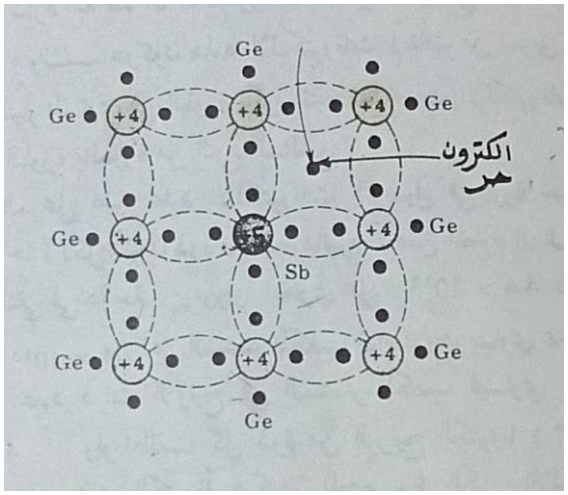
3 - شبه الموصل المشوب :

لوحظ مما سبق ان بالإمكان التحكم بتوصيل أشباه الموصلات بواسطة الحرارة ولكن الناحية العملية يجب الابتعاد جهد الامكان عن هذه الطريقة حيث ان تغيير درجة من الحرارة أمر غير مرغوب فيه بالنسبة للعناصر المصنعة من اشباه الموصلات عليه يجب ايجاد طريقة أخرى للتحكم من توصيلاتها . ومن أنسب الطرق هي اضافة نسب قليلة ومحدودة من الشوائب impurities الى بلورة شبه الموصل ، وتدعى هذه العملية بالتطعيم doping و تعرف كمية الشوائب المضافة بمنسوب التطعيم doping level والشوائب على نوعين مانحة أو معطية للالكترونات donor واخذة أو قابلة للالكترونات acceptor وتصنف البلورة في الحالة الأولى كونها من النوع السالب (n) أي او اختصاراً n - type كما وتصنف البلورة الآخذة للالكترونات بأنها من النوع الموجب (p) أي positive negative type crystal type crystal او اختصارا p - type

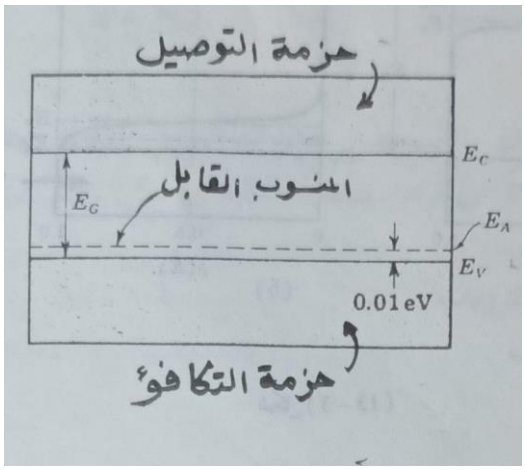
3-6 البلورة من النوع السالب

اذا طعمت بلورة الجرمانيوم او السيليكون بذارت عنصر ذي خمس الكترونات تكافؤية اى من المجموعة الخامسة في الجدول الكيمياوي الدوري) كالفوسفور او الزرنيخ أو الانتيمون فان اربع الكترونات تكافؤية من الذرة الشائبة سترتبط باواصر تساهمية مع الكترونات البلورة بينما يبقى الالكترون الخامس زائدا بحيث ان طاقة صغيرة تكفي لتحريره الى حزمة التوصيل ، ويبين الشكل (3-9) التركيب البلوري لبلورة الجرمانيوم المطعمة بالا نتيمون.



الشكل (3-9)

ولاتتعدى قيمة هذه الطاقة اللازمة لتحرير الالكترون الخامس عن 0.01 eV للجرمانيوم و 0.04 ev للسيليكون المشويتان بالانتيمون اما مصدر هذه الطاقة فلا يتعدى حرارة واطئة نسبيا وتساهم هذه الالكترونات عندئذ في عملية التوصيل الكهربائي كما . هي البلورات النقية عند مساهمة الالكترونات المحفزة (حراريا) في التوصيل الأصيل intrinsic conduction وتسمى الشوائب أعلاه بالمانحة للإلكترونات donors وان الطاقة المكتسبة ستضيف مستوى للطاقة جديد يسمى المعطى donor level ضمن الحرمة المحظورة على مسافة من حزمة التوصيل يساوي0.01 eV في الجرمانيوم و 0.04 eV في السيليكون كما مبين في الشكل 10-3.



شكل 10-3

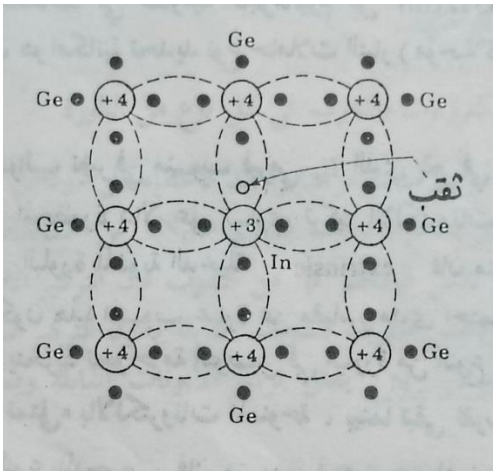
مما تجدر الاشارة اليه هنا ان الالكترونات لا تترك ثقوباً في حزمة التكافؤ كما . هي سميت هذه البلورة بالبلورة من النوع السالب البلورة النقية والسبب هو كون هذه الالكترونات لم تات من تمزيق اواصر تساهمية فإن غالبية التيار المساوي في البلورة يكون نتيجة شحنات الالكترونات (السالبة) فقط ولذا سميت هذه البلورة بالبلورة من النوع السالب .

3 - البلورة من النوع الموجب

عند اضافة شائبة ذات تكافؤ ثلاثي (المجموعة الثالثة في الجدول الدوري الكيمياري كالالمنيوم او البورون او الانديوم مثلاً الى بلورة الجرمانيوم او السيليكون فان ثقباً (شاغر)

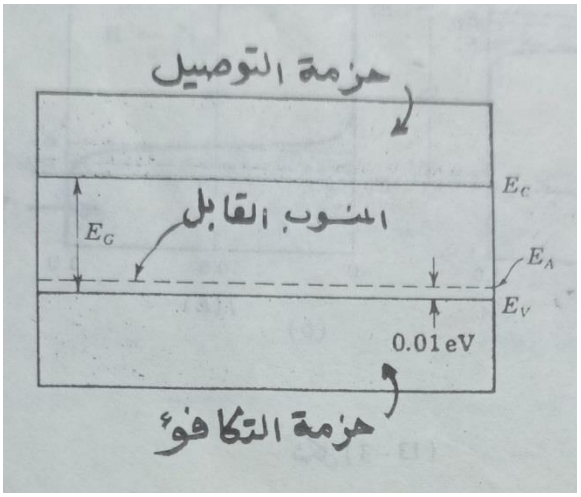
واحداً سيتولد نتيجة كل ذرة من ذرات الشائب المضاف كما مبين في الشكل (11-3) وتكون هذه الثقوب مستعدة لاستقبال الكترونات التكافؤ من ذرات شبه الموصل المجاورة تاركة تقوباً جديدة في البلورة. والنتيجة هي حركة عشوائية للثقوب . ولا تحتاج هذه العملية سوى طاقة قليلة جدا

ســـوى طاقة قليلة جدا لتحرير الكترونات التكافؤ اولاً وفى حالة تســـليط مجال كهربائي على البلورة فإن حركة الثقوب ستنتظم وتنساق نحو النهاية السالبة من البلورة مسببة مجرى تيار ، وواضـــح ان الثقوب هنا تشـــكل غالبية الحاملات للتيار اما الالكترونات الطليقة فتمثل اقلية الحاملات نظراً لازدياد تناقصـــها نتيجة توافر العدد الكبير من الثقوب ، عليه فالبلورة المنتجة بهذا النوع من التطعيم تعتبر من النوع الموجب p-type وتعتبر الشـــوائب المضـــافة من القابلة acceptor لتقبلها الالكترونات من ذرات البلورة النقية نوع



الشكل (3 - 11)

وكما كان الحال في الشوائب المانحة فان الشوائب القابلة تكون مستويات طاقة جديدة ضمن الحزمة وعلى مسافة قريبة جداً من حزمة التكافؤ يطلق عليها المنسوب القابل acceptor (كما في الشكل (3-12 (يبلغ بقيمته حوالي eV0.01 بالنسبة للجرمانيوم المطعم بالانديوم وحوالي e70.16 للسيليكون المطعم بالانديوم . level



شكل (12-3)