عنوان المحاضرة:

الخواص الكهربائية للمواد الصلبة

Electrical properties of solid materials

Dr. Ghassan Adnan

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الخواص الكهربائية للمواد الصلبة

تتكون المواد الصلبة من تجمع او تراص عدد كبير من الذرات المرتبة بشكل هندسي معين يعرف بالبلورة وتختلف هذه الذرات باختلاف العناصر الكيميائية للمادة المكونة لها،تتراوح انصاف اقطار الذرات من $0.46\ A^{O}$ الى $3.0\ A^{O}$.تحتوي عناصر المادة الصلبة على أيونات موجبة وسالبة أو على الكترونات،فعند التأثير على هذه الجسيمات المشحونة فان حركتها (العشوائية قبل التأثير) تتأثر لتصبح ذات حركة اتجاهية.ومن اهم العوامل التي تؤثر على هذه الحركة هي:

١- طاقة الكترونات التكافؤ الموجودة في الغلاف الخارجي للذرة.
٢- حركة برم الالكترونات في الذرة.
٣- الاعاقة الكهربائية التي تصاحب المجال الكهربائي والتخلف المغناطيسي المصاحب للمجال المغناطيسي.
٤- البنية البلورية للمادة الصلبة

الكترونات التكافؤ والكترونات التوصيل

الكترونات التكافؤ هي تلك الإلكترونات التي تشغل القشرة الخارجية للذرة وتستعمل لربط الذرات بعضها ببعض لتشكيل جزيئة أو بلورة ،ويختلف عدد الكترونات التكافؤ من عنصر إلى أخر ويكون بشكل عام اقل من العدد اللازم لإشباع أو ملء القشرة الخارجية للذرة الحرة.تكون الكترونات التكافؤ مقيدة بصورة غير محكمة (او غير مستقرة) ببقية اجزاء الذرة،فعند تقريب الذرات الحرة بعضها من بعض لتشكيل مادة في حالة الصلابة تتراكب الذرات المجاورة او تتشابك بحيث ان الكترون التكافؤ لذرة ما لم يعد مقيدا للذرة الام بل يكون منتميا للبلورة الكاملة بعد تكونها من تشابك الاعداد الكبيرة من الذرات ،اذ باستطاعة الالكترونات الحرة التنقل من أيون ما الى أيون اخر مجاور له اولا ثم الى أيون اخر مجاور له ثانيا وهكذا ،ان الالكترون المتنقل الذي يدعى الكترون التكافؤ لذرة حرة يصبح نفسه ما تسميه الكترون توصيل ،بناءا على ما تقدم تصبح جميع الكترونات التكافؤ للذرات المتشابكة الكترونات التوصيل للبلورة الناتجة من تشابك تلك الذرات،تستطيع الإلكترونات حمل تيار كهربائي (لذلك سميت بحاملات التيار) تحت تأثير مجال كهربائي خارجي ،أي أن التوصيل يكون ممكننا عند توفر أعداد كبيرة من الإلكترونات غير المقيدة بذرة خاصة بل تنتشر في كل مكان من البلورة لهذا سميت هذه الإلكترونات بالكترونات التوصيل.ان الكترونات التكافؤ تكون مسئولة عن الصفات الكيميائية بينما الكترونات التوصيل تكون مسئولة عن معظم صفات المادة الصلبة.

عدد الكترونات التوصيل لوحدة الحجم=عدد الكترونات التكافؤ لذرة منفردة x عدد الذرات لوحدة الحجم

Dr. Ghassan Adnan
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

التوصيل الكهربائي للمواد الصلبة

يعرف التوصيل الكهربائي للمواد الصلبة على انه قابلية انتقال الشحنة الكهربائية من موقع الى آخر في تلك المادة،تعتمد حركة الشحنة الكهربائية على نوع المادة الصلبة ،وتكون الشحنات الكهربائية على هيئة الكترونات او فراغات الكترونية Electronic Vacancy ،تتكون الفراغات الالكترونية في البنية البلورية ذات الأواصر التساهمية في حالة فقدان احد الكترونات المزدوج الالكتروني للآصرة ،كما يتكون الفراغ الإلكتروني في المواد ذات الأواصر الأيونية عند كسر الآصرة الأيونية فيتكون في هذه الحالة الكترون حر Free Electron ذو الشحنة السالبة وفجوة Hole ذات الشحنة الموجبة على الرغم انها في الحقيقة نقص في الشحنة السالبة ضمن البنية البلورية. في اتوصيل الأيوني يكون الوسيط الحامل للشحنات Charge Carries المنقولة اما أيونات موجبة او أيونات سالبة.اما في التوصيل الالكتروني فالالكترونات هي وسيط النقل.

ويرمز لمعامل التوصيل (التوصيلية)الكهربائي (σ)الذي هو حاصل ضرب عدد حاملات الشحنة (n) ومقدار الشحنة (q)التي يحملها الحامل الواحد وحركية Mobility (μ)حاملات الشحنة اي ان:اكتب المعادلة هنا.

$$\sigma = nq\mu \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

يمكن تصنيف المواد الصلبة بموجب معاملات توصيلها الكهربائي الى ثلاثة اصناف:

١- الموصلات Conductors: هي مواد جيدة التوصيل الكهربائي وهي مواد فلزية مثل (الذهب،الفضة ،النحاس،الالمنيوم....) يكون معامل التوصيل الكهربائي لها بحدود $10^{7}(\Omega.m)^{-1}$.
٢- أشباه الموصلات Semiconductors: هي مواد عازلة عند درجة حرارة الصفر المطلق وموصلة بشكل ضعيف عند درجة حرارة الغرفة مثل (السيلكون ،الجرمانيوم ،كبريتيد الخارصين...) يكون معامل التوصيل الكهربائي لها بحدود $10^{2}(\Omega.m)^{-1}$.
٣- العوازل Insulators: هي مواد رديئة التوصيل الكهربائي او عازلة كهربائيا مثل (الأبونيت،المطاط ،البلاستك،الزجاج ،الخزف) يكون معامل التوصيل الكهربائي لها بحدود $10^{-8}(\Omega.m)^{-1}$.

التوصيل في الفلزات (المعادن)

الذرة المعدنية: هي ذرة يحوي مدارها الخارجي عددا قليلا من نسبيا من الكترونات ذات ارتباط ضعيف بنواتها ولذلك تستطيع الهروب من تلك الذرة بسهولة أي إن طاقة تأينها واطئة نسبيا.

المعدن الصلب: فهو مادة ذات لمعان معدني وذات كثافة عالية وجيدة التوصيل للحرارة والكهربائية،ولكن عامل التوصيل الكهربائي يقل بارتفاع درجة الحرارة . عند تقريب الذرات

Dr. Ghassan Adnan
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الأساسية بعضها من بعض تتراكب غيمة الكترونات الذرات المتجاورة أي تتشابك بحيث تسهل هجرة الكترونات التكافؤ من ذرة إلى أخرى،وفي هذه الحالة ليست هنالك الكترونات معينة تابعة لذرة معينة بل يمكن اعتبار المعدن الصلب مكونا من صفوف مرتبة لايونات موجبة الشحنة (كاتيونات) مرتبة داخل بحيرة من الإليكترونات السالبة الشحنة (أنيونات) المهاجرة من ذراتها .تكون حركة الإلكترونات المكونة لهذه البحيرة حسب النظرية الكلاسيكية حرة الحركة في داخل المعدن الصلب ولكنها ليست تامة الحرية حيث إن حركتها تقاوم بالمجال الكهربائي للأيونات المعدنية الموجبة الذي يتطلب طاقة لقذف إلكترون من هذه البحيرة إلى خارج سطح المعدن .وتكون الإلكترونات المكونة لهذه البحيرة مسئولة عن القابلية العلية جدا للتوصيل الكهربائي والحراري للمعادن الصلبة .

الخواص الشائعة للفلزات تتمثل بما يلي:

١- التوصيل الكهربائي والحراري الجيد.
٢- المتانة Strength.
٣- العاكسية الضوئية Optical Reflectivity المسئولة عن تميز الفلزات بمظهرها البراق.

تعتمد هذه الخواص على البنية الذرية وعلى عدد الكترونات التكافؤ لكل ذرة حرة.

ان عدد الكترونات التوصيل في فلز في وحدة الحجم يعطى بالعلاقة:

$$n = Z\left(\frac{\rho}{M}\right)N_A \ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

Z:العدد الذري ،M:الوزن الذري للفلز ،ρ:كثافة الفلز،N_A:عدد افوكادرو (6.0225×10^{23}) ذرة لكل مول.

الغاز الإلكتروني الحر :إن اعتبار الكترونات التوصيل ذات حرية حركة كاملة داخل البلورة يعني عدم تعرضها لأي نوع من الاصطدام (عدا اصطدامها مع سطح البلورة وانعكاسها منه) وهذا يشبه حركة ذرات غاز مثالي ولذلك يطلق على الإلكترونات التوصيل مصطلح الغاز ((الإلكتروني الحر)) أو ((الغاز الالكتروني الحر)) Free Electron Gas.

ما الفرق بين الغاز الالكتروني الحر في معدن عن جزيئات الغاز؟

أولا:يكون الغاز الإلكتروني الحر ذا شحنة سالبة بينما تكون جزيئات الغاز الاعتيادية متعادلة الشحنة ،ولذلك يمكن اعتبار الغاز الإليكتروني الحر في معدن مثل (البلازما) وهي مادة عالية التأين فيها أعداد متساوية من النويات الذرية المؤبنة والالكترونات الطليقة.

ثانيا: يكون تركيز الالكترونات في المعدن كبيرا جدا (حوالي 3×10^{28} إلكترون لكل متر مكعب أو أمثر)بينما يكون تركيز الغاز الاعتيادي (حوالي 10^{25} جزيئة لكل متر مكعب).

Dr. Ghassan Adnan
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com