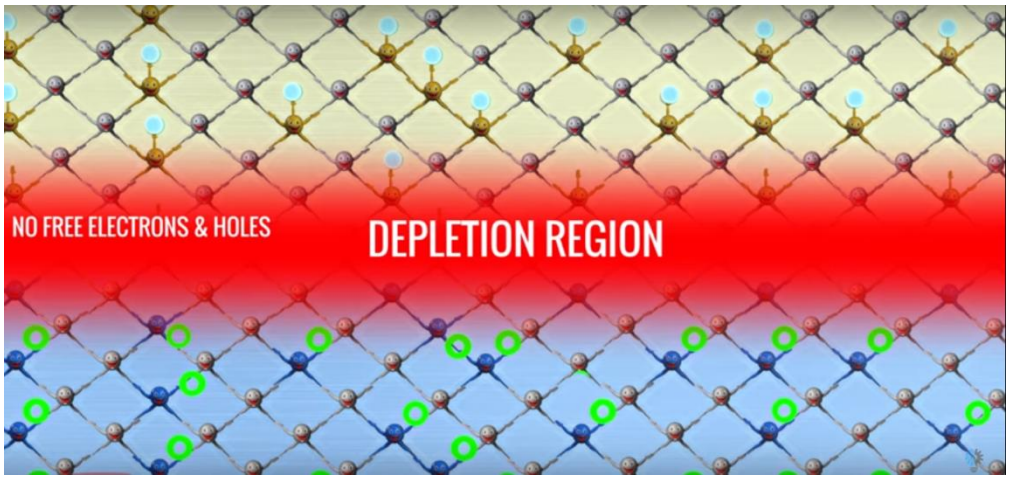
الشكل (11) شكل توضيحي لعملية الاشابة (Doping) P-type

قد تتسائل لماذ هذا النوع الجديد من السيليكون ؟ سسليكون نوع (n) وسيليكون نوع (p) ، وما فائدة هذا الانواع الجديدة في تصنيع العناصر الالكترونية ؟ ولماذا كل هذا الحديث عن هذا الانواع الجديدة ؟

ان اللبلورات السسيليكونية الجديدة المشابة هي نواقل وبالتالي فان لدينا نوعين من النواقل ، الاول وهو السيليكون نوع (n) يحقق الناقلية من خلال حركة الالكترونات والثاني وهو نوع (p) يحقق الناقلية من خلال حركة الثقوب ، وهذا الشيء هام جدا ، لان اسلوب نقل التيار الكهربائي في النوعين هام جداً في تصميم العناصر الالكترونية كالدايود والترانزستورات والخلايا الشمسية (solar cells) .

PN – junction -3.2

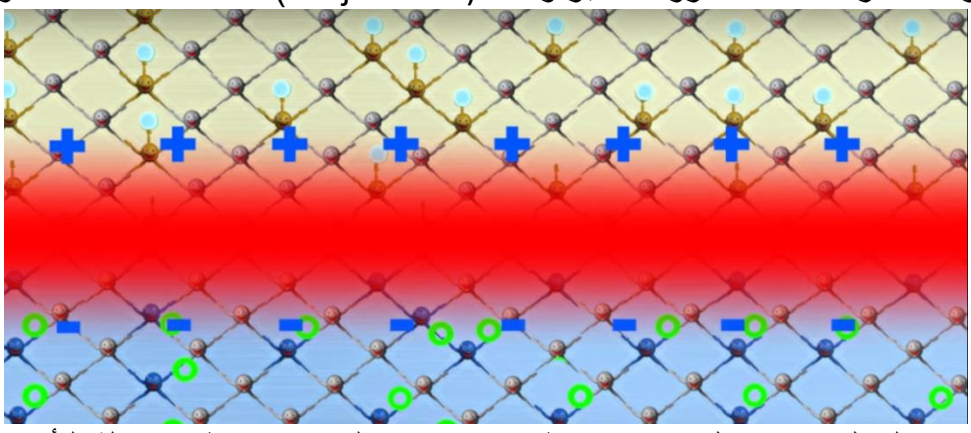
بعد ان حصلنا على النوعيتين لمادة السيليكون(N-type , P-type) نعمل على ايجاد وصلة بينهما (PN-junction) حيث نلاحظ ظهور منطقة فاصلة بين النوعيتين تسمى (depletion region) او منطقة الاستنزاف وكما موضح في الشكل (12) .



الشكل (12) شكل توضيحي يظهر به منطقة النضوب بعد وصلة نوعيتين من السيليكون

حيث تنتقل الالكترونات الحرة القريبة لملئ الفجوات القريبة منها وبذلك تكون هذة المنطقة خالية من حاملات الشحنة الاغلبية (الالكترونات في منطقة N-type والفجوات الحرة في منطقة P-type) بسبب هذه الهجرة او الانتقال للالكترونات من المنطقة المحاذية PN-junction ستظهر حال

التأين (ionization) ستكون بعض الشيء موجبة الشحنة في منطقة N-type وسالبة الشحنة في منطقة P-type وكما موضحة في الشكل (13) . حيث يتولد فرق جهد بين النوعتين من السيليكون المشاب حيث يعمل فرق الجهد هذا على منع عبور او هجرة الكترونات إضافية عبر وصلة (PN-junction) ويسمى هذا الجهد (بحاجز الجهد Potential Barrier) ويعتمد مقدار حاجز الجهد الدايود على نوع مادة شبة الموصل المستعملة ونسبة الشوائب المطعمة بها ودرجة حرارة المادة . وتتوقف هجرة انتقال الالكترونات عبر وصلة (PN-junction) عندما تحصل حالة التوازن .



الشكل (13) شكل توضيحي يظهر به هجرة الالكترونات وظهور حالة التأين