



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة القادسية - كلية العلوم
قسم الكيمياء

دراسة الخواص الضوئية والكهربائية لبعض اشباه الموصلات

(بحث مقدم الى مجلس كلية العلوم /قسم علوم الكيمياء

/جامعة القادسية وهو جزء من متطلبات نيل درجة

البكالوريوس في علوم الكيمياء)

اعداد الطالب

ذو الفقار كاظم هلال

بأشراف الدكتور

أ.م. احمد كاظم الحساوي

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

زَوَالِقَلَمٍ وَمَا یَسْطُرُونَ (1) مَا أَنْتَ بِنِعْمَةِ رَبِّكَ

بِمَجْنُونٍ (2) وَإِنَّكَ لَلْأَجْرَ غَیْرِ مَمْنُونٍ (3)

صدق الله العلي العظيم

سورة القلم

آية 1-3

الإهداء

إلى : الذي لولاه لما مسكت أنا ملي قلماً... عنوان التغاني والإيثار...

ومنبت العز والغفوان... والدي الحبيب (حفضه الله)..

إلى : التي كلما نطقت شفاها كانت بالدعاء لنا... نبع الحنان الصافي...

ورمز التغاني والتضحية... وعنوان المحبة والإخلاص.. والدتي الحنون..

إلى: من أشد بهم أزمي ... عنوان المحبة...

أعز ما في الحياة اخوتي وأصدقائي

إلى: الشموع التي انارت طريقي وزينت دربي.....

صانعي الاجيال وبناء المجتمع اساتذتي الافاضل

إلى: من أرتوت الأرض بدمائهم شهداء العراق الأبرار

وبالأخص إلى ارواح شهداء مدينتي الحبيبة

أهدي هذا الجهد المتواضع.

الشكر والتقدير

- الحمد لله الذي اثار لنا درب العلم والمعرفة وعاننا على هذا الواجب ووفقنا لانجاز هذا العمل .
- توجه بجزيل الشكر والامتنان الى كل من ساعدنا من قريب او بعيد على انجاز هذا العمل .
- وفي تذليل ما واجهنا من صعوبات ونخص بالذكر الدكتور (احمد كاظم الحسناوي) الذي لم يخل علينا في توجيهاته ونصائحه التي كانت عوناً لنا في اتمام هذا البحث .
- ولا يفوتنا ان نشكر جميع الكادر التدريسي في كلية العلوم قسم علوم الكيمياء .

ومن الله التوفيق

أشباه الموصلات SEMICONDUCTORS:

تعرف اشباه الموصلات بانها مواد عازلة عند درجات الحرارة المنخفضة ولكنها تمتلك قدراً معيناً من التوصيلية الكهربائية عند ارتفاع حرارتها .

يمكن تقسيم المواد الصلبة الى ثلاث اصناف عازلة وشبه موصلة وموصلة ويبين الشكل (1) التوصيلية الكهربائية conductivities والمقاومة النوعية لعدد من المواد ذات أهمية والواقعة ضمن هذه الأصناف ونلاحظ ان للمواد العازلة كالزجاج والكوارتز (Quartz) توصيلية واطئة جداً في حدود $(10^{-6}-10^{-8})$ S/cm في حين نجدها في المعادن كالألومنيوم والفضة عالية جداً وعادة في حدود (10^4-10^6) S/cm وإما المواد شبه الموصلة فتقع بين هذين النظامين . [1]

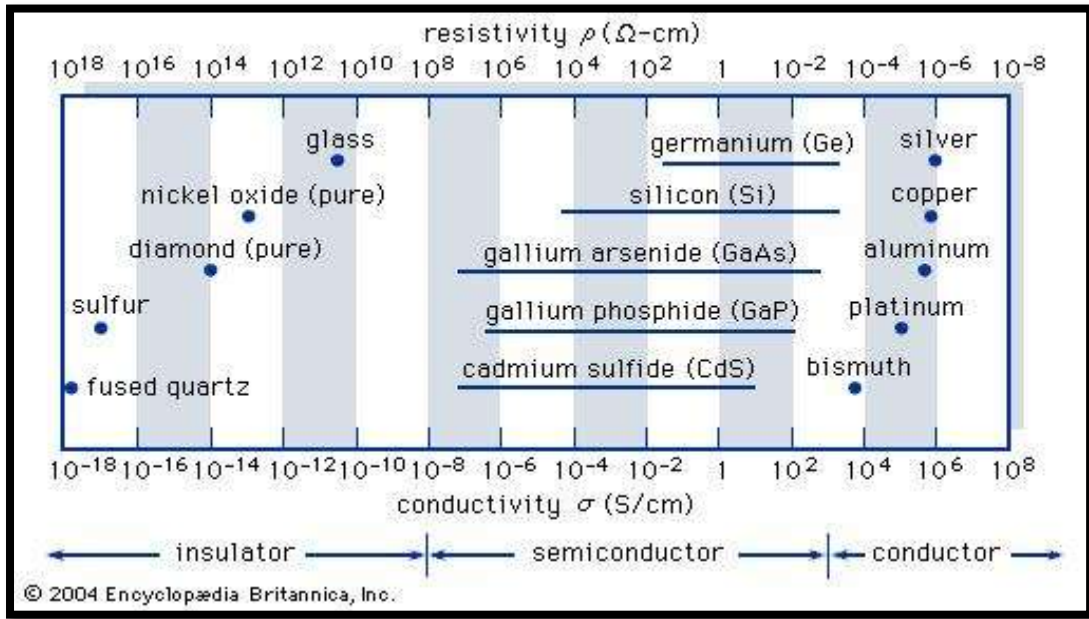
تتأثر توصيلية شبه الموصل بالحرارة والضوء والمجال المغناطيسي وتؤثر فيها وجود كميات ضئيلة من الذرات الشائبة وان حساسية شبه الموصل تجاه هذه العوامل تجعل منه مادة بالغة الأهمية في التطبيقات الالكترونية .

كان استخدام شبه الموصل قبل ظهور الترانستور في (1946) يقتصر على صناعة النبائط ذات الطرفين Two-terminal devices كالمقومات rectifiers والثنائيات الضوئية photodiodes وكان والجرمانيوم في اوائل الخمسينات المادة شبه الموصله الرئيسيه المستخدمه الا ان عدم صلاحياتها ثبت في الكثير من التطبيقات أذ ان النبائط المصنعة منها

عانت من تيار تسرب عال عند درجات حرارة ليست عاليه كثيراً . وقد استخدم السليكون منذ بداية الستينات بديلاً عن الجرمانيوم وكاد ان يطغي عليها كلياً بوصفه مادة رئيسية في صناعة شبه الموصلات، ومن الاسباب الرئيسية التي جعلت السليكون المادة

المستخدمة في النبائط هي الضالّة المتناهية لتيار التسرب فيها وسهولة اكسدتها لتكوين ثاني اوكسيد السليكون عالي الجودة عن طريق الانماء الحراري وفضلاً عن ذلك فأن السليكون في الوقت الحاضر هو اخص المواد الشبه موصلة الداخلة في النبائط مقارنة بالمواد شبه الموصلة الاخرى .

تعتمد موصلية أي مادة على عدة الالكترونات الموجودة لكل وحدة حجم من المادة وتزيد الموصلية بزيادة هذا العدد . [2]



الشكل رقم (1) : التوصيلة الكهربائية للمواد الصلبة .

تاريخ لأشباه الموصلات

للمزيد من المعلومات :خط زمني للهندسة الكهربائية والإلكترونية

يبدأ تاريخ فهم أشباه الموصلات مع عقد تجارب حول الخصائص الكهربائية للمواد. لوحظت خصائص معامل درجة الحرارة السلبية للمقاومة والتصحيح وحساسية الضوء بداية من أوائل القرن التاسع عشر.

كان توماس يوهان سيبك أول من لاحظ أثر يرجع لأشباه الموصلات، عام 1821 [9]. عام 1833، أشار مايكل فاراداي إلا إنخفاض مقاومة عينة من كبريتيد الفضة بتسخينها. ويخالف هذا سلوك المواد المعدنية مثل النحاس. عام 1839، كشف ألكسندر إدومون بكير عن رصد الجهد الكهربائي بين الكهرلات الصلبة والسائلة عند اضطدامها بالضوء، أثر الألواح الضوئية. عام 1873، أشار ويلوبي سميث إلى أن مقاومات السليوم تظهر انخفاضاً في المقاومة عند تعريضها للضوء. عام 1874، قام كارل فرديناند براون برصد التوصيلية والموحية في الكبريتيدات الفلزية، على الرغم من أن هذا التأثير تم اكتشافه قبل ذلك بكثير من قبل بيتر مونك من روزنشولد (sv) الذي كان يكتب في *Annalen der Physik und Chemie* عام 1835، وتوصل آرثر شوستر إلى أن طبقة أكسيد النحاس الموجودة على الأسلاك تتمتع بخصائص موحية تتوقف عند تنظيف الأسلاك. قام وليام كريلز آدمز وريتشارد إيفانز داي برصد الأثر الضوئي في السليوم عام 1876 [4].

تطلب التفسير الموحد لهذه الظواهر نظرية فيزياء الحالة الصلبة والتي تم تطويرها بشكل كبير في النصف الأول من القرن 20. عام 1878، عرض إدوين هيربرت هال انحراف ناقلات الشحنة المتدفقة بعد تعريضها لمجال مغناطيسي، تأثير هال. اكتشاف الإلكترون بواسطة ج. ج. طومسون عام 1897 عزز نظريات التوصيل القائمة على الإلكترون في المواد الصلبة. كارل بايدكر، برصده تأثير هال مع عكس علامته في الفلزات، وضع نظرية مفادها أن ليوديد النحاس ناقلات موجبة الشحنة. قام يوهان كوينيغسگر عام 1914 بتصنيف المواد الصلبة كفلزات، عازلات، و"موصلات متغيرة" على الرغم من أن تلميذه جوزف قايس كان قد طرح بالفعل مصطلح *Halbleiter* (أشباه الموصلات بالمعنى الحديث) في أطروحته للدكتوراه عام 1910 نشر فليكس بلوك نظرية حركة الإلكترونات عبر الشبكات الذرية عام 1928. وفي عام 1930، أعلن ب. جودن أن الموصلية في أشباه الموصلات كانت بسبب التركيزات الطفيفة من الشوائب. بحلول عام 1931، كانت نظرية نطاق الموصلية قد تأسست بالفعل

بواسطة ألان هريس ويلسون ومفهوم فجوات الحزم قد تم تطويره. طور فالتر ه. سكوتكي ونثيل فرانسيس موت نماذج للناقل المحتمل وخصائص ترتباط الفلزات وأشباه الموصلات. بحلول عام 1938، كان بوريس دافيدوف قد طور نظرية موحد أكسيد النحاس، محددًا أثررابطة پ-ن وأهمية الناقلات الصغرى وحالات السطح.[5]

الاتفاق بين التوقعات النظرية (استناداً إلى تطوير ميكانيكا الكم) والنتائج التجريبية كان ضعيفاً في بعض الأحيان. تم تفسير هذا لاحقاً بواسطة جون باردين نتيجة للسلوك القوي "الحساس هيكلياً" لأشباه الموصلات، التي تتغير خصائصها بشكل كبير تبعاً لكميات القليلة من الشوائب. المواد النقية تجارياً في فترة العشرينيات كانت تحتوي على نسب متفاوتة من الملوثات النزرة أدت إلى نتائج تجريبية مختلفة. حفز هذا تطوير تقنيات تكرير المواد المحسنة، الذي بلغ ذروته في المصافي الحديثة لأشباه الموصلات لإنتاج المواد التي يبلغ نقائها جزء من الترليون.

اعتمد استخدام أشباه الموصلات في البداية على المعرفة التجريبية، قبل أن توفر نظرية أشباه الموصلات دليلاً لإنشاء المزيد من الأجهزة القادرة والموثوقة.

استخدم ألكسندر گراهام بل الخصائص الحساسة للضوء للسليوم من أجل نقل الصوت على شعاع الضوء عام 1880. تم إنشاء خلية شمسية عاملة منخفضة الكفاءة بواسطة تشارلز فريتس عام 1883 باستخدام صفيحة معدنية مغطاة بالسليوم وطبقة رقيقة من الذهب؛ الجهاز الذي أصبح مفيداً تجارياً في قياس الضوء الفوتوغرافي في الثلاثينيات تم استخدام محولات للكشف عن موجات صغرية مصنوعة من كبريتيد الرصاص من قبل جاگدیش چاندر بوز عام 1904؛ يستخدم كاشف قطة ويسكر الكالنا أو مواد أخرى أصبحت شائعة في تطور الراديو. ومع ذلك، كان لا يمكن التنبؤ به إلى حد ما في العملية، وكان يتطلب التعديل اليدوي من أجل لوصول لأفضل أداء. عام 1906 قام ه. ج. لوسف برصد انبعاث ضوئي مشابه عام 1922 لكن في ذلك الوقت أصبح التأثير

غير مستخدم عملياً. موحّدات الطاقة، والتي تستخدم أكسيد النحاس والسليكون، تم تطويرها في العشرينيات، وأصبحت ذات أهمية تجارية كبديل لموحّدات الصمام المفرغ. [6]

في السنوات التي سبقت الحرب العالمية الثانية، أدت أجهزة الكشف والاتصالات بالأشعة دون الحمراء إلى إجراء أبحاث على مادة كبريتيد الرصاص وسيلينيد الرصاص. استخدمت هذه الأجهزة في الكشف عن السفن والطائرات، لعدادات الأشعة تحت الحمراء، وأنظمة الاتصالات الصوتية. أصبح الكاشف البلوري أمراً حيوياً لأنظمة الراديو الصغروية، حيث أن أجهزة الأنابيب المفرغة المتاحة لا يمكنها العمل ككواشف للموجات التي تزيد عن 4000 م.هرتز؛ تعتمد أجهزة الرادار المتقدمة على استجابة الكواشف البلورية الأكثر سرعة. أثناء الحرب عقدت الأبحاث والتطويرات الموسعة لمواد السليكون من أجل تطوير الكواشف ثابتة الجودة.

لا يمكن لمحاولات الكواشف والطاقة تضخيم الإشارة. بذلت الكثير من الجهود لتطوير مضخم الحالة الصلبة وكانت ناجحة في تطوير جهاز يسمى نبيطة الاتصال النقطي والذي يمكنه تضخيم 20 د.ب وأكثر. عام 1922 قام أولگ لوسف بتطوير مضخمات المقاومة السلبية ذات المخرجين للراديو، ولقى حتفه في حصار لينينغراد بعد الانتهاء بنجاح. عام 1923 حصل يوليوس إدگار ليلينفلد على براءة اختراع جهاز يمثل الترانزيستور الحديث، لكنه لم يكن عملياً. قام ر. هيلش ور. و. پول عام 1938 باستعراض مضخم الحالة الصلبة باستخدام هيكل يمثل شبكة التحكم في الأنابيب المفرغ؛ على الرغم من أن هذا الجهاز يظهر توفيراً في الطاقة، إلا أن تردد القطع الخاص به يبلغ دائرة واحدة في الثانية، بطيء للغاية لأي تطبيقات عملية، لكنه تطبيقاً فعالاً للنظرية المتاحة في معامل بل، بدأ وليام شوكلي وأ. هولدن في فحص مضخمات الحالة الصلبة عام 1938. وتم رصد أول تقاطع پ-ن في السليكون بواسطة روسل أول عام 1941، عندما توصل إلى حساسية إحدى العينات للضوء مع حداً فاصلاً بين شائبة النوع پ عند

إحدى النهايات وشائبة النوع ن عند الطرف الآخر. تطور قطع شريحة من العينة عند الحد پ-ن إلى جهد كهربى عند تعريضها للضوء [7].

الفصل الاول

الأكاسيد والكبريتيدات الشبه موصله

الأكاسيد والكبريتيدات الشبه موصلة

أشباه الموصلات، هي مواد تقع قيمة موصليتها الكهربائية بين المواد الموصلة - مثل النحاس، والذهب، وغيرها- وبين المواد العازلة، مثل الزجاج. تنخفض مقاومتها مع ارتفاع درجة الحرارة، المخالف لسلوك الفلزات. كما يمكن لمجال كهربائي خارجي تغيير درجة مقاومة شبه الموصل. فالأجهزة والمعدات التي يدخل في تصنيعها، مواد شبه موصلة هي أساس الألكترونيات الحديثة والتي تشمل الراديو والكمبيوتر والهاتف والتلفزيون وأجهزة أخرى كثيرة. والأجزاء الألكترونية التي تعمل بأشباه الموصلات تشمل الترانستور والخلايا الشمسية والصمامات الثنائية والثنائيات باعثة الضوء وموحدات التيار التي تعمل بالسيليكون، والدوائر المتكاملة التماثلية والرقمية.

وكما تمثل ألواح الطاقة الشمسية أكبر مثال لأجهزة التي تعمل بالمواد شبه الموصلة، حيث تقوم بتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية.

في الموصلات المعدنية تقوم الألكترونات بنقل التيار الكهربائي، اما في أشباه الموصلات فينتقل التيار الكهربائي عن طريق سيل من الإلكترونات تتجه إلى القطب الموجب، مصحوبا بسيل من الفجوات (ذات شحنة موجبة) خلال البناء الذري للمادة تتجه إلى القطب السالب. يساعد على تكون تلك الفجوات الإلكترونية الموجبة تشويب المادة الشبه موصلة مثل الجرمانيوم بمشوب من مادة أخرى. [8]

ويستخدم السيليكون لتصنيع معظم الأجهزة التجارية التي تحتوي على مواد شبه موصلة، كما تستخدم مواد أخرى كثيرة منها الجرمانيوم وزنيخ الجاليوم الثلاثي وكربيد السيليكون. ويعرف شبه الموصل النقي بشبه موصل "أصيل". ويتم تحسين التوصيلية، القدرة على توصيل الكهرباء، بإضافة عناصر أخرى تسمى "الشوائب" عن طريق صهرها وتركها لتبرد لتكون بلورة جديدة ومختلفة عن الأصلية وتسمى هذه العملية بعملية التشويب (إضافة شوائب إلى مادة نقية).

الخصائص

الموصلية المتغيرة

أشباه الموصلات في حالتها الطبيعية تكون موصلات ضعيفة لأن التيار يتطلب تدفق للإلكترونات، وتتمتع أشباه الموصلات بنطاقات تكافؤ مملوءة، مما يعوق دخول تيار الإلكترونات الجديدة. هناك العديد من التقنيات المتطورة والتي تسمح

إن أشباه الموصلات في حالتها الطبيعية هي موصلات ضعيفة لأن التيار يتطلب تدفق الإلكترونات ، وأشباه الموصلات لديها شرائط تمددها تملأ ، مما يمنع تدفق دخول الإلكترونات الجديدة. هناك العديد من التقنيات المتقدمة التي تسمح للمواد شبه الموصلة بالتصرف مثل إجراء المواد ، مثل المنشطات أو الناظمة. تحتوي هذه التعديلات على نتيجتين: n-type و p-type. تشير هذه إلى الزيادة أو النقص في الإلكترونات ، على التوالي. قد يتسبب عدد غير متوازن من الإلكترونات في تدفق التيار عبر المادة.

الوصلات المتغيرة

تحدث Heterojunctions عندما يتم ربط نوعين من المواد شبه الموصلة المختلفتين معًا. على سبيل المثال ، يمكن أن يتكون التكوين من germanium p-doped و n-doped. هذا يؤدي إلى تبادل الإلكترونات والثغوب بين المواد شبه الموصلة المختلفه. إن الجرمانيوم n-doped قد يكون له فائض من الإلكترونات ، أما الجرمانيوم p-doped فسيكون لديه فائض من الثغوب. يحدث النقل إلى أن يتم التوصل إلى التوازن بعملية تسمى إعادة التركيب ، والتي تتسبب في اتصال الإلكترونات المهاجرة من النوع n مع الثغوب المهاجرة من النوع p. منتج من هذه العملية هو الأيونات المشحونة ، والتي تؤدي إلى مجال كهربائي. [9]

الإلكترونات المثارة

إن الفرق في الإمكانيات الكهربائية على مادة شبه موصلة من شأنه أن يؤدي إلى ترك التوازن الحراري وخلق حالة غير متوازنة. هذا يدخل الإلكترونات والثقوب إلى النظام ، والتي تتفاعل عبر عملية تسمى نشر الأغشية. كلما انزعج التوازن الحراري في مادة شبه موصلة ، يتغير عدد الثقوب والإلكترونات. يمكن أن تحدث هذه الاضطرابات نتيجة لفرق درجة الحرارة أو الفوتونات ، والتي يمكن أن تدخل النظام وتخلق إلكترونات وثقوب. وتسمى العملية التي تُنشئ الإلكترونات والثقوب وتُبيدها التوليد وإعادة التركيب.

انبعاث الضوء

في بعض أشباه الموصلات ، يمكن للإلكترونات المثارة أن تسترخي عن طريق إطلاق الضوء بدلاً من إنتاج الحرارة. وتستخدم هذه أشباه الموصلات في بناء الثنائيات الباعثة للضوء ونقاط الكم الفلورية.

تحويل الطاقة الحرارية

تتمتع أشباه الموصلات بعوامل طاقة حرارية كبيرة مما يجعلها مفيدة في المولدات الكهربائية الحرارية ، فضلاً عن الأرقام الحرارية العالية للجدارة مما يجعلها مفيدة في المبردات الحرارية.

المواد

بلورات السليكون هي أكثر أشباه الموصلات شيوعاً وتستخدم في الإلكترونيات الدقيقة والألواح الضوئية.

توجد عناصر نقية معينة في المجموعة 14 من الجدول الدوري ؛ الأكثر أهمية من الناحية التجارية لهذه العناصر هي السيليكون والجرمانيوم. يستخدم السيليكون والجرمانيوم

هنا بشكل فعال لأن لديهم 4 إلكترونات تكافؤ في غلافها الخارجي الذي يعطيهم القدرة على كسب أو فقدان الإلكترونات بالتساوي في نفس الوقت [10]

أشباه موصلات عضوية .:

أكثر المواد شبه الموصلة شيوعًا هي المواد الصلبة البلورية ، ولكن أشباه الموصلات غير المتبلورة والسائلة معروفة أيضًا. وتشمل هذه السليكون غير المتبلور المهدرج ومخاليط من الزرنيخ والسيلينيوم والتيلوريوم في مجموعة متنوعة من النسب. تتشارك هذه المركبات مع أشباه موصلات معروفة بشكل أفضل بخصائص التوصيل المتوسط والتغيرات السريعة في الموصلية مع درجة الحرارة ، فضلاً عن المقاومة السلبية العرضية. تفتقر هذه المواد غير المنظمة إلى البنية البلورية الصلبة لأشباه الموصلات التقليدية مثل السيليكون. وهي تستخدم عادة في هياكل الأغشية الرقيقة ، التي لا تتطلب مواد ذات جودة إلكترونية أعلى ، فهي غير حساسة نسبيًا للشوائب والضرر الإشعاعي.

تحضير أشباه الموصلات

تقريبًا ، تشتمل كل التكنولوجيا الإلكترونية الحالية على استخدام أشباه الموصلات ، وأهمها الدارة المتكاملة (IC) ، الموجودة في الحواسيب المحمولة ، والمساحات الضوئية ، والهواتف الخلوية ، إلخ. إن أشباه موصلات الدوائر المتكاملة هي ذات الإنتاج الضخم. لإنشاء مادة شبه موصلة مثالية ، فإن النقاء الكيميائي هو الهدف الأسمى. يمكن لأي نقص صغير أن يكون له تأثير جذري على كيفية تصرف المادة شبه الموصلة بسبب الحجم الذي تستخدم فيه المواد. [11]

مطلوب درجة عالية من الكمال البلورية أيضا ، لأن أخطاء في هيكل الكريستال (مثل خلع والتوابل ، وأخطاء التراص) تتداخل مع خصائص شبه الموصل للمادة. تعتبر

الأخطاء البلورية سبباً رئيسياً لأدوات أشباه الموصلات المعيبة. وكلما كانت البلورة أكبر ، كلما كان من الصعب تحقيق الكمال اللازم. تستخدم عمليات الإنتاج الضخم الحالية سبائك من الكريستال يتراوح قطرها بين 100 و 300 ملم (3.9 و 11.8 بوصة) ، والتي تتم زراعتها على شكل اسطوانات ثم تقطيعها إلى رقائق.

هناك مجموعة من العمليات التي يتم استخدامها لإعداد المواد شبه الموصلة لـ IC. عملية واحدة تسمى الأكسدة الحرارية ، والتي تشكل ثاني أكسيد السيليكون على سطح السيليكون. يستخدم هذا بمثابة عازل البوابة وأكسيد المجال. تسمى العمليات الأخرى photomasks والطباعة الحجرية الضوئية. هذه العملية هي ما يخلق الأنماط على الدارة في الدائرة المتكاملة. يستخدم الضوء فوق البنفسجي جنباً إلى جنب مع طبقة مقاومة للضوء لإحداث تغيير كيميائي يولد أنماط للدائرة.

النقش هو العملية التالية المطلوبة. جزء من السيليكون الذي لم يتم تغطيته بطبقة مقاومة للضوء من الخطوة السابقة يمكن الآن أن يكون محفوراً. تسمى العملية الرئيسية المستخدمة عادة اليوم بالحفر البلازمي. عادة ما ينطوي تمشيش البلازما على غاز محفر يتم ضخه في حجرة منخفضة الضغط لإنتاج البلازما. غاز حبر مشترك هو الكلوروفلوروكربون ، أو الفريون الأكثر شيوعاً. الجهد العالي للترددات الراديوية بين الكاثود والأنود هو ما يخلق البلازما في الغرفة. يقع رقاقة السيليكون على الكاثود ، مما يؤدي إلى ضربها من الأيونات المشحونة إيجابياً التي يتم إطلاقها من البلازما. والنتيجة النهائية هي السيليكون المحفور بشكل تناسبي. [12]

تدعى العملية الأخيرة الانتشار. هذه هي العملية التي تعطي المادة شبه الموصلة خصائصها شبه الموصلة المرغوبة. ومن المعروف أيضاً باسم المنشطات. تقدم العملية ذرة غير نقية إلى النظام ، مما يخلق تقاطع p-n. من أجل الحصول على ذرات غير سليمة جزءاً لا يتجزأ من رقاقة السيليكون ، يتم وضع رقاقة أولاً في غرفة درجة 1،100

درجة مئوية. يتم حقن الذرات وتنتشر في النهاية مع السيليكون. بعد اكتمال العملية وصل السيليكون إلى درجة حرارة الغرفة ، تتم عملية إزالة المنشطات وتكون المادة شبه الموصلة جاهزة للاستخدام في دائرة متكاملة

نطاق الطاقة والموصلية الكهربائية

ملء الحالات الإلكترونية في أنواع مختلفة من المواد في حالة التوازن. هنا، الارتفاع يمثل الطاقة بينما العرض هو كثافات الحالات المتاحة لطاقة محددة في المواد المدرجة. يتبع التظليل توزيع فرمي-ديراك) الأسود = جميع الحالات مملوءة، الأبيض = لا توجد حالة مملوءة). في الفلزات وأشباه الفلزات مستوى فرمي EF يقع داخل نطاق واحد على الأقل. في المواد العازلة وأشباه الموصلات يكون مستوى فرمي داخل فجوة النطاق؛ ومع ذلك، ففي أشباه الموصلات تكون النطاقات في موقع داخل مستوى فرمي يسمح لها بالإحتواء الحراري للإلكترونات أو الثقوب.

نواقل الشحنة (الإلكترونات والثقوب)

تتواجد إلكترونات التوصيل الكهربائي في مستوى طاقة أعلى من الفجوة التي يتركها الإلكترون. الأمر أشبه بكرة تتدحرج على أرض مستوية ومن ثم تتصادف بحفرة في الأرض. فقوانين الطبيعة تحتم على الكرة أن تقع في هذه الحفرة. ولكن ذلك يعني أن هذا الإلكترون الأخير قد ترك في مكانه فجوة أخرى. فيمكن أن نتخيل أن الفجوة الأولى قد تحركت من مكانها في عكس إتجاه حركة الإلكترون الطليق. وبالتالي يمكن أن نعبر عن التيار الكهربائي في أشباه الموصلات بطريقتين، أن نتخيل أن الإلكترونات الحرة قد تحركت في إتجاه معين، أو أن الفجوات التي تتركها الإلكترونات قد تحركت في الإتجاه المضاد.

وبالتالي فإن أشباه الموصلات تحتوي على نوعين من نواقل الشحنات: الإلكترونات، والفجوات. ونلاحظ أنه في المواد النقية، فإن عدد إلكترونات التوصيل يساوي تمامًا عدد الفجوات، وهذا شيءٌ منطقي لأن الفجوات ما هي إلا المكان الفارغ التي تتركه تلك الإلكترونات. ونلاحظ أيضًا أن تلك الفجوات هي مناطق موجبة الشحنة بفضل غياب الإلكترونات التي كانت تحتل مكانها وإختلال توازن الشحنات في الذرة.

التشويب

التشويب هو نوع من التطعيم وهو إضافة كمية من ذرات مادة معينة إلى بلورة شبه الموصل النقي) تشويب (بنسب تصل إلى (1 : 1.000.000) بهدف زيادة الإلكترونات أو الثغرات الإلكترونية في البلورة.

هناك نوعين من الشوائب، شوائب تزيد من عدد الإلكترونات الحرة وتقلل عدد الفجوات تسمى مادة مانحة [لأنها مادة خماسية التكافؤ تمنح إلكترونًا إضافيًا لمادة السيليكون]، وشوائب أخرى تزيد من عدد الفجوات وتقلل عدد الإلكترونات الحرة تسمى مادة مستقبلة [لأنها مادة ثلاثية التكافؤ تستقبل إلكترونًا حرًا من بلورة السيليكون

ويتراوح تأثير هذه الشوائب على زيادة قابلية توصيل أشباه الموصلات من 100000 مرة إلى 10000000 مرة في درجة حرارة الغرفة [25°C] ولتكن على دراية بأن أشباه الموصلات النقية في درجة حرارة الغرفة العادية لا توصل التيار جيدًا، بل يجب أن ترفع درجة الحرارة إلى 300 درجة مئوية على الأقل حتى تحصل على تيار معقول. ومثل درجة الحرارة هذه كفيلا أن تصهر قطعة من السيليكون مثلاً. وبالتالي لا نجد مهربًا من إضافة شوائب بتركيز منخفض للغاية لزيادة قابلية توصيل المادة.

يمكننا صناعة قطعة سيليكون مضافًا إليها شوائب مادة مانحة، ونسمي تلك المادة-N type، وبالمثل يمكن إضافة شوائب مادة مستقبلة لمادة السيليكون ونسميها في هذه الحالة P-type.

الاستخدامات

وتؤدي النبائط الإلكترونية المصنوعة من المواد شبه الموصلة عدة أغراض منها وظيفة الصمامات المفرغة بالإضافة إلى عدة مميزات أخرى. فهي تستخدم قدرة أقل وتعمل لفترة أطول وتكون في حجم أقل. أحد الأمثلة على نبائط أشباه الموصلات الدقيقة رقيقة السليكون المستخدمة في الحواسيب والآلات الحاسبة. وتسمى الرقائق الدقيقة حيث تحتوي على عدة ملايين من الصمامات الثنائية أو الترانزستور في شريحة واحدة [13].

تُقومُ نبائطُ أشباه الموصّلات، التيار الكهربائي مثل الصمامات (تحويل التيار الكهربائي المتناوب إلى تيار مستمر) وكذلك تضخم الإشارات الكهربائية الضعيفة. تعتمد أجهزة الراديو والتلفاز وغيرها من النبائط الإلكترونية على المقوم والمكبر والمذبذب. حيث إن بعض أشباه الموصلات يمكنها توليد ضوء وغيرها تكشف عنه. وأغلب آلات تصوير التلفاز من نبائط أشباه الموصّلات.

الفصل الثاني

اكاسيد اشباه الموصلات

ثنائي فلوريد الأكسجين

ثنائي فلوريد الأكسجين هو مركب كيميائي من الفلور والأكسجين له الصيغة $2OF$ ويكون على شكل غاز عديم اللون.

التحضير

حضّر ثنائي فلوريد الأكسجين في أواخر عشرينات القرن العشرين من قبل عدة علماء من بينهم بول لوبو، والذي قام بتحضير المركب من التحليل الكهربائي لمصهور فلوريد البوتاسيوم وفلوريد الهيدروجين في الماء.

في الوقت الحالي، يحضّر ثنائي فلوريد الأكسجين من تمرير غاز الفلور في محلول هيدروكسيد الصوديوم أو هيدروكسيد البوتاسيوم:

الخصائص

إن أكثر ما يميز $2OF$ هو أنه من المؤكسدات القوية، حيث أن ذرة الفلور لها كهربية مرتفعة بشكل يجعل الأكسجين ذو حالة أكسدة موجبة، وهو أمر نادر الحدوث في باقي المركبات الكيميائية.

يمكن أن تبرز القوة المؤكسدة لثنائي فلوريد الأكسجين بقدرته على أكسدة الغاز الخامل زينون إلى رباعي فلوريد الزينون

عند انحلاله في الماء يتفكك ثنائي فلوريد الأكسجين ببطء إلى فلوريد الهيدروجين وغاز الأكسجين:

حسب نظرية تنافر أزواج إلكترونات غلاف التكافؤ (VSEPR) فإن لجزيء ثنائي فلوريد الأكسجين بنية منحنية بشكل مشابه للماء. تبلغ زاوية الرابطة بين ذرتي الفلور 103° ، أما طول الرابطة O-F فيبلغ 140.5 بيكومتر.

الاستخدامات

للمركب القليل من الاستخدامات العملية. اقترح في السابق استخدام ثنائي فلوريد الأوكسجين كمؤكسد لوقود الصواريخ. [14]

أكسيد الكوبالت الثنائي

أكسيد الكوبالت الثنائي مركب كيميائي له الصيغة CoO ، ويكون على شكل مسحوق بلوري ذي لون أخضر زيتوني في الحالة النقية، لكنه يوجد غالباً في حالة شائبة ويكون لون المركب عندئذ رمادي غامق، وفي حال وجود الرطوبة فإنه يتأكسد بسهولة إلى هيدروكسيد الكوبالت الثلاثي.

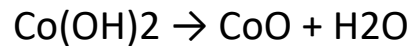
الخواص

يعد مركب أكسيد الكوبالت الثنائي غير منحل عملياً في الماء، لكنه ينحل في الأحماض والقلويات.

البنية البلورية لمركب أكسيد الكوبالت الثنائي مماثلة لكلوريد الصوديوم.

التحضير

يحضر أكسيد الكوبالت الثنائي من التفكك الحراري لمركب هيدروكسيد الكوبالت الثنائي



أو من أكسدة فلز الكوبالت نفسه عند درجات حرارة مرتفعة



الاستخدامات

يستخدم أكسيد الكوبالت بشكل أساسي كخضاب في صناعة السيراميك والزجاج، حيث أن لديه خاصية تلوين مصهور كل من السيليكات، والألومينات والبوراتوالفوسفات باللون الأزرق. لذلك فإن الزجاج الأزرق دائماً يحوي على الكوبالت.

أكسيد الحديد الثنائي

أكسيد الحديد الثنائي (أو أكسيد الحديدوز) مركب كيميائي له الصيغة FeO، ويكون على شكل مسحوق بلوري أسود. لا يوجد أكسيد الحديد الثنائي في الطبيعة، وبسبب عدم ثباتيته لا توجد عبوات تجارية منه.

الخواص

يكون على شكل مسحوق أسود ذو انحلالية ضعيفة في الأحماض الممددة، كما يتأكسد بسهولة بواسطة أكسجين الهواء الجوي.

في الحالة النقية تكون له بنية بلورية مشابهة لبنية كلوريد الصوديوم.

التحضير

يحضر أكسيد الحديد الثنائي من التفكك الحراري لمركب أكسالات الحديد الثنائي الجافة تماماً عند درجة الحرارة 850°س حسب المعادلة

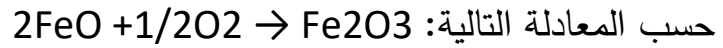


يجب إطفاء المركب الناتج مباشرة (تبريد مباشر بالماء) بعد التحضير لأن مركب أكسيد الحديد الثنائي يتحول إلى أكسيد الحديد الثنائي والثلاثي $4\text{O}_3\text{Fe}$ وذلك ما بين درجتي

الحرارة 300 و 560°س [15]



يحضر أيضا FeO (أكسيد الحديد الثنائي) كما هو مبين في كتاب الشميري في مداخل الكيمياء المعدنية، وذلك بعملية التحليل الكهربائي لمحلول الكتروليتي لحمض الكبريتيك المخفف 5 لتر ماء نقي + 20 ملتر من حمض الكبريتيك المركز 99% ثم يوضع قطبين من الحديد حيث عند عملية التحليل الكهربائي يتكون كبريتات الحديدوز وعند يصل درجة الحموضة $\text{PH} = 7$ يبدأ إنتاج أكسيد الحديد الأسود وعند زيادة التحليل لا تتأثر النواتج من كبريتات الحديدوز وأكسيد الحديد الأسود بالحرارة الناتجة من التحليل الكهربائي وعند زيادة التحليل الكهربائي يزيد إنتاج أكسيد الحديد الأسود FeO وهي برادة سوداء صلبة لاتذوب في الماء مطلقا والتي تفلتر وتجفف في معزل عن الهواء أو الأكسجين وذلك لكي لا تصبح أكسيد الحديد الأحمر الذي يسمى أكسيد الحديد الثلاثي



. السيليكون

واحدة من أهم مواد أشباه الموصلات المستخدمة حالياً هي السيليكون. على أساس السيليكون ، يتم تصنيع 95 ٪ من جميع أنواع أجهزة أشباه الموصلات ، مع المساعدة التي تضخيم وتضبط التيارات الكهربائية والجهود الفولتية ، ومعالجة وتخزين المعلومات ، وتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية وأكثر من ذلك بكثير.

يفسر التطبيق الواسع للسيليكون بالعرض الكبير للفجوة في النطاق ، والخصائص الفريدة للنقش ، والخصائص الميكانيكية العالية لأكسيدها ، والاحتياطات الطبيعية غير المحدودة عمليا لهذا الأخير.

(يتم الحصول على الضغوط العالية، وغيرها من الكريات البيضاء من السيليكون) السيليكون البلورية وجها محورها شعيرية مكعب نوع من أنواع الماس معلمة = 0.54307 نانومتر، ولكن بسبب طول أكبر من الرابطة بين ذرات سي سي مقارنة مع طول C-C

صلابة أقل بكثير السيليكون ، من الماس. السيليكون هش ، فقط عندما يسخن فوق 800 درجة مئوية يصبح مادة بلاستيكية. من المثير للاهتمام أن السيليكون شفاف لأشعة الأشعة تحت الحمراء التي تبدأ عند طول موجة يبلغ 1.1 ميكرومتر. التركيز الجوهري لشركات الشحن هو 5.81-1015 م 3 (لدرجة حرارة 300 كلفن)

تتأثر الخصائص الفيزيائية الكهربائية للسيليكون البلوري بشكل كبير بالشوائب الموجودة فيه. لبلورات السيليكون مع نوع ف الموصلية هي التي أدخلت ذرات السيليكون من عناصر المجموعة ثالثا، مثل البورون والألومنيوم، الغاليوم، الإنديوم). لبلورات السيليكون في ذرات السيليكون موصلة إلكترونية لإدارة عناصر مجموعة-V عشر، مثل الفوسفور والزرنيخ والأنتيمون.

عند إنشاء أجهزة إلكترونية تعتمد على السيليكون ، فإن الطبقة السطحية شبه السطحية من المادة (تصل إلى عشرات الميكرونات)

وحتى نوعية من سطح الكريستال يمكن أن تؤثر تأثيرا كبيرا على الخواص الكهربائية من السيليكون، وبالتالي، فإن خصائص الجهاز النهائي. عند إنشاء بعض الأجهزة ، يتم استخدام الطرق المرتبطة بتعديل السطح ، على سبيل المثال ، معالجة سطح السيليكون بمختلف العوامل الكيميائية.

الاستخدامات

استخدم السيليكون في أجهزة أشباه الموصلات لفترة طويلة نسبيا. في وقت مبكر من بداية القرن العشرين. تم وصف أجهزة الكشف التي تعتمد على اتصالات نقطة المعدن السليكون والسيليكون-كربون. في النصف الأول من الأربعينيات ، صُنعت الصمامات الثنائية السليكونية ، في بداية الخمسينيات ، تم إنشاء ترانزستور سيليكون ، وفي النصف الأول من الستينيات ، دوائر متكاملة.

يستخدم السيليكون Cverhchisty أساسا لإنتاج الأجهزة الإلكترونية واحدة (عناصر خاملة غير الخطية من الدوائر الكهربائية) والمرحلية رقاقة واحدة. السيليكون النقي، والنفايات السيليكون فائقة النقاء، وتنقية السيليكون المعدنية في شكل السيليكون البلوري هو المادة الخام الرئيسية لتوليد الطاقة الشمسية. يستخدم السيليكون أحادي البلورة - بالإضافة إلى الإلكترونيات والطاقة الشمسية لصنع مرايا ليزر الليزر [16].

تحضير السيليكون. المادة الخام لإنتاج السيليكون هي ثاني أكسيد طبيعي (silica) ، والذي ينخفض منه السيليكون بواسطة مادة تحتوي على كربون في أفران كهربائية. يحتوي هذا السيليكون على حوالي 1٪ من الشوائب. تتضمن تقنية الحصول على نقاء السيليكون أشباه الموصلات العمليات التالية:

تحويل السيليكون التقني إلى مركب متطاير يمكن استرداده بسهولة بعد التنقية.

تنظيف الاتصال بالطرق الفيزيائية والكيميائية.

الحد من المجمع مع الافراج عن السيليكون النقي.

تنقية البلورة النهائية ونمو بلورات واحدة.

تم استخدام طريقة تقليل الهيدروجين لثيكلوروسيلان $SiHCl_3$ على نطاق واسع في إنتاج أشباه الموصلات. يتم الحصول على الأخير من خلال معالجة السيليكون التقني مع كلوريد الهيدروجين الجاف:



Trichlorosilane هو سائل مع نقطة غليان من 32 درجة مئوية. لذلك ، يمكن تنقيته بسهولة عن طريق طرق الاستخلاص والامتزاز والتصحيح. بعد ذلك ، يتم توفير أبخرة الكلوروسيلان المنقى بواسطة تيار الهيدروجين من المبخر إلى غرفة التخفيض ، حيث يتم وضع بذور قضبان رقيقة من السيليكون النقي على موصلات تيار خاص. يتم تسخين

هذه القضبان بواسطة تيار كهربائي لدرجة حرارة 1200-1300 درجة مئوية. إن ترسيب السليكون المحرر على البذور يجعل من الممكن الحصول على قضبان الكريستالات النقية [18].

الخصائص الفيزيائية والكيميائية. تتبلور السليكون في بنية الماس. أصغر مما هو عليه في الجرمانيوم ، المسافات بين الذرات في شعرية تسبب رابطة رابطة تساهمية أقوى ، ونتيجة لذلك ، نطاق أوسع محظور.

السليكون هو مادة مستقرة كيميائياً. إنه غير قابل للذوبان في الماء ، لا يتفاعل مع العديد من الأحماض. أنها قابلة للذوبان بسهولة فقط في خليط من الأحماض النيتريّة والهيدروفلوريك وفي القلويات المغلّية. السليكون مستقر في الهواء عند تسخينه إلى 900 درجة مئوية. فوق درجة الحرارة هذه ، فإنه يبدأ في أكسدة مكثفة مع تشكيل ثاني أكسيد SiO₂ عند تسخينه ، يتفاعل السليكون بسهولة مع الهالوجينات ، وعند درجات حرارة تتراوح بين 1100 و 1300 درجة مئوية ، يكون قادراً على الدمج مباشرة مع النيتروجين لتكوين نيتريد Si₃N₄ مع عدد من المعادن (Cr ، Mo ، Fe ، Cu ، Mg ، الخ) ، فإنه يشكل مركبات كيميائية مستقرة - مبيدات سيليكات. للسليكون نقطة انصهار عالية ونشط كيميائياً بدرجة عالية في الحالة المنصهرة. لذلك ، هناك صعوبات كبيرة في اختيار المواد بوتقة عند زيادة البلورات الأحادية. تتفاعل المواد الأكثر نقاوة (الكوارتز والجرافيت) ، والتي تصنع منها القوارب والبوتقات ، عادة مع السليكون عند درجات الحرارة المرتفعة. نتيجة لتفاعل السليكون مع الكربون ، يتم تشكيل كربيد السليكون كربيد - مركب كيميائي ثابت مع خصائص أشباه الموصلات [19].

يتم تنظيم الخصائص الفيزيائية الرئيسية للسيليكون في الجدول 3.4.

في الانتقال من الجرمانيوم إلى السيليكون ، تتحول حافة الامتصاص البصري الجوهري أقرب إلى المنطقة المرئية من الطيف. في الظروف العادية ، يكون السيليكون شفافاً للإشعاع الكهرومغناطيسي بطول موجة يزيد عن 1.1 ميكرومتر.

نظراً للنطاق المحظور الأوسع ، تتجاوز المقاومة الذاتية للسيليكون مقاومة الجرمانيوم بأكثر من ثلاثة مستويات من الحجم. ومع ذلك ، من أجل مراقبة الموصلية الكهربائية الخاصة بها في درجة حرارة الغرفة ، يجب ألا يتجاوز محتوى الشوائب المتبقية في السيليكون 10 16 م -3. الأساليب المستخدمة لتنقية أشباه الموصلات لا تسمح بتحقيق درجة عالية من النقاوة.

سلوك الشوائب في السيليكون يطبع في الأساس نفس القوانين كما في الجرمانيوم. إن عناصر المجموعتين الثالثة والخامسة ، اللتين تقبلان على التوالي والمانحين ، تخلق مستويات صغيرة في النطاق المحرم. ومع ذلك ، فإن طاقة التآين الخاصة بهم في السيليكون أكبر بكثير وهي حوالي 0.05 eV. في درجة حرارة الغرفة هم أيضا استنزاف بالكامل تقريباً.

3.9.Ris الاعتماد على درجة الحرارة للذوبان في الشوائب في السيليكون

تفرض الشوائب لعناصر المجموعات الأخرى مستويات عميقة في النطاق المحظور وتحد بشدة من عمر حاملات الشحنة غير القابلة للذوبان. بالمقارنة مع الجرمانيوم ، يكون للسيليكون قابلية ذاتية أعلى للمانحين وقابلية ذوبان أقل للمقبلين. معظم الشوائب لها ذوبانية قصوى عند 1200-1300 درجة مئوية.

في تكنولوجيا الأجهزة السليكونية واحدة من الطرق الرئيسية لخلط لوحات وصنع ص-ن-الانتقال هو انتشار الشوائب النشطة كهربائياً. في السيليكون ، جميع المانحين الصغار ،

باستثناء الفوسفور ، ينتشرون ببطء أكثر من المتقبلين الصغار. بعض العناصر ، مثل الذهب والزنك ، تنتشر في السيليكون بشكل أسرع من الجرمانيوم ، على الرغم من أن قوة الربط في السيليكون أعلى من ذلك بكثير. يرجع هذا التباين بين معاملات الانتشار لبعض الشوائب إلى الاختلافات في حالة الوظائف الشاغرة التي تحد من عمليات الانتشار. وظائف في الشبكة من سي وجي هي القبول وخلق مستويات الطاقة العميقة. في ألمانيا ، يقع مستوى المستقبل للشاغر في النصف السفلي من النطاق المحظور ، وفي السيليكون في النصف العلوي. لذلك ، في درجات حرارة مماثلة ، يظهر تركيز كبير من الشواغر المشحونة في قه. وينعكس ذلك في انتشار الشوائب التي تحدث لعناصر المجموعتين الثالثة والخامسة عن طريق الانتقال من خلال الشواغر. في الجرمانيوم ، هناك تفاعل كولومبي بين الشوائب المشحونة والوظائف الشاغرة المشحونة. تتجذب الجهات المانحة المتأينة المشحونة إيجابياً إلى الشواغر المشحونة سلبياً (المتقبلات المتأينة) ، والتي تسهل حركة الشوائب من خلال البلورة. شحوم متقبل متأينة سالبة تتنازل عن الشواغر ، وهذا يجعل من الصعب تحريك الشوائب المقبولة [20].

في السيليكون ، تكون معظم الوظائف الشاغرة في حالة محايدة ، لذا فإن تفاعل كولومب بينها وبين أيونات الشوائب غائب. ويرجع ارتفاع معدل انتشار المستقبل إلى اختلاف أقوى في نصف قطر ذريته من أبعاد ذرات Si.

كما هو الحال في قه ، يلعب تشتت حاملات الشحنة بواسطة الشوائب المتأينة دوراً مهماً في درجة حرارة الغرفة ، إذا كان محتوى المادة المنشطة أكثر من 10²² م³. في سي النقي ، تكون حركة الإلكترون أكثر بثلاث مرات من حركة الثيوب. انخفاض في حركتهم مع زيادة في درجة المنشطات هو السبب في الاعتماد غير الخطي للموصلية على تركيز الشوائب. إن الحركة المنخفضة للناقلات والقدرة المحدودة على ذوبان الشوائب تجعل من الصعب الحصول على بلورات مفردة من Si مع $\rho < 10^{-5} \text{ Ом}\cdot\text{م}$. При

25 >10 في المحتوى من الشوائب ، يمكن تشكيل مختلف المجمعات والترسبات الدقيقة ، والتي يصاحبها تغيير في النشاط الكهربائي للشوائب. ويعبر عن هذا في التناقض بين تركيز ناقلات الشحنة ومستوى المنشطات.

3.10.Ris الاعتماد على التنقل لشركات الشحن الرئيسية في

السليكون على تركيز الإلكترونات والثقوب

ويصاحب ذوبان السليكون انخفاض مفاجئ في المقاومة (حوالي 30 مرة). في الحالة المنصهرة ، تتصرف مثل المعادن السائلة ، أي أنها تتميز بالتقلية المنخفضة وتركيز عالي من حاملات الشحن [21].

أشباه الموصلات الأولية

تتضمن هذه المجموعة عناصر موجودة في مجموعات B الفرعية الفرعية (B) III ، IV (Si ، Ge) ، V (As ، P) ، VI (S ، Se) ، من الجدول الدوري.

أشباه الموصلات الأولية من المجموعة الرابعة هي المواد الرئيسية لأدوات أشباه الموصلات ، التي لها شبكة بلورية من نوع الماس ، حيث ترتبط الذرات بواسطة رابطة تساهمية. تكون فترة السليكون السليكون أقصر من فترة الجرمانيوم ، التي تحدد رابطة تساهمية أقوى بسبب تداخل أقوى بين سحابة الإلكترونات ، وبالتالي ، عرض أكبر للنطاق الممنوع. تسبب هذا الفرق في الحد الأعلى من درجات حرارة العمل (الحد الأقصى لدرجة حرارة التشغيل للسليكون تصل إلى 200 درجة مئوية ، للجرمانيوم حتى 80 درجة مئوية). محتوى الشوائب فيها لا يتجاوز 10-7٪.

الجرمانيوم -

واحدة من أشباه الموصلات التي تمت دراستها بدقة ، وكثير من الظواهر المميزة لأشباه الموصلات تم اكتشافها تجريبياً لأول مرة على هذه المادة. يتميز بالصلابة العالية والقشور ، فهو غير قابل للذوبان في الماء والأحماض (فيما عدا المائية ريجيا (HF + HNO₃) ، وهو يتأكسد قليلاً في الهواء عند درجة حرارة الغرفة (الأكسدة النشطة عند T_e 500 C).

يتم استخراج كنتاج ثانوي لإنتاج النحاس والزنك والرصاص وفحم الكوك.

يتم استخدام سبائك من الجرمانيوم المنقى مبدئياً كمواد انطلاق للحصول على جرمانيوم نقي بدرجة عالية من خلال طريقة ذوبان المنطقة أو من خلال الحصول على بلورات مفردة بشكل مباشر عن طريق سحب الشوائب.

تتأثر الخصائص الكهربائية للجرمانيوم بشدة بالمعالجة الحرارية. إذا العينة ن-يتم تسخينها إلى درجة حرارة أعلى من 550 درجة مئوية ثم يتم تبريدها (التلطيف) بشكل حاد ، ثم يتغير نوع التوصيل الكهربائي. المعالجة الحرارية المماثلة من نوع الجرمانيوم يؤدي إلى انخفاض في المقاومة ، دون تغيير نوع التوصيل الكهربائي. إن تليدين العينات المقواة عند درجة حرارة (500-550) درجة مئوية لا يعيد فقط نوع التوصيل الكهربائي ، ولكن أيضاً إلى المقاومة الأصلية.

يستخدم الجرمانيوم لتصنيع أنواع مختلفة من الثنائيات والترانزستورات وأجهزة الاستشعار EMF Hall وأجهزة قياس السلالة. تسمح الخصائص البصرية للجرمانيوم باستخدامه في تصنيع الصمامات الضوئية وأجهزة النقل الضوئي ، والموصلات الضوئية ، والفلاتر الضوئية ، فضلاً عن عدادات الجسيمات النووية. نطاق درجة حرارة التشغيل لأجهزة الجرمانيوم من -60 إلى +5.70 °

عنصر السيلينيوم يحتوي هذا العنصر من المجموعة VI من جدول Mendeleev على عدد من الخصائص الكهربائية المفيدة. وهو موجود في العديد من التعديلات التأقية - زجاجي ، غير متبلور ، أحادي القطب ، سداسية [22].

يتم إنتاج السيلينيوم كمنتج ثانوي لإنتاج النحاس. يحتوي السيلينيوم التقني على شوائب بنسبة 1-2.5% وهو غير مناسب لإنتاج أشباه الموصلات.

لتنقية السيلينيوم باستخدام أساليب تصحيح فراغ وتنقية باستخدام راتجات التبادل الأيوني. نتيجة لذلك ، يتم تقليل محتوى الشوائب إلى 4-10%.

لتصنيع أجهزة أشباه الموصلات (مقومات التيار المتردد والخلايا الضوئية) استخدمت السيلينيوم الرمادي البلوري السداسي. عرض الفجوة الفرقة هو 1.79 eV مثل هذا السيلينيوم له نوع من التوصيل الكهربائي. مقاومته حوالي $10^3 \text{ م} \cdot \text{سم}$ (في درجة حرارة الغرفة). إن السيلينيوم ، على عكس أشباه الموصلات الأخرى ، له اعتماد شاذ على درجة الحرارة لتركيز ناقلات الشحنات الحرة: فهو يتناقص مع زيادة درجة الحرارة ، ويزداد حراك ناقلات الشحنة. تم قياس الخصائص الكهربائية للسيلينيوم من قبل العديد من الباحثين ، ولكن البيانات متناقضة للغاية.

تتراوح درجة حرارة التشغيل من -60 إلى $+75$ درجة مئوية. شوائب الجهات المانحة هي عناصر من المجموعة السابعة (Cl) ، Br ، I ، والمجموعات المقبولة (Cd) ، II ، Hg.

التوصيلات الثنائية (الثائية)

كربيد السيليكون. وهو المركب الثنائي الوحيد المكون من عناصر أشباه الموصلات في المجموعة الرابعة من الجدول الدوري. هذا هو مادة أشباه الموصلات مع فجوة واسعة النطاق (2.8 ... 3.1 فولت) (اعتمادا على التعديلات). يستخدم كربيد السيليكون لتصنيع أجهزة أشباه الموصلات التي تعمل في درجات حرارة عالية (تصل إلى 700 درجة مئوية)

يتم إنتاج بلورات كربيد السيليكون ذات درجة شبه الموصلات عن طريق التسامي في أفران ذات سخانات وشاشات الجرافيت. تتم عملية التبلور في جو الأرجون عند درجة حرارة 2400 ... 2600 درجة مئوية. تكون البلورات الناتجة عادة ذات شكل صفائحي بحجم يبلغ قطره حوالي 1 سم ، كربيد السيليكون هو واحد من أكثر المواد الصلبة ، وهو مقاوم للأكسدة إلى درجات حرارة أعلى من 1400 درجة مئوية.

الموصلية الكهربائية للبلورات كربيد في درجة الحرارة العادية هي النجاسة. يعتمد نوع التوصيل الكهربائي ولون بلورات كربيد السيليكون على الشوائب الخارجية أو يتم تحديدها من خلال زيادة ذرات Si أو C مقارنةً بتكوين القياس المتساوي القياس. فائض سي يؤدي إلى الموصلية الكهربائية الإلكترونية من كربيد ، وتزيد من C إلى فتحة التوصيل.

يستخدم كربيد السيليكون لإنتاج المسلسل من المقاومات (المقاومات غير الخطية) ، LEDs ، وكذلك الثنائيات ذات درجة الحرارة العالية ، الترانزستورات ، مقاييس الإجهاد ، عدادات الجسيمات عالية الطاقة ، القدرة على العمل في البيئات العدوانية كيميائياً [23] .

الفصل الثالث

الخواص الكهربائية لأشباه الموصلات

الموصلية الكهربائية :-

وهي قابلية المادة على توصيل التيار الكهربائي عن طريق حركة الالكترونات الحرة أو الايونات أو كليهما .

ورمزها σ (sigma) أو هي خاصية مهمة من خصائص أي مادة وتمثل قدرتها على نقل الشحنات الكهربائية من مكان إلى آخر ، وتعكس مقدار قابلية مادة ما لمرور التيار فيها ويعبر عنها جورج اوم في قانون اوم في صيغته المغناطيسية وهي صيغة محورة من القانون الكهربي كالتالي:

$$J = \sigma E$$

حيث :

E هي شدة المجال الكهربائي (Volt / meter)

J هي كثافة التيار الكهربائي (Ampere/ m2)

و وحدة الموصلية هي (Ampere / m. volt)

و في المواد الموصلة كهربائيا فان الموصلية هي مقلوب المقاومة (ρ).

$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

وتقسم المواد اعتمادا على قابليتها لتوصيل التيار الكهربائي إلى ثلاث أنواع رئيسة وكالاتي

:- (23)

Conductors

1- الموصلات

وهي المواد التي تكون مقاومتها النوعية الكهربائية منخفضة (موصليتها الكهربائية عالية) تتراوح تقريبا من (8-10 إلى 6-10 اوم / متر) في درجة حرارة الغرفة مثل الفضة والنحاس والألمنيوم والحديد .

Electrical Receptivity

المقاومية الكهربائية

عندما يسلط مجال كهربائي مؤثر على المادة الصلبة فإنه يسبب سريان حاملات الشحنة الكهربائية (الالكترونات) ، وتكون الموصلية الكهربائية نتيجة لهذا التأثير ، ويمكن كتابة العلاقة بين المقاومية الكهربائية (σ) والمجال الكهربائي المؤثر (E) وكثافة التيار الكهربائي (J) وكالاتي :-

$$J = \sigma E \dots\dots\dots (1)$$

$$J = n e v d \dots\dots\dots (2)$$

عندما :-

(n) عدد حاملات الشحنة الكهربائية (الالكترونات) لوحدة الحجم .

(e) شحنة الإلكترون .

(vd) متوسط سرعة الانجراف التي سببها المجال الكهربائي .

$$\sigma E = nev d$$

$$\sigma = \frac{nev d}{E}$$

.....(3)

لكن حركية الشحنة الكهربائية (μ) هي نسبة متوسط سرعة الانجراف إلى المجال الكهربائي المسلط .

$$\mu = \frac{vd}{E}$$

$$\sigma = ne\mu \text{(4)}$$

Hall Effect ظاهرة هول

ظاهرة هول أو تأثير هول ظاهرة كهربائية تحدث عندما يمر تيار كهربائي عبر مادة موصلة أو شبه موصلة موجودة في مجال مغناطيسي خارجي . وكانت خطوط الفيض المغناطيسي متعامدة مع اتجاه سريان التيار الكهربائي فان فرق جهد سوف يتكون على جهتي المادة وباتجاه عمودي على كل من التيار الكهربائي وخطوط الفيض المغناطيسي حيث تسمى القوة الدافعة الكهربائية المتولدة بفولتية هول (Hall Effect). وتكون فولتية هول باتجاه عمودي لكل من اتجاهي التيار وخطوط الفيض المغناطيسي.

ولأي مادة موصلة او شبه موصلة ، تتناسب فولتية هول طرديا مع شدة التيار وشدة المجال المغناطيسي. وكما في العلاقة الآتية :- (24)

$$V_h = R_h \frac{IB}{d}$$

عندما:-

(V_h) فولتية هول

(Rh) ثابت هول يعتمد على نوع المادة أو عدد ونوع حاملات الشحنة الكهربائية (الالكترونات أو الفجوات الموجبة) .

، (B) التيار الكهربائي والمجال المغناطيسي على التوالي .

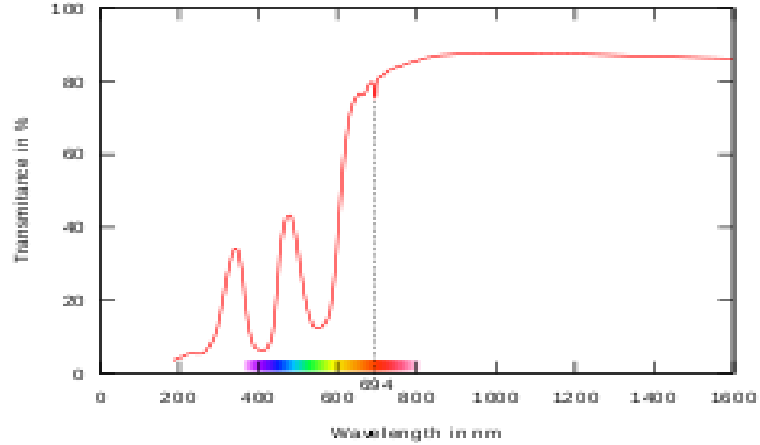
$$Rh = \frac{1}{ne} \text{ . سمك المادة. (d)}$$

إن إشارة ثابت هول يعتمد على نوع المادة ونوع حاملات الشحنة فإذا كانت الكترونات ستكون الإشارة سالبة وإذا كانت الفجوات ستكون الشارة موجبة .

كما أن المواد المختلفة تنتج فولتيات هول كهربائية مختلفة. ولهذا يستعمل العلماء تأثير هول بمثابة أداة تجريبية لمعرفة الخصائص الكهربائية للمواد المختلفة. فالفلزات على سبيل المثال، تنتج فولتية أقل بكثير من المواد شبه الموصلة. اكتشف تأثير هول الفيزيائي الأمريكي أدوين هول، عام 1879م. (25)

الفصل الرابع

الخواص الضوئية لأشباه الموصلات



النفاذية البصرية القريبة من الأشعة تحت الحمراء عبر الياقوت. لاحظ أشرطة الامتصاص العريضة الخضراء والزرقاء مع شريط امتصاص ضيق عند طول موجة 684 نانومتر وهي طول موجة الليزر الياقوتي.

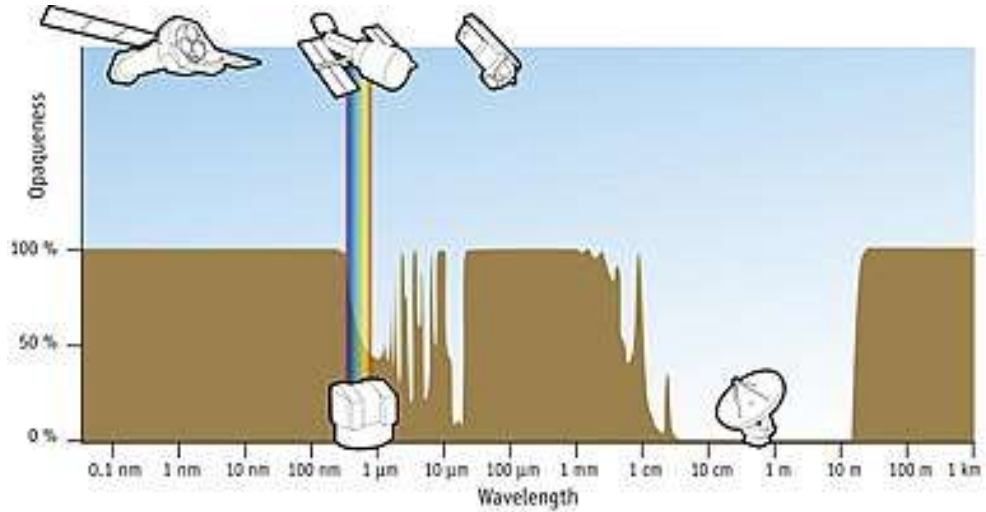
النفاذية في علم البصريات (بالإنجليزية: transmittance) والمطيافية هي مرور جزء من الشعاع الضوئي الساقط عند طول موجة محددة عبر العينة. فإذا كانت العينة شفافة خرج منها غير منقوصا ، وهذه حالة مثالية . أما في العادة فهو يفقد جزءا منه في عينة المادة بسبب امتصاصه في العينة ويضعف بالتدريج ، ويخرج من العينة الجزء الذي لم يمتص . لهذا يترافق مفهوم النفاذية مع مفهوم الامتصاص، والامتصاص [1] هو امتصاص العينة لجزء من الشعاع الضوئي الساقط عند طول موجة محددة. وقد يرد أيضا مصطلح "النفاذية المرئية" و"الامتصاص المرئي" التي تعبر عن أجزاء محددة من الطيف بما يسمى الطيف المرئي.

تحدث تلك الظاهرة أيضا في نفاذية ماء البحر للضوء ، تضعف شدة الضوء كلما زاد العمق في الماء - نظرا لامتصاص الماء تدريجيا للضوء ؛ حتى أعماق عميقة فيكون الماء معتما تماما ولا تصل إليه أشعة الشمس.

المعادلة التالية تتحكم في النفاذية ، أي في نسبة شدة الضوء النافذة إلى شدة الضوء الساقطة :

لاحظ أن مصطلح النفاذ (transmission) يشير إلى العملية الفيزيائية للضوء المار عبر العينة، في حين أن النفاذية تشير إلى الكمية الرياضية.

نفاذية الغلاف الجوي للأشعة (26)



الشكل 2: درجة امتصاص جو الأرض للأشعة المختلفة (اللون البني)، تُرى نافذتان يعتبر جو الأرض شفافا لهما : في نطاقي الضوء المرئي (الطيف) و الأشعة الراديوية (يمين)

تعتمد النفاذية على خاصية للمادة تسمى معامل التوهين . يعتمد معامل التوهين على طول موجة الشعاع الساقط . وبالنسبة للهواء ومي نفاذيته للضوء ، فيسقط على الأرض مختلف الأشعة ذات أطوال موجة مختلفة من ضمنها أطوال موجات الطيف . من حسن الحظ أن موجات ضوء الطيف لا يمتصها الهواء ولهذا يعم ضوء النهار عالم الأرض . ولكن الغلاف الجوي معتم لأشعة أخرى كثيرة مثل الأشعة فوق البنفسجية وأشعة إكس ، فمن الأشعة فوق البنفسجية يصل منها القليل إلى سطح الأرض ، وتشتت كلما ارتفعنا على الجبال العالية . أما الأشعة السينية القادمة من الشمس أو من نجوم سماوية أخرى

فتمتص في الغلاف الجوي ولا تصل على سطح الأرض . ولهذا نرسل المرصد الفضائية لدراسة الأجرام السماوية التي تشع أشعة إكس فتتلقى الأشعة عالياً قبل امتصاص الهواء لها .(27)

التداخل

تعد ظاهرة التداخل من أهم مميزات الحركة الموجية . حيث تقوى فيها الأمواج أو يُضعف بعضها بعضاً . فقد يحدث بسبب التداخل تقوية في مناطق معينة وضعف في مناطق أخرى تبعاً لكيفية تشابك هذه الأمواج أو تراكبها .

وبما أن للضوء طبيعة موجية فإن مفهوم التداخل يصف توافق الضوء تحت شروط معينة يحدث فيها هذا التداخل . ففي حالة تداخل موجات الضوء ، يصبح لون الضوء أكثر سطوعاً عندما تحدث التقوية ، ويخفتُ الضوء عندما يحدث الضعف . سنستخدم في هذا الدرس تعاريف مثل التداخل البناء أو التداخل الهدام وهي لا تعني هدم الضوء وإنما تُشير إلى أن وصولَ ضوءٍ قليلٍ إلى نقطةٍ ما يعني أن ضوءاً أكثر سيصل نقطةً أخرى . وهكذا فإن التداخل يتسببُ فقط في إعادة توزيع الضوء . يمكنك تلمس هذه الظاهرة (التداخل) بوضوح عندما يسقط الضوء على الأغشية الرقيقة مثل فقاعة الصابون أو طبقة من الزيت فوق سطح الماء .

تجربة يونج :

الهدف من التجربة :

1. اثبات الطبيعة الموجية للضوء .

2. قياس الطول الموجي لضوء أحادي الطول الموجي .

تُعرف تجربة يونج باسم تجربة الشقين الطويلين ليونج Young Double slit Experiment وقد أجراها العالم توماس يونج أول مرة عام 1801 . استخدم يونج في أول الأمر ثقبين بحجم نُقب الدبوس مَرَّرَ الضوء خلالهما . ثم وجد أنه بإمكانه الحصول على ضوءٍ أقوى باستخدام شَقَّين طوَلِيَّين متوازيين بدلاً منهما . فعندما جعلُ الضوء المارُّ في الشقين يسقطُ على ستارةٍ بعيدةٍ فإنه يكونُ أهداباً ساطعةً ومُعتمةً بالتعاقبِ تُسمى أهداب التداخل البناء والهدام .

تُجرى هذه التجربة عن طريق التداخل بين قطارين من موجات الضوء ، يصدر كل منهما عن شق ضيق في حاجز معتم ، بحيث يفصل بين الشقين المتوازيين مسافة صغيرة جداً ويبعدان نفس المسافة عن مصدر الضوء . ولذلك فإن أي تغيير في الموجة القادمة من المصدر يرافقه نفس التغيير في الموجات الصادرة من الشقين في نفس الوقت ، أي أن الموجتين الصادرتين لهما نفس الطور .

بعد مرور هاتين الموجتين من الشقين فإنهما تتداخلان وتسقطان على شاشة موضوعة على بعد مناسب من الشقين ، حيث يتكون نمط التداخل على الشاشة . عندما تصدر الموجات من الشقين وتصل منتصف الشاشة التي تقع على نفس المسافة من الشقين ، تتفق الموجتان في الطور ، وتتداخلان تداخلاً بناءً ينتج عنه هدب مضيء في مركز الشاشة . ويحدث التداخل البناء (تكوين أهداب مضيئة) في مواضع مختلفة عندما يكون فرق المسار بين الموجتين مساوياً أي عدد صحيح من الطول الموجي

أما التداخل الهدام فإنه يحدث وينتج عنه تكوين أهداب معتمة عندما يكون فرق المسار بين الموجتين الصادرتين من الشقين مساوياً مضاعفات فردية لنصف الطول الموجي . (28)

الامتصاصية الضوئية

امتصاص الضوء هو عملية يتم من خلالها امتصاص الضوء وتحويله إلى طاقة. تُعرف هذه العملية باسم التمثيل الضوئي في النباتات. ومع ذلك ، لا يحدث امتصاص الضوء على وجه الحصر في النباتات ، ولكن في جميع الكائنات / المواد غير العضوية. يعتمد الامتصاص على التردد الكهرومغناطيسي للضوء وطبيعة الجسم للذرات. وبالتالي فإن امتصاص الضوء يتناسب طردياً مع التردد. إذا كانت مكتملة ، يتم امتصاص الضوء. إذا لم تكن مكتملة ، فإن الضوء يمر عبر الكائن أو ينعكس. تحدث هذه العمليات عادة في نفس الوقت لأن الضوء عادة ما ينتقل على ترددات مختلفة. (على سبيل المثال ، يشتمل ضوء الشمس أيضاً على أضواء بترددات مختلفة ؛ من حوالي 400 إلى 800 نانومتر). لذلك ، فإن معظم الكائنات تمتص الضوء أو تنقله أو تعكسه بشكل انتقائي. عندما يتم امتصاص الضوء يتم إنشاء الحرارة. لذلك يحدث الامتصاص الانتقائي للضوء بواسطة مادة معينة لأن تردد الموجة الضوئية يطابق التردد الذي تهتز به الإلكترونات الموجودة في ذرات تلك المادة.

يعتمد الامتصاص على حالة إلكترون الكائن. تهتز جميع الإلكترونات بتردد معين ، والذي يعرف باسم ترددها "الطبيعي". عندما يتفاعل الضوء مع ذرة من نفس التردد ، تصبح إلكترونات الذرة متحمسة وتبدأ بالاهتزاز. خلال هذا الاهتزاز ، تتفاعل إلكترونات الذرة مع الذرات المجاورة وتحول هذه الطاقة الاهتزازية إلى طاقة حرارية. وبالتالي ، لا يمكن رؤية الطاقة الضوئية مرة أخرى ، ولهذا يختلف الامتصاص عن الانعكاس

والانتقال. ونظرًا لأن الذرات والجزيئات المختلفة لها ترددات طبيعية مختلفة من الاهتزاز ،
فإنها تمتص بشكل انتقائي ترددات مختلفة من الضوء المرئي.(29)

References

1. Jariwala, D., Sangwan, V. K., Lauhon, L. J., Marks, T. J. & Hersam, M. C. *ACS Nano* 8, 1102–1120 (2014).
 2. Kang, K. et al. *Nature* 520, 656–660 (2015).
 3. Chhowalla, M. et al. *Nature Chem.* 5, 263–275 (2013).
 4. Li, H., Wu, J., Yin, Z. & Zhang, H. *Acc. Chem. Res.* 47, 1067–1075 (2014).
 5. Scharf, T. W., Prasad, S. V., Mayer, T. M., Goeke, R. S. & Dugger M. T. *J. Mater. Res.* 19, 3443–3446 (2004).
 6. Doll, G. L., Mensah, B. A., Mohseni, H. & Scharf, T. W. *J. Therm. Spray Tech.* 19, 510–516 (2010).
 7. McCain, M. N., He, B., Sanati, J., Wang, Q. J. & Marks, T. J. *Chem. Mater.* 20, 5438–5443 (2008).
 8. Lee, Y.-H. et al. *Adv. Mater.* 24, 2320–2325 (2012).
 9. Song, I. et al. *Angew. Chem. Int. Edn* 53, 1266–1269 (2014).
 10. Jariwala, D. et al. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 110, 18076–18080 (2013).
 11. Sangwan, V. K. et al. *Nature Nanotechnol.* 10, doi:10.1038/nnano.2015.56 (2015)
 12. Feynman, Richard (1963). *Feynman Lectures on Physics*. Basic Books.
 13. "Silicon Semiconductor". *CallMe Engineer*. Retrieved 2017-02-15.
 14. Shockley, William (1950). *Electrons and holes in semiconductors : with applications to transistor electronics*. R. E. Krieger Pub. Co. ISBN 0-88275-382-7.
-

15. Neamen, Donald. "Semiconductor Physics and Devices" (PDF). Elizabeth A. Jones.
16. Abdul Al-Azzawi. "Light and Optics: Principles and Practices." 2007. March 4, 2016.
17. "How do thermoelectric coolers (TECs) work?". marlow.com. Retrieved 2016-05-07.
18. B.G. Yacobi, Semiconductor Materials: An Introduction to Basic Principles, Springer 2003 ISBN 0-306-47361-5, pp. 1–
19. Yu, Peter (2010). Fundamentals of Semiconductors. Berlin: Springer-Verlag. ISBN 978-3-642-00709-5.
20. the Mott formula for conductivity, see Cutler, M.; Mott, N. (1969). "Observation of Anderson Localization in an Electron Gas". Physical Review. 181 (3): 1336. Bibcode:1969PhRv..181.1336C. doi:10.1103/PhysRev.181.1336.
21. Charles Kittel (1995) Introduction to Solid State Physics, 7th ed. Wiley, ISBN 0-471-11181-3.
22. J. W. Allen (1960). "Gallium Arsenide as a semi-insulator". Nature. 187 (4735): 403–405. Bibcode:1960Natur.187..403A. doi:10.1038/187403b0.
23. Louis Nashelsky, Robert L.Boylestad. Electronic Devices and Circuit Theory (9th ed.). India: Prentice-Hall of India Private Limited. pp. 7–10. ISBN 978-81-203-2967-6.
24. Lidia Łukasiak & Andrzej Jakubowski (January 2010). "History of Semiconductors"(PDF). Journal of Telecommunication and Information Technology

25. Peter Robin Morris (1990) A History of the World Semiconductor Industry, IET, ISBN 0-86341-227-0, pp. 11
 26. E. Elangovan, K. Ramamurthi, 2005, "A Study on Low Cost – High Conducting Fluorine and Antimony – Doped Tin Oxide Thin Films", Applied Surface Science, Vol. 249, pp. 183-196.
 27. . S. Chacko , N. Sajeeth Philip, K.G. Gopchandran, Peter Koshy and V.K. Vaidyan, 2008, "Nanostructural and Surface Morphological Evolution of Chemically Sprayed SnO₂ Thin Films " , Applied Surface Science, Vol. 254, pp 2179–2186.
 28. . P. Y. Yu, and M. Cardona, 1966, "Fundamentals of Semiconductor", Springer – Verlag Berlin Heidelberg.
 29. . P. M. Gorley, V. V. Khomyak, S. V. Bilichuk, I. G. Orletsky. P. P. Horley, V. O. Gerchko. 2005, "SnO₂ Films:Formation, Electrical and Optical Properties", Material Science And Engineering B, Vol. 118, pp. 160-163.
 30. . Ivashchenko and I. Kerner, 2003, " Physical Approaches to Improvement of Semiconductor Gas Sensors Based on SnO₂ Thin Films ", Moldavian Journal of t
-