

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم فيزياء



مذكرة ماستر أكاديمي

الميدان : علوم المادة

التخصص: فيزياء المواد

يحضر من طرف الطالبة : بومعزة مارية

الموضوع :

قياس المقاومة الكهربائية بدلالة درجة الحرارة لسبيكة



تناقش يوم 2016/05/25

أمام اللجنة المتكونة من :

رئيسا

جامعة قاصدي مرباح

د- بن طويلة عمر

ممتحنا

جامعة قاصدي مرباح

د- محمدي لزهري

مؤطرا

جامعة قاصدي مرباح

أ- عاشوري عبد الرحيم

السنة الجامعية: 2015/2016

# الأهداء

الحمد لله، الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدي لولا أن أهدانا الله، الحمد لله والشكر له والسلام على رسوله الكريم .

إلى من كلله الله بالهبة والوقار ..... إلى من علمني العطاء بدون انتظار ..... إلى من أحمل اسمه بكل افتخار ..... أرجو من الله أن يمد في عمرك لترى ثمار قد حان قطفها بعد طول انتظار وستبقى كلماتك نجوما اهتدي بها إلى اليوم وفي الغد و إلى الأبد

أبي العزيز

إلى من سهرت وتعبت في تعليمي ، إلى من كانت دعواتها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي إلى أغلى الحبايب

أمي الحبيبة

والى كل من أرى فيهم التفاؤل بأعينهم ، والسعادة في ضحكتهم إلى الوجوه المفعمة بالبراءة والمحبتكم أزهرت وفتحت براعم الغد

إخوتي : هاجر — سيف الله — أسماء — عبد الله — نسرين

والى زوجة أخي و أولاد أخي وخالاتي وكل عائلتي

إلى أخواتي التي لم تلدهن أمي ..... إلى من تحلو بالإحساء وتميزوا بالوفاء والعطاء إلى ينايع الصدق الصافي إلى من معهم

سعدت، وبرفقتهم في دروب الحياة الحلوة والحزينة سرت إلى من كانوا معي على طريق النجاح والخير

إلى من عرفت كيف أجدهم وعلموني أن لا أضيعهم

صديقاتي

# الشكر والتقدير

شكرا لله تعالى الذي أنار لي دربا من دروب المعرفة

أقدم أسمى عبارات الشكر الجزيل إلى أستاذي المشرف "عاشوري عبد الرحيم" على توجيهاته ومساعدته طيلة انجاز هذا البحث ،  
كما أتقدم بجزيل الشكر إلى الأستاذين على مساعدتهما المطة في لجنة المناقشة "بن طويلة عمر ومحمدي لزهري" كما أتقدم بجزيل  
الشكر كل من مد لي يد العون والمساعدة في إخراج هذه الدراسة على أكمل وجه وإلى كل اساتذة كلية الرضيات وعلوم المادة  
وإلى كل زملاء والطلبة .

الصفحة	الفهرس
I	الإهداء .....
II	الشكر والتقدير .....
III	ملخص .....
VI	قائمة الجداول .....
XI	قائمة الأشكال .....
01	مقدمة عامة .....
<b>الفصل الأول: المواد البلورية و اللابلورية</b>	
03	1-1: مقدمة .....
03	2-1: المواد الصلبة البلورية .....
03	3-1: المواد الصلبة اللابلورية .....
04	4-1: شبكة البلورية .....
04	5-1: البنية البلورية .....
05	6-1: التمييز بين المواد البلورية و اللابلورية من خلال منحنى الانصهار .....
06	7-1: السبائك .....
06	1-7-1: تعريف السبائك .....
06	2-7-1: سبائك المعادن .....
07	3-7-1: خصائص ومعايير اختيار سبيكة المعادن .....
08	8-1: النحاس .....
09	9-1: الألمنيوم .....
10	10-1: الزركنيوم .....
<b>الفصل الثاني : الانتقال الالكتروني</b>	
12	1-2: مقدمة .....
12	2-2: الانتقال الالكتروني .....
12	1-2-2: الانتقال الالكتروني المباشر .....
13	2-2-2: الانتقال الالكتروني الغير المباشر .....
15	3-2: الناقلية الكهربائية .....
15	4-2: المقاومة الكهربائية .....
16	5-2: تأثيرات الحرارية .....
17	1-5-2: تأثير سبيك .....
17	2-5-2: تأثير بلتبه .....
18	3-5-2: تأثير طومسون .....

## الفصل الثالث : التركيب التجريبي النتائج التجريبية ومناقشة النتائج

21	1-3: مقدمة.....
21	2-3: المبدأ التجريبي لقياس المقاومة الكهربائية .....
23	3-3: التركيب التجريبي .....
25	4-3 : النتائج المتحصل عليها .....
25	5-3:ترجمة منحى المقاومة الكهربائية لسبيكة $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$ .....
26	6-3: دراسة مورفولوجية لعينات من سبيكة $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$ .....
26	1-6-3:جهاز الماسح الالكتروني .....
27	2-6-3: تاريخ الميكروسكوب الالكتروني الماسح .....
27	3-6-3:المكونات الأساسية للميكروسكوب الالكتروني الماسح .....
29	4-6-3:كيفية عمل الجهاز الميكروسكوب الالكتروني الماسح .....
29	5-6-3: تشغيل الميكروسكوب الالكتروني الماسح .....
29	6-6-3:مبدأ عمل الميكروسكوب الالكتروني الماسح .....
30	7-6-3: مميزات الجهاز الميكروسكوب الالكتروني الماسح .....
30	7-3: صور العينة تحت المجهر الالكتروني الماسح .....
34	8-3: تفسير صور العينة تحت المجهر الالكتروني .....
35	الخاتمة العامة .....
36	المراجع .....

## قائمة الجداول والأشكال

### قائمة الجداول

10 جدول (1-1): الخصائص الفيزيائية لكل عنصر

### قائمة الأشكال :

3 الشكل (1-1): تموضع ذرات مادة لابلورية.

3 الشكل (2-1): تموضع ذرات مادة بلورية .

5 الشكل (3-1): تكوين بنية بلورية .

5 الشكل (4-1): منحني انصهار لمادة بلورية .

6 الشكل (5-1): منحني انصهار لمادة لابلورية .

8 الشكل (6-1): نحاس .

9 الشكل (7-1): الألمنيوم .

10 الشكل (8-1): الزرنيوم .

14 الشكل (1-2): أنواع الانتقالات الالكترونية .

17 الشكل (2-2): وصف تخطيطي لظاهرة سبيك.

18 الشكل (3-2): وصف تخطيطي لظاهرة بلتية .

19 الشكل (4-2): وصف تخطيطي لظاهرة طومسون .

21 الشكل (1-3): رسم تخطيطي يوضح المبدأ التجريبي لقياس المقاومة الكهربائية .

22 الشكل (2-3): رسم تخطيطي يوضح مقطع العينة .

23 الشكل (3-3): رسم تخطيطي يوضح التركيب التجريبي .

- 25 الشكل (4-3) : منحنى المقاومة الكهربائية  $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$  بدلالة درجة الحرارة .
- 26 الشكل (5-3) : الميكروسكوب الإلكتروني الماسح .
- 27 الشكل (6-3) : صور توضح المكونات الأساسية للمجهر الإلكتروني الماسح .
- 28 الشكل (7-3) : صور توضح غرفة العينة .
- 30 الشكل (8-3) : صور للعينة تحت درجة (  $20^{\circ}C$  ) عرضت لجهاز SEM
- 31 الشكل (9-3) : صور للعينة تحت درجة (  $500^{\circ}C$  ) عرضت لجهاز SEM
- 31 الشكل (10-3) : صور للعينة تحت درجة (  $545^{\circ}C$  ) عرضت لجهاز SEM
- 32 الشكل (11-3) : صور للعينة تحت درجة (  $600^{\circ}C$  ) عرضت لجهاز SEM
- 32 الشكل (12-3) : صور لعينة تحت درجة (  $645^{\circ}C$  ) عرضت لجهاز SEM
- 33 الشكل (13-3) : صور للعينة تحت درجة (  $720^{\circ}C$  ) عرضت لجهاز SEM
- 33 الشكل (14-3) : صور للعينة تحت درجة (  $850^{\circ}C$  ) عرضت لجهاز SEM

### المقدمة العامة

تعتبر الطاقة احد الركائز الأساسية التي تحتاج إليها معظم القطاعات في المجتمع المتحضر وذلك لإستخداماتها العديدة في حياتنا اليومية، وهي تعتبر إحد المؤثرات الهامة التي يمكن أن تتبادلها الأجسام فيما بينها لتغير الحالة المادية لها في شروط وظروف معينة .

إن قياس المقاومة الكهربائية والاستطاعة الكهروحرارية PTA للمعادن أو السبائك هي من بين التقنيات الناجعة لتحديد درجات الحرارة التي تحدث عندها تغيرات للطور أو تغيرات بنيوية أخرى ، فبالنسبة للمواد أو السبائك الغير البلورية مثلا فالتغير الذي يحدث للطور يعني وجود انتقال من الحالة الغير بلورية إلى الحالة البلورية .

ولهذا حاولنا في هذه المذكرة المساهمة في دراسة كهر وحرارية و مورفولوجية لسبيكة  $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$  الابلورية ، أين حاولنا تقسيم هذه المذكرة إلى ثلاثة فصول، الفصل الأول والثاني نظريين أما الثالث فارتأينا أن يكون تجريبيا بحتا .

تطرقنا في الفصل الأول إلى التعريف بالمواد البلورية والمواد غير البلورية، ومفهوم السبيكة المعدنية وخصائص ومعايير اختيارها ، و كذلك الخصائص الفيزيائية لعناصر تكوين السبيكة المدروسة ، أما في الفصل الثاني فحاولنا توضيح بعض المفاهيم المهمة في عملنا التجريبي كالانتقالات الالكترونية ، المقاومة الكهربائية و كذلك التأثيرات الحرارية التي تحدث خلال الانتقال الإلكتروني بفعل الحرارة المطبقة . الفصل الأخير تطرقنا فيه إلى التركيب التجريبي والمبدأ التجريبي لقياس المقاومة الكهربائية و في الأخير حاولنا تفسير النتائج المتحصل عليها (المنحنى وصور العينة تحت المجهر الإلكتروني).



# الفصل الأول

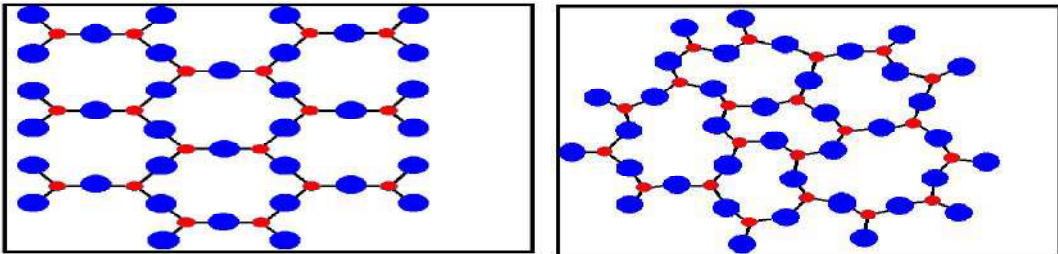
المواد البلورية و الابلورية

تتواجد المادة في الطبيعة على أربعة حالات سائلة ، صلبة، غازية وبلازما ، حيث تتكون المادة من ذرات و جزيئات دائمة الحركة ، يختلف التركيب البنائي لها من حالة إلى أخرى حسب قوى الربط المسيطرة عليها، ويمكن تمييز كل حالة عن الأخرى فيزيائيا بالنظر في خاصية السريان أو التدفق flow، حيث يمكن تحويل المادة من شكل إلى آخر عن طريق تغير الظروف المحيطة مثل الضغط ودرجة الحرارة أما بالنسبة لخصائصها فهي تختلف باختلاف الحالة المتواجدة عليها ومن بين حالات المادة الأربعة نجد الحالة الصلبة والتي بدورها يمكن تصنيفها إلى قسمين رئيسيين يعتمد كل منهما على الترتيب الهندسي الداخلي لذرتها وهما :

### 1-2-المواد الصلبة البلورية

وفيهما ينتظم ترتيب الذرات في الفراغ، بحيث تشكل نمط هندسيا دوريا يتكرر باستمرار، حيث ينتشر هذا النمط ليشغل كل أجزاء المادة ، عندها نستطيع القول أنه لدينا بلورة وحيدة، أما إذ توقف إطرء دورية النمط الهندسي عندما يسمى بحدود الجسيمات فإن المادة حينئذ تكون متعددة البلورات، أي تتكون من مجموعة من حبيبات أو البلورات الأحادية الصغيرة في اتجاهات مختلفة. [1][2]

3-1- المواد الصلبة الغير البلورية وتطلق صفة الغير بلورية على المواد الصلبة التي تتخذ بذراتها و جزيئاتها توزيعا عشوائيا غير منتظم ، فعند تحول المادة من الحالة المائعة (الغازية ، السائلة ) إلى الحالة الصلبة وتوصف بالمواد الصلبة اللابلورية، بحيث توصف كذلك أنها لا شكلية، بمعنى أنها لا تتخذ شكلا مميز ،و زجاجية أيضا نظرا لأنها تتشابه مع الزجاج في عشوائية ترتيب الذرات. [1][2]



الشكل(1-2)تموضع ذرات مادة بلورية

الشكل(1-1)تموضع ذرات مادة لابلورية

وهناك مواد جامدة لا تنتمي تماما لأي نوعين المذكورين ، حيث أنها تقع بدرجات متفاوتة بين الحالتين ، الكاملة المتبلورة و اللابلورية ، ويمكن وصف الترتيب الجزئي للذرات فيها بتعيين ما يسمى " بدرجة التبلور " ، ويمتد الترتيب المنتظم في بعض هذه المواد شبه البلورية إلى مسافات قصيرة ، فيوصف بأنه ذو مدى قصير ، مقارنة بالترتيب ذي المدى الطويل في مواد كاملة التبلور .

أن الحالة البلورية هي الحالة الطبيعية لغالبية المواد الصلبة . نظرا لأن طاقة الترتيب المنتظم للذرات تكون أقل من طاقة التوزيع العشوائي لها ، ومعنى أخرى أن الذرات المادة ليس لديها فرصة لترتيب نفسها كما ينبغي ، كأن تكبح حركتها مثلا فلا تستطيع ، وكذلك تكون المادة لا بلورية . مثال الكربون "الزجاجي" الناتج من عملية التحلل عند درجات حرارة منخفضة وفي حالات أخرى لإنتاج الفرصة لنمو البلورات من سوائل عالية اللزوجة عند تبريدها بسرعة ، حيث يؤدي التبريد الفائق Supercooling إلى تجميد السائل بنفس النمط الغير بلوري لترتيب جزئياته لكن مثل هذه المواد "الزجاجية" يمكنها اكتساب الحالة البلورية بصورة كلية أو جزئية عن طريق معالجتها حراريا بعملية تسمى التلدين أو التخمين Annealing وهي عملية تسخين يعقبه تبريد المعادلات بطيئة منتظمة .

الشبكة + القاعدة = التركيب البلوري [1]

#### 4-1- الشبكة البلورية

هي نوع من التمثيل الرياضي لنمط ترتيب نقطي معين ، حيث يتم التوزيع عدد لانهائي من النقاط بطريقة هندسية تظهر ترتيب شبكيا متوازيا يتميز بالتماثل والتكرار المنتظم الدورية في الفراغ بحيث تكون البيئة المحيطة بأي نقطة منها متشابهة تماما للبيئة المحيطة بأي نقطة أخرى .

#### 5-1- البنية البلورية

هي عبارة عن تجمع عدد لانهائي من الوحدات الذرية المتماثلة تكرر بشكل دوري ومنتظم في جميع الاتجاهات الفضاء ، تتميز البنية البلورية باستقرارها غالبا وامتلاكها كثافة طاقة أصغريه وهذا التميز يحقق المعالم التالية:

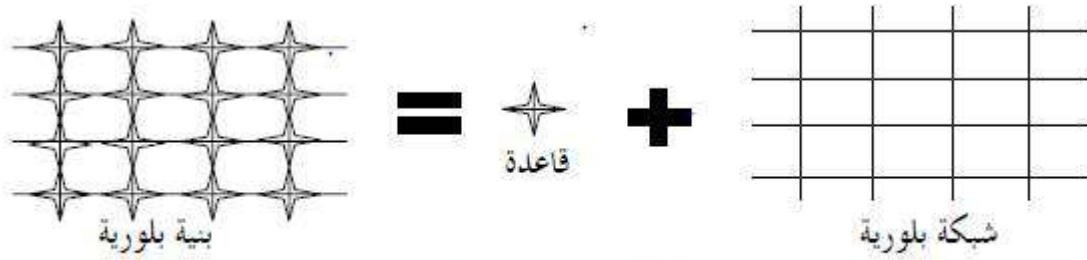
(1) تحافظ على الاعتدال الكهربائي في البلورة .

(2) تكون جميع الروابط بين الذرات محددة .

3) تبقى شدة التدافع (أيون - أيون) أصغريه

تدعى الوحدات بوحدة البناء البلوري أو القاعدة (الأسس) تمثل كل قاعدة بنقطة هندسية تدعى عقدة ومجموعة عقد الموزعة بانتظام ودورية تشكل ما سميناه بشبكة بلورية ، فالبنية البلورية ما هي إلا تتابع منتظم للقاعدة المتواضعة في نقاط الشبكة البلورية الموزعة بشكل دوري في الفراغ، حيث يجب أن تتكون القاعدة من ذرة أو مجموعة من الذرات خاضعة لشروط الدورية نفسها.

كما هو الحال في بلورات الحديد ، النحاس ، الفضة . [1]



الشكل (3.1): تكوين بنية بلورية مستوية

## 1-6- التمييز بين المواد البلورية وغير البلورية من خلال منحنى الانصهار

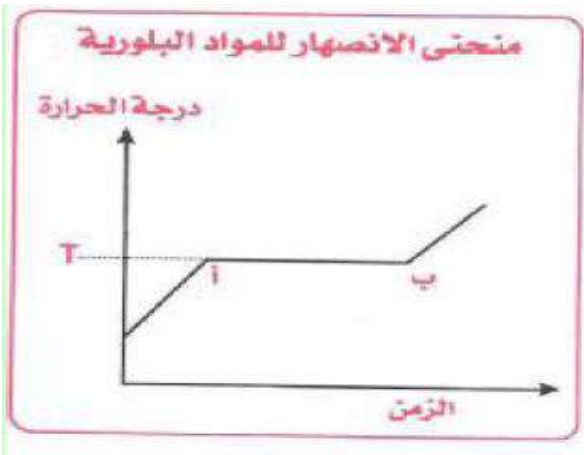
منحنى الانصهار : رسم بياني يبين العلاقة بين درجة الحرارة (T) وزمن التسخين (t) ويمكن التمييز بين المواد الصلبة البلورية وغير

البلورية من خلال منحنيات الانصهار ، ويتم ذلك علميا :

- بتسخين المادة الصلبة في فرن ويغمس في المادة ثيرمو متر ثم نلاحظ التغيرات . [3]

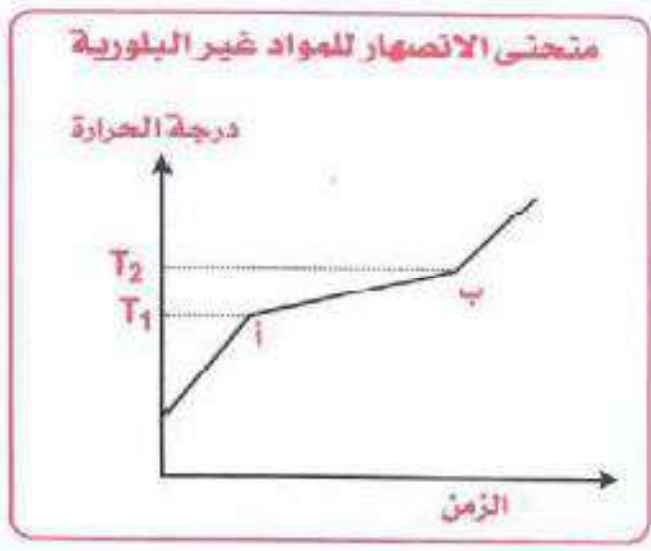
### أ- منحنى التسخين للمادة الصلبة البلورية

عند التسخين ترتفع درجة الحرارة حتى تصل إلى نقطة (أ) كما هي موضح في الشكل 1 عند النقطة (أ) تكون المادة في الحالة الصلبة والسائلة (في حالة توازن) ودرجة الانصهار وتكون عند النقطة (T) على محور الصادات .



الشكل (1-4): منحنى انصهار المواد البلورية

ب- منحنى التسخين للمواد غير البلورية



وفيها نجد انه في حالة (ا-ب) شكل 2 تزداد درجة الحرارة زيادة طفيفة ، يعكس المادة البلورية فإنها تثبت . كذلك نلاحظ أن درجة انصهار هذه المادة الغير البلورية غير محددة أي يكون من  $T_1$  إلى  $T_2$ . بينما المواد البلورية درجة انصهارها ثابتة عند  $T$

الشكل (1-5): منحنى الانصهار للمواد غير البلورية

7-1- السبائك

يعتبر فن السباكة والصب من أول الأساليب التي عرفها الإنسان في حضارات السابقة . ثم الأخذ ذلك المجال في الاتساع والتطور نقبل التعرف على خصائص ومعايير اختيار السبيكة بجدر بنا معرفة ما معني السبيكة ولقد تطور عبر حضارات [حضارة المصرية والإغريقية والشرق أقصى ...] .

1-7-1- تعريف السبائك

عبارة عن مادة لها خواص معدنية تتألف من عنصرين أو أكثر، تم خلطها معا بعدة طرق بهدف الحصول على مركب جديد أو بهدف تحسين الخواص الميكانيكية والكيميائية للمعادن حيث يجب أن يكون من بين هذه العناصر فلزا واحد على الأقل . ويمكن تقوية معظم الفلزات النقية بإضافة نسب صغير من فلزات أخرى إليها .

1-7-2- سباكة المعادن

هي عملية تشكيل جسم معدني حيث يصهر المعدن ويصب في قالب ، فيأخذ بذلك شكل القالب عند تجمده ،ومنه فإن شكل الجسم المصبوب يحدد بشكل تجويف القالب .

### 1-7-3- خصائص ومعايير اختيار السبائك المعدنية

عند تنفيذ مخطط مجسم يكون شكله تشكله مناسب مكان المراد عرضه فيه، الذي قد يكون عرضة للأجواء الخارجية كالرطوبة والحرارة والرياح ... أو عندما نريد إظهار بدقة تفاصيل دقيقة للمحتوى التصميم، أو التحكم في الألوان والإمكانات الخاصة بالتشكيل، فلا بد لنا مراعاة وضبط المقاييس الخاصة بالسبائك على حسب الخصائص المطلوبة.

#### أ) درجة الانصهار

هنالك بعض المعادن التي تحتاج إلى درجة حرارة عالية للانصهار، ولكن في حالة سبكها مع معادن أخرى درجة انصهارها منخفضة، نحصل على سبيكة تنصهر في درجة حرارة أقل، ما يجب ألا نغفل عنه أثناء تكوين السبيكة هو البدء أولاً بصهر المعادن التي تحتاج إلى درجة حرارة عالية لانصهارها، ومن ثم يضاف إليها العناصر (المعادن) التي درجة انصهارها منخفضة، وبعدها يتم تخمير المعدن المضاف، حتى لا يحدث فرقات وانفجار.

#### ب) سيولة السبيكة

يجب مراعاة سيولة السبيكة أثناء عملية صب المعدن، لضمان وصوله إلى جميع أجزاء القالب وخصوصاً في الأجزاء الدقيقة منه، لأن ذلك يجعل العمل أكثر دقة، كما أن هنالك بعض المعادن سريعة الانكماش والتجمد والتفاعل مع الأكسجين، كالنحاس، الذي يحتل المرتبة الأولى في هذه الصفة، أما البعض الآخر فتطول درجة انكماشه وتجمده، مما يسهل عملية سريان المعدن بداخل القالب وبالتالي نقل جميع التفاصيل الدقيقة، كالزنك والقصدير والرصاص والفضة، وهذه المعادن تمثل المرتبة الثانية من حيث سيولة المعدن العالية، ففي حالة سباكة النحاس مع أحد العناصر فإنه يعطي نتائج مرضية من حيث سهولة جريان المعدن بداخل القالب، والحصول على أعمال دقيقة وجميلة.

#### ج) مقاومة وصلابة السبيكة

يجب اختيار السبيكة المناسبة للأجواء التي سيتم عرض الأعمال المعدنية المسبوكة فيها، فمثلاً عند سباكة القصدير أو النحاس أو الزرنيوم مع الزنك، فإن ذلك يزيد من مقاومتها وقوتها وصلابتها.

### د) مقاومة السبيكة للتآكل

يؤكد قдал (1998) على أن هذه الخاصية هامة لإنجاز أغلب الأعمال المعدنية الميدانية ، فبعض المعادن ذات قابلية عالية للامتصاص الأكسجين أثناء عملية الانصهار مثل النحاس ، وبالتالي تكون قابليتها للتأكسد أعلى و هو خام ، مما يؤثر على مقاومتها للتآكل ، فيضاف إليه القصدير أو الألمنيوم أو الزنك مما يزيد مقاومتها للتآكل ، وقد يدخل في التركيب أيضا السيلكون والفسفور بنسب ضئيلة في السبيكة لجعلها أكثر مقاومة للظروف الجوية .

### و) إمكانية تقبل السبيكة للمعالجات المختلفة

تعتبر هذه الخاصية من الصفات الهامة التي يجب على الصانع مراعاتها أثناء اختيار نوعية السبيكة المراد استعمالها ، فلا بد أن تكون قابليتها للمعالجات المختلفة كدرجة لون معينة ، أو التأكد على خاصية معينة كالبريق المعدني ، أو الحفر، أو الطرق ، أو الصقل، أو التلميع ، أو التنظيف أو التلوين عليها ( استعمال الطلاء الكهربائي ) .

### هـ) تكلفة السبائك

هنالك بعض المعادن التي ترتفع نسبة تكلفتها المادية كالذهب والفضة والكروم والنحاس ، بينما تقل تلك التكلفة في بعض الأخر كالحديد و الألمنيوم والقصدير ، فحين يسبك النحاس مثلا مع عناصر أخرى كالقصدير أو الألمنيوم... الخ ، تقل تكلفة السبيكة ، فالإنخفاض النسبي لتكلفة السبائك يؤدي إلى التوسيع في تشكيل الأعمال الفنية المحسمة بالمعادن ، كما سيكون بالإمكان صهر الأجسام المعدنية التالفة والاستفادة منها عن طريق إعادة تشكيلها . [4]

### 8-1 - النحاس



شكل 1-6 : النحاس

الشكل 1-6 يمثل عنصر النحاس احمر اللون كثافته الذرية  $63.54g/m$  ودرجة انصهاره  $1083\text{ }^{\circ}C$  ، يتميز بقابلية الطرق

و توصيليته للحرارة والكهرباء يتأثر بالهواء الرطب الذي يغلفه بطبقة من الأملاح التي ترسب حوله . و يستخدم في السقوف

والأواني والأجهزة الكهربائية . [5]

وجوده في الطبيعة

تختلف كمية النحاس الكلية في الأرض بين 2-100 جزء من المليون ، حيث يوجد عادة في التربة في بعض المعادن الغير قابلة للذوبان مثل الكبريت والأزورائت وغيرها ، قد يوجد كذلك في بعض الأحيان كعنصر النحاس أو الأملاح غير الذائبة كالفوسفات والهيدروكسيدات والكربونات ، وهناك كميات قليلة ذائبة في محلول الأرضي أو مدمصة بشكل ايونات نحاس ثنائية التكافؤ  $Cu^{2+}$  في التربة بجانب ما تحتويه المادة العضوية من أشكال غير قابلة لإفادة النبات مباشرة من هذا العنصر ، وتتأثر إفادة النبات من النحاس بعدد من العوامل، فالأراضي العضوية تحجز النحاس بشدة بحيث يزداد حجر النحاس في التربة بزيادة محتواها من المادة العضوية وذلك لتكوينه مركبات معقدة مع الدبال. [6]

1-9-الألمنيوم



الشكل 1-7 : الألمنيوم

الشكل 1-7 يمثل عنصر الألمنيوم حيث الألمنيوم هو معدن أبيض لامع يتميز بخصائصه النسبية ويذوب تحت درجة  $660,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  موصل جيد للحرارة والكهرباء، قابل للطرق أو الصقل حيث تصنع منه ألواح وأسلاك في غاية الدقة تستعمل في صناعة الأواني المنزلية وسواها وهو أكثر المعادن اشتمالاً للصناعة بعد الحديد. [5]

**وجوده في الطبيعة :** لا يوجد الألمنيوم حراً في الطبيعة لأنه من الفلزات الفعالة، فهو يوجد متحداً مع غيره من العناصر ضمن المركبات المتنوعة. والألمنيوم أوسع الفلزات انتشاراً في قشرة الأرض ، فهو يلي الأكسجين 46% والسيليكون 28% في سعة انتشاره . إذ يُولف الألمنيوم نحو 8% من صخور القشرة الأرضية والطين، ورغم انتشار سليكات الألمنيوم المعقدة في الصخور والطين ، فإنها لا تصلح لاستخلاص الألمنيوم منها حالياً. وذلك بسبب الكلفة العالية اقتصادياً. ويعتبر البوكسيت  $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$  (وهو أكسيد الألمنيوم المائي) الخام الرئيسي للألمنيوم ، فهو أهم خام يستعمل لإستخلاص الفلز . بينما يعتبر الكريولات  $Na_3AlF_6$  وهو فلوريد مزدوج من الصوديوم والألمنيوم من المصادر المهمة المستعملة لإستخلاص الفلز. [7]



10-1- الزركنيوم



الشكل 1-8 : الزركنيوم

الشكل 1-8 يمثل الزركنيوم ذو نقطة انصهار الزركنيوم العالية التي تبلغ 1855 درجة مئوية، وصلابته الشديدة وقلّة فعاليته الكيميائية فهو من أقدم المعادن الموجودة في الأرض ويوجد أحيانا في طبقات أرضية غنية باليورانيوم و الثورا نيوم مما يجعله صالحا للاستناد عليه في التاريخ الجيولوجي، حيث يعود تاريخ أقدم الصخور التي عثر عليها في استراليا التي تحتوي على بلورات الزركنيوم إلى 4 و5 مليار سنة سبقت.

**وجوده في الطبيعة :** يوجد عنصر الزركنيوم في الطبيعة بشكل واسع، نسبة توافره تبلغ 28 ألف من المئة، ويحل في المرتبة الـ11 من حيث تواجدته في الطبيعة قبل عناصر أخرى كثيرة مشهورة، يتواجد في الطبيعة في شكل معدنين رئيسيين وهما الزركنيون وأكسيد الزركنيوم إذ يستخدم بشكل أساسي في المفاعلات النووية بسبب أن له مساحة صغيرة للتفاعل مع النيتروونات. [8]

الخصائص الفيزيائية للعناصر Cu و Al و Zr

جدول رقم (1-1) : الخصائص الفيزيائية لكل عنصر

العنصر	رمزه	عدده الذري	كتلة الذرية g/mol	درجة الانصهار °C	درجة الغليان °C	بنية الالكترونية
النحاس	Cu	29	63,546	1083	2595	
الالمنيوم	Al	13	26,98154	660,4	2467	1
الزركنيوم	Zr	40	91,224	1855	4375	[Kr]4d <sup>2</sup> 5S <sup>2</sup>

# الفصل الثاني

## الانتقال الالكتروني

## 2-1-1 المقدمة

تعرف الكهرباء الحرارية أو التحويل الحراري: على انه واحد من المصادر الحديثة للطاقة المتجددة ،و يعتبر تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة كهربائية واحد من أهم مصادر الطاقة في العصر الحديث عن طريق عملية الانتقال الإلكتروني والذي نستطيع وصفه بكل بساطة على أنه حركة الإلكترونات داخل المادة بفعل تغير في شروط المتواجد فيها كدرجة الحرارة ، الضغط... الخ . و هي عبارة عن ظاهرة فيزيائية، تعتمد أساسا على بعض المواد التي تسهم في تحويل الطاقة . تسمح لنا هذه المواد بالتحويل المباشر للطاقة من الحرارة إلى كهرباء.( توليد طاقة)،أو تتحرك كمية الحرارة عن طريق تطبيق تيار كهربائي و بالتالي يمكن تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة كهربائية أو العكس .

## 2-2- الانتقال الإلكتروني

### 2-2-1- الانتقالات الإلكترونية المباشرة

في أشباه الموصلات ذات الفجوة المباشرة (Direct-Band -Gap) هنالك نوعان من الانتقالات الإلكترونية ، فعندما ينتقل الإلكترون من قمة حزمة التكافؤ إلى قعر حزمة التوصيل عند النقطة نفسها في الفضاء متجه الموجة  $K$ -space ضمن الشرط ( $\Delta k = 0$ ) ، سيصاحب هذا الانتقال تفاعل بين الفوتون الساقط والإلكترون حزمة التكافؤ فقط بحيث يكون كل من قانون حفظ الطاقة والزخم محفوظين ، كما في الصيغ الآتية :

$$E_f - E_i = h\nu \dots\dots\dots 1$$

$$\vec{k}_f - \vec{k}_i = \vec{q} \dots\dots\dots 2$$

حيث  $h\nu$ : طاقة الفوتون الممتص .

$E_f, E_i$ : الطاقة الابتدائية والنهائية للإلكترون في كل من حزمة التكافؤ والتوصيل على التوالي .

$\vec{k}_f, \vec{k}_i$ : متجه الموجة الابتدائي والنهائي للإلكترون في كل من حزمة التكافؤ والتوصيل على التوالي .

$\vec{q}$ : متجه الموجة للفوتون الممتص .

ولكون متجه الموجة للفوتون الممتص صغيرا جدا مقارنة مع متجه الإلكترون فإنه يهمل وبذلك تصبح العلاقة أعلاه على النحو الآتي :

$$\vec{k}_f = \vec{k}_i \dots\dots\dots 1$$

وهذا النوع من الانتقال يسمى الانتقال المباشر المسموح (Direct Allowed Transition)

وعندما يكون انتقال الإلكترون من المناطق المجاورة لمناطق الانتقال المباشر المسموح مع بقاء شرط عدم تغير قيمة متجه الموجة (k) عندها يسمى هذا الانتقال بالانتقال المباشر الممنوع Direct forbidden Transition وفي هذا النوع من أشباه الموصلات تعطي معادلة الامتصاص بالعلاقة التالية :

$$\alpha h\nu = P(h\nu - E_g)^r \dots\dots\dots 2$$

حيث:  $E_g$  : فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر .  $h\nu$  : طاقة الفوتون الساقط.

ومن هنا فانا المعادلة 2 تحدد نوعية الانتقال الإلكتروني في أشباه الموصلات ذات الفجوة المباشرة، فعندما تكون قيمة (r) مساوية إلى  $1/2$  يكون الانتقال مباشر مسموحا، وعندما تكون  $3/2$  يكون الانتقال المباشر ممنوعا.

### 2-2-2- الانتقالات الإلكترونية غير المباشرة

يحصل الانتقال الغير المباشر الإلكترونيات عند عدم تطابق طاقتي قمة حزمة التكافؤ وقعر حزمة التوصيل في فضاء متجه الموجة (k) بحيث يكون الانتقال بين نقطة في حزمة التكافؤ وأية نقطة فيها وبصورة غير عمودية وبذلك ستكون قيمة متجه الموجة  $(\Delta k \neq 0)$ ، وان هذا الانتقال يصاحبه تغير في زخم البلورة بسبب تغير زخم ( كمية الحركة ) الإلكترون ، المنتقل ، وان هذا

الانتقال يصاحبه تغير في زخم البلورة بسبب تغير زخم الإلكترون المنتقل ، وهذا التغير في زخم البلورة يعوض من قبل الشبكة

أما عن طريق امتصاص فوتون زخمه  $[-\hbar(K_C - K_V)]$  او عن طريق انبعاث فوتون زخمه  $[\hbar(k_C - k_V)]$  وهذا

بدوره يعد ضروريا لتحقيق قانون حفظ الزخم أي أن :  $\vec{k}_i + \vec{q} = \vec{k}_f \pm \vec{k}_p \dots \dots \dots 3$

حيث أن  $\vec{k}_p$  تمثل متجه موجة الفوتون لصغره تصبح المعادلة 3 على النحو الأتي :  $\vec{k}_i = \vec{k}_f \pm \vec{k}_p \dots \dots \dots 4$

وتدعى أشباه الموصلات التي تمتلك هذه الانتقالات بأشباه الموصلات ذات الفجوة غير المباشرة (Indirect - Band Gap) وتعطى معادلة الامتصاص فيها كذلك بالعلاقة (2)

حيث  $E_g$  : فجوة الطاقة البصرية للانتقال غير المباشر .  $p$  : ثابت

$(+E_g)$  عملية امتصاص فوتون .  $(-E_g)$  : عملية انبعاث فوتون .

وهذه الانتقالات على نوعين أيضا ، فالنوع الأول يكون عندما ينتقل الإلكترون بين أعلى نقطة في حزمة التكافؤ وأوطأ نقطة في

حزمة التوصيل وبصورة غير عمودية ويسمى عندها بالانتقال غير مباشر المسموح (Indirect forbidden

transitions) والذي عنده تكون قيمة  $r$  في المعادلة 5 مساويا إلى (2) ، أما النوع الثاني فيكون عندما ينتقل الإلكترون من

المناطق المجاورة لأعلى نقطة في حزمة التكافؤ إلى أوطأ نقطة في حزمة التوصيل وبصورة غير عمودية ويسمى بالانتقال غير المباشر

الممنوع وقيمة  $r$  عنده مساوية إلى (3) في المعادلة

5 والشكل التالي يبين أنواع الانتقالات الإلكترونية

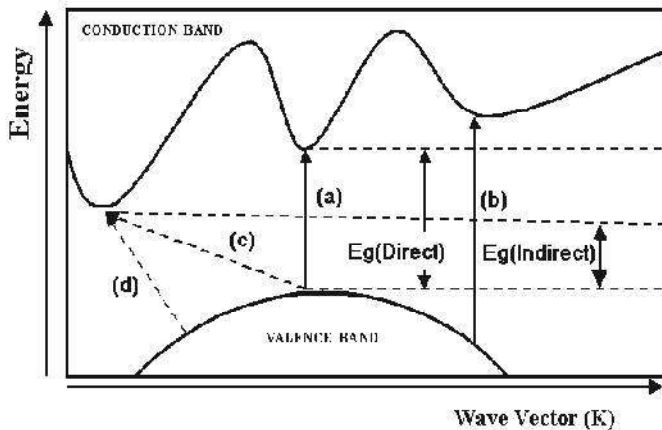
المباشرة وغير المباشرة .

(a) مباشر مسموح

(b) مباشر ممنوع

(c) غير مباشر مسموح

(d) غير مباشر ممنوع [9]



شكل رقم (1-2): أنواع الانتقالات الإلكترونية

### 2-3- الناقلية الكهربائية

وهي معيار لمدى قابلية الوسط لحركة الشحنة الكهربائية خلالها و يرمز لها بـ  $\sigma$  وهي تمثل نسبة كثافة التيار إلى شدة الحقل

الكهربائي  $E$  حيث  $\sigma = \frac{J}{E}$ . تتأثر الناقلية الكهربائية بعدة معاملات ، مثل تركيب المواد وحالة إجهاد البنية البلورية، لذلك

تستعمل قياس الناقلية الكهربائية لمعرفة مدى نقاوة المادة ، ...

### 2-4- المقاومة الكهربائية

تعريفها: هي مقلوب الناقلية ، ويرمز لها بـ  $\rho$  وهي تعبر عن مقاومة المادة لسريان التيار الكهربائي عبرها ، مسببة تحويل الطاقة

الكهربائية إلى طاقة حرارية أو ضوئية أو أشكال أخرى للطاقة. قيمة المقاومة تعتمد على نوعية المادة فالمواد التي لها مقاومة

منخفضة تعتبر نواقل جيدة للكهرباء ، بينما تعتبر المواد ذات المقاومة العالية عوازل جيدة .

في حالة مكثفة مستوية ذات لبوسين متوازيين بينهما وسط عازل تعطى مقاومته بالعلاقة التالية :

$$R = \rho \cdot \frac{e}{S} \quad \dots 1$$

حيث.

$S$ : مساحة اللبوس ،  $e$ : سمك العينة

$R$ : مقاومة لجسم صلب ذو شكل اسطواني ومتجانس وتحسب من العلاقة  $R = \frac{u}{I}$  ،  $U$ : التوتر المطبق

$I$ : شدة التيار الكهربائي .

تتعلق المقاومة بالحرارة والحقل الكهربائي ، وهي تمثل الميزة الكهربائية للمادة الناقلة وحدتها  $\Omega m$ .

تتأثر المقاومة ببعض العوامل نذكر منها :

تأثير الحرارة: في العموم ، تتغير مقاومة العوازل مع الحرارة حسب العلاقة التالية  $\rho = \rho_0 \left( \exp \frac{EA}{KT} \right)$

T: درجة حرارة ، k: ثابت بلتزمان  $k = 1,38.10^{-23} \text{ jk}^{-1}$

تأثير الرطوبة : للرطوبة تأثير كبير على المقاومة الكهربائية وبالتالي مقاومة المادة تتعلق بالعامل الاسترطابي للمادة العازلة .

تأثير الحقل الكهربائي المطبق : عند تطبيق الحقول الضعيفة ، تتبع المواد قانون اوم .معنى إن المقاومة لا تتعلق بالحقل المطبق ، أما عند تطبيق الحقول الكهربائية عالية نسبيا فيلاحظ تناقص المقاومة بازدياد الحقل الكهربائي الشئ الذي يفسر بزيادة الالكترونات عند القطبين وتواجد شوائب أو عيوب في المادة العازلة.

وعند درجة حرارة الغرفة ، يعطي مجال الحقل الكهربائي  $[0,1 - 0,3] \text{ KV/mm}$  وهو المجال المحصور ما بين منطقة الحقل الكهربائي الضعيف ومنطقة الحقل الكهربائي العالي . وعلميا يستحسن قياس المقاومة الكهربائية عند الحقول العالية . كما يمكن مقارنة مقاومة مادة معينة لسلك مختلف بتطبيق حقل كهربائي ثابت .

تأثير طبيعة الأقطاب: من أجل الحصول على قيم مقبولة من مقاومة ، يجب التصاق الأقطاب بصفة جيدة مع سطح المادة،فأي تسرب للهواء بين قطب و سطح المادة يؤثر في النتيجة بسبب المقاومة العالية جدا للهواء، ومن أجل التصاق جيد الأقطاب مع السطح يتم استعمال عصارة الفضة أو البلاتين، ومن الأحسن والأدق قياس

المقاومة الكهربائية في غرف خالية من الهواء تماما ( Sous vide ). [10].

2-5- التآثيرات الحرارية

إن التحويل المباشرة للحرارة إلى طاقة كهربائية تحويلاً عكوساً يتم بثلاث ظواهر مترابطة هي: أثر سيبك، أثر بلتيه وأثر طومسون. أما أثر سيبك فيتعلق بتولد قوة محرّكة كهربائية في دائرة كهربائية مكونة من ناقلين مختلفين جعلت وصلتهما في درجتي حرارة مختلفة. وأما أثر بلتيه فيرتبط بالحرارة المتولدة أو الممتصة في وصلة ناقلين مختلفين عندما يمر تيار كهربائي مستمر في هذه الوصلة. وأما أثر طومسون فيتصل بتولد الحرارة أو امتصاصها في ناقل وحيد يمر فيه تيار مستمر، وتندرج فيه درجة الحرارة تدرجاً منتظماً. [11]

2-5-1- تأثير سيبك : Effect de seebeck

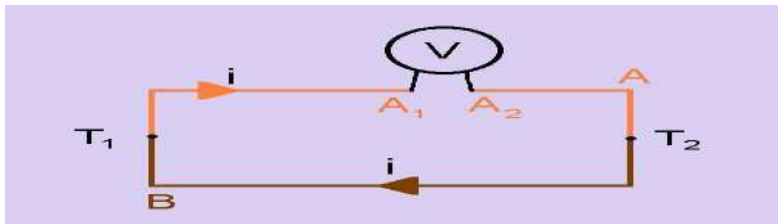
اكتشف سيبك عام 1822م ، تولد القوة الكهربائية  $V_T$  في دائرة مكونة من موصلين 1,2 مصنوعين من مادتين مختلفتين ، وإذا حفظت الوصلتان A ,B لهذين الموصلين في درجتي حرارة مختلفتين  $T_1$  و  $T_2$  فإن هذه القوة تسمى القوة الدافعة الكهربائية، الشكل (2-2) يوضح ذلك .

وأوضحت التجارب بأنه في مجال ما من درجات الحرارة تكون القوة الدافعة الكهروحرارية متناسبة مع الفرق بين

$$V_T = S(T_1 - T_2) \dots\dots\dots 1$$

$$S = \frac{dV_T}{dT} \dots\dots\dots 2$$

وتسمى S القوة الدافعة الكهروحرارية التفاضلية أو النوعية أو بمعامل سيبك ، ويتوقف على مادة الموصلين وعلى درجة الحرارة كذلك.



الشكل (2-2): وصف تخطيطي لظاهرة سيبك



2-5-2- تأثير بلتيه

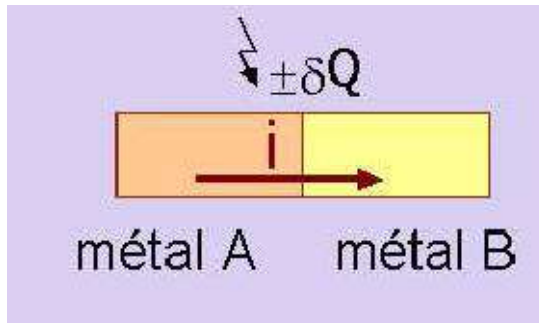
إذا مر التيار كهربائي في دائرة تتكون من موصلين 1، 2 من مادتين مختلفتين كما في الشكل 2-3 فإن كمية الحرارة  $RTQ=I^2$  ستحرر عند الوصلتين A, B مقاومة الوصلة  $t$  زمن مرور التيار نتيجة لتأثير جول وعندما تتكون الوصلتان لموصلين متماثلين فإن هذه الحرارة هي فقط التي ستحرر (عندما لا يوجد اختلاف بين الوصلة وبقيّة الدائرة). لكن في نفس الوقت وبعيدا عن الحرارة المتولدة بتأثير جول ستحرر أو تمتص كمية إضافية من الحرارة عند الوصلة المكونة من مادتين مختلفتين تعمل على تسخين الوصلة في الحالة الأولى أو تبريدها في الحالة الثانية .

هذه الظاهرة اكتشفها بلتيه عام 1834م وتسمى لذلك تأثير بلتيه والحرارة الإضافية الممتصة تسمى حرارة بلتيه  $Q_p$ .

وتوضح التجارب أن هذه الحرارة تتناسب طرديا مع شدة التيار وزمن مروره في الوصلة  $t$

$$Q_p = It\Pi$$

ثابت التناسب  $\Pi$  يسمى معامل بلتيه . وتتوقف قيمته على المواد المكونة للوصلة ودرجة حرارتها .



الشكل (2-3) : وصف تخطيطي لظاهرة بلتيه

2-5-3- تأثير طومسون

لتصور موصلا متجانسا AB يتميز بوجود تدرج في درجة الحرارة  $\frac{dT}{dx}$  على امتداد طول يحمل تيارا كهربائيا I ، ولقد تنبأ طومسون نظريا ، إن في مثل هذا الموصل وبعيدا عن الحرارة المتولدة بتأثير جول تتحرر أو تمتص كمية إضافية من الحرارة  $Q_T$  تتناسب طرديا مع شدة الزمن t ، ويتوقف هذا على اتجاه التيار t

$$Q_T = \tau I(T_2 - T_1)$$

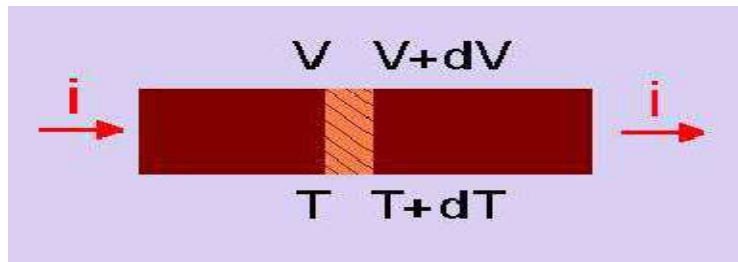
كمية الحرارة  $Q_T$  تسمى حرارة طومسون وثابت التناسب  $\tau$  يسمى معامل طومسون ويتوقف على مادة الموصل وعلى درجة الحرارة وتبعاً لنظرية طومسون ، فإن معاملي طومسون لموصلين يرتبطان بالقوة الدافعة الكهروحرارية التفاضلية بالعلاقة :

$$\frac{dS_{1,2}}{dt} = \frac{\tau_1 - \tau_2}{T}$$

ويعزى تأثير طومسون إلى انه في الموصل الذي يوجد به تدرج في درجة الحرارة لا يحمل فيض حاملات الشحنة الكهربائية فقط بل والحرارة أيضا . ولنفرض أن التيار في الموصل AB يسري في الاتجاه B إلى الطرف البارد A . والالكترونات الساخنة بوصولها إلى المناطق الباردة تعطي طاقتها الزائدة التي تقوم بتسخين الموصل وعندما ينعكس اتجاهه يبرد الموصل .

وفي الحسابات الكمية لتأثير طومسون ينبغي الأخذ في الحسبان أن القوة الدافعة الكهروحرارية المتولدة في الموصل تعمل على رد الالكترونات وتعمل في الحالة الثانية على تعجيلها . هذه القوة الدافعة الكهروحرارية لا تغير مقدار

معامل طومسون فحسب بل وإشارته كما هو موضح في الشكل التالي 2-4.[11]



الشكل (2-4) : وصف تخطيطي لظاهرة طومسون

# الفصل الثالث

التركيب التجريبي

النتائج التجريبية

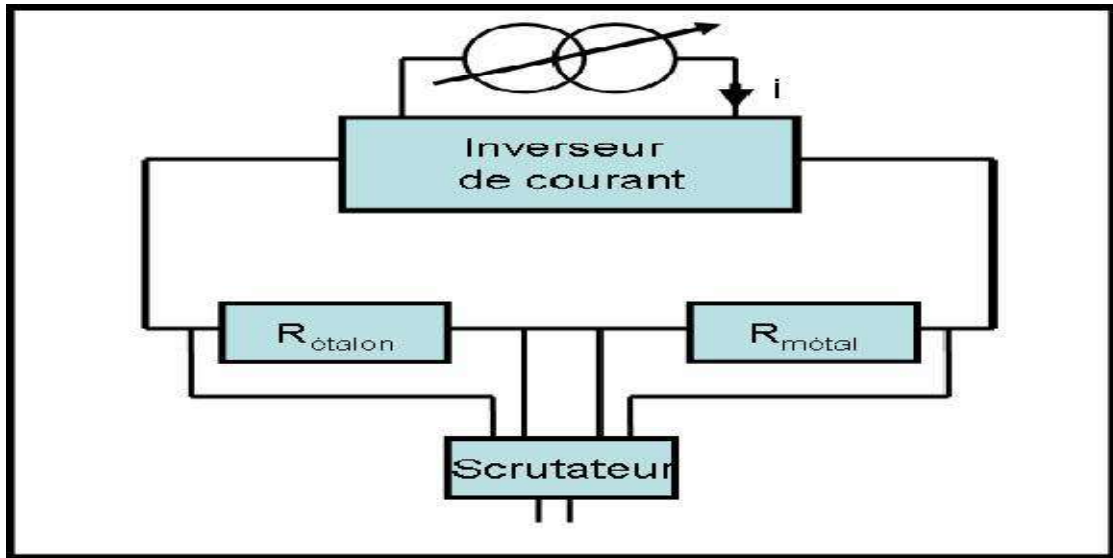
والمناقشة النتائج

لقد اعتمدنا في دراستنا هذه على سبيكة  $Cu_{50}Al_{45}Zr_5$  ذو خصائص فيزيائية معينة وحيث قمنا بقياس المقاومة الكهربائية بدلالة درجة الحرارة باستخدام برنامج *labview* الذي يسهل لنا التحكم في تغير الخصائص التجريبية وملاحظتنا للتغيرات بواسطة جهاز الالكتروني الماسح SEM الذي يعطينا صور ثلاثية الأبعاد .

### 2-3- المبدأ التجريبي لقياس المقاومة الكهربائية

المقاومة الكهربائية هي مقدار فيزيائي حد مهم يمكن بطريقة أو بأخرى قياسه، خاصة انه مرتبط بشكل كبير بكثير من المقادير الفيزيائية التي تتحكم في الخصائص الالكترونية للسبائك، ولتحديد المقاومة الكهربائية التجريبية لبعض السبائك قمنا بالاعتماد على طريقة الالكترودات (Méthode avec électrodes). وقد استعملت هذه التقنية لأول مرة في مخبر المواد المكثفة بجامعة ماتز الفرنسية سنة 1973م. [12]

ولقد كانت هذه الطريقة تعتمد في تقنيته على تحديد مقاومة عينة سائلة عن الطريقة الفولطمترية الكلاسيكية، حيث نقوم بقياس الفرق في الكمون بين طرفي المقاومة المراد إيجاد قيمتها  $R_m$  (المجهولة) مع ربطها بطرفي مقاومة مرجعية  $R_e$  ربطا متسلسلا أين يمر نفس التيار الكهربائي عبرهما. الشكل 1-3



الشكل (1-3) : رسم تخطيطي يوضح المبدأ التجريبي لقياس المقاومة الكهربائية

تكتب المقاومة الكهربائية بالشكل التالي :

$$R = \int_0^L \rho \frac{dL}{S(L)} \quad / \quad \rho = \frac{R_m}{C}$$

حيث :  $R_m$  : المقاومة المجهولة

$\rho$  : المقاومة الكهربائية

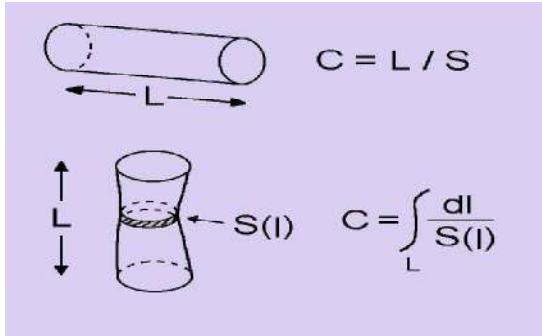
C : ثابت العينة (constante de cellule)

حساب C :

حيث C هو ثابت العينة الذي يرتبط بالشكل الهندسي لها حيث نستطيع حسابه كما يلي :  $C = \int_0^l \frac{dL}{S(L)}$

dL : الطول العنصري للعينة.

S(l) : هو مقطع العينة (الثخن في العرض)



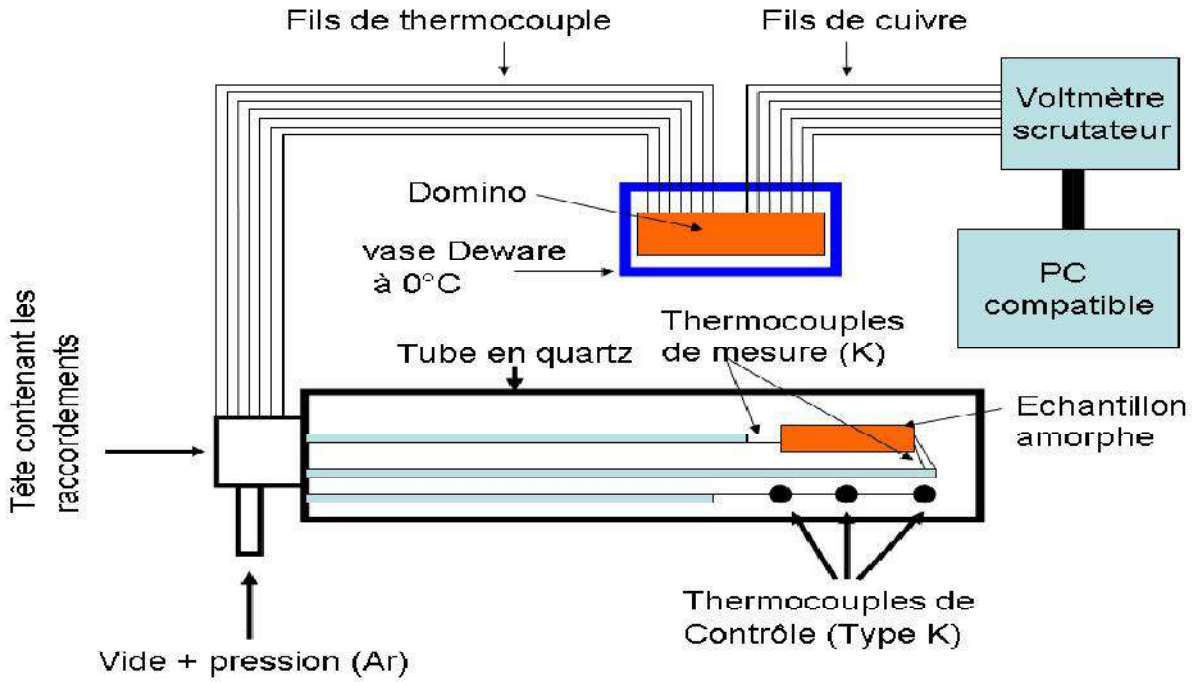
$$S = l \cdot e$$

شكل (3-2): رسم تخطيطي يوضح مقطع العينة

e : الثخن ،  $l$  : العرض

وللحصول على قيمة المقاومة الكهربائية يجب تحديد وبدقة ثابت الخلية C [12]

3-3- التركيب التجريبي



الشكل (3-3): رسم تخطيطي يوضح التركيب التجريبي

الشكل 3-3 يوضح التركيب التجريبي حيث استعمل في هذا العمل برنامج قياس يسمى labview وذلك حسب التطور التكنولوجي في الإعلام الآلي (البرمجة) مع استعمال وسائل تكنولوجية حديثة أخرى مثل نظام الاستغلال XP، keithley، (متعدد القياسات) (2007، ...) ، وهذا عوضا عن برامج قديمة كبرنامج Turbo pascal .

**Labview:** هو برنامج جديد متطور تسهل لنا واجهته في جمع العديد من الخصائص التجريبية وتفسيرها بكل سهولة .

**Keithly:** جهاز متعدد القياسات ( فولطمتر ، أمبير متر ، أومتر...).

فرن حراري: وهو فرن تم تركيبه في المخبر الفرنسي المذكور سالفا بحيث نستطيع استعماله لقياس المقاومة الكهربائية أو كذلك لقياس الاستطاعة الكهروحرارية المطلقة PTA للسبائك حيث تتوفر فيه بعض الشروط اللازمة مثل الاستقرار الحراري (la Stabilité)

وتجانس درجة الحرارة في اغلب أجزائه (توزيع منتظم لدرجة الحرارة) ...

يتكون الفرن المستعمل في الدراسة من أنبوب مركزي مصنوع من مادة جد مقاومة لدرجة الحرارة، محاط بأسلاك من العناصر المسخنة (les éléments chauffants) والكل محاط بأنبوب أكبر من الأول ثم أنبوب ثالث من الحديد "Acier" أكبر من السابقين.

درجة تحمل هذا الفرن تصل إلى  $1000^{\circ}\text{C}$  درجة مئوية، فهو صالح لقياس المقاومة الكهربائية كدالة في الزمن لجميع المواد (الخالصة أو الخلائط) التي تصل درجة انصهارها إلى  $950^{\circ}\text{C}$ .

**مضخة التفريغ** : الهدف منها هو طرد جميع الغازات المتواجدة في الهواء المحيط بالعينة وذلك تفاديا لعملية الأكسدة أو أي تفاعل كيميائي يحدث بين العينة وأي شائبة أخرى خاصة في درجات الحرارة المرتفعة .

**قارورة غاز الأرجون (Argon)**: وهو غاز يستعمل في عملية تفريغ الأنبوب المصنوع من الكوارتز (حامل العينة) من جميع الشوائب فيه .

مجموعة من النانومتر (للتحكم في الضغط) .

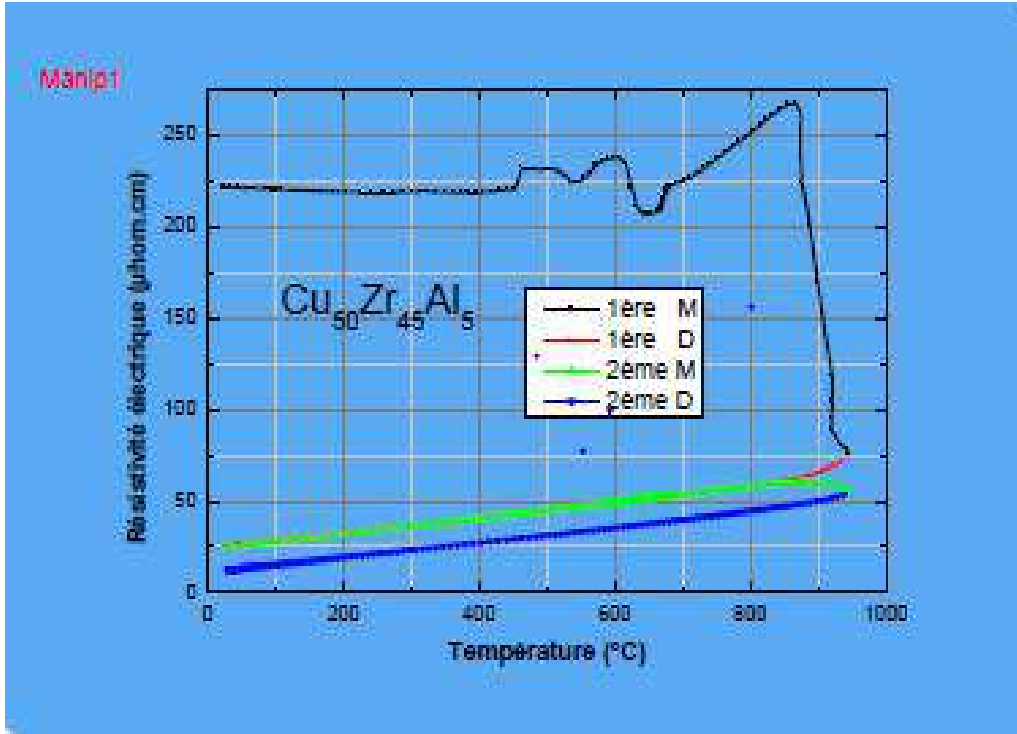
**عاكس اتجاه التيار (Inverseur du courant)**: وهو جهاز مصنوع محليا في المخبر ، والهدف منه هو تغيير اتجاه التيار الكهربائي عند مروره عبر العينة ، في عملية قياس المقاومة الكهربائية وذلك لإجراء عملية مسح لكلا الاتجاهين.

**المزدوجة الحرارية (Thermocouple)**: يتكون من سلكين مصنوعين من مادتين مختلفتين كالكروم و الألمنيوم (Chromel et Alumelle) يتصل السلكان اتصالا جيدا في نهايتهما فقط ، أما عن مبدأ عمله فهو يعتمد على توليد القوة الدافعة الكهربائية نتيجة لاختلاف درجتي الحرارة للنهائيتين المتصلتين .

مولد للتيار الكهربائي

جهاز حاسوب للتحكم في مراحل التجربة .

4-3- النتائج المتحصل عليها



الشكل (4-3): منحنى المقاومة الكهربائية لسبيكة  $cu_{50}Zr_{45}Al_5$  بدلالة درجة الحرارة

5-3- ترجمة منحنى المقاومة الكهربائية لسبيكة  $cu_{50}Zr_{45}Al_5$

من خلال ملاحظتنا للمنحنيات الموضحة في الشكل رقم (4-3) نلاحظ في الصعود الأول لدرجة الحرارة من درجة الحرارة الاعتيادية (درجة حرارة الغرفة) إلى بالتقريب  $950^{\circ}C$  بخطوة (La rampe) مقدرة بـ  $0,5^{\circ}C/min$  أن المقاومة الكهربائية بدأت للوهلة الأولى بالقيمة  $222\mu\Omega.cm$  ثم بقيت تتراوح هذه القيمة بتناقص و زيادة طفيفة إلى غاية أن نلاحظ أول تغير في الطور في درجة الحرارة  $450^{\circ}C$ ، فكانت قيمة المقاومة الكهربائية عندها  $223\mu\Omega.cm$  ثم بعد ذلك ارتفعت قيمة المقاومة نحو  $227\mu\Omega.cm$ ، إلى غاية حصولنا على التغير الثاني للطور والذي حدث عند درجة حرارة  $520^{\circ}C$  حيث كانت قيمتها  $225\mu\Omega.cm$ ، وبعدها ارتفعت قيمة المقاومة إلى غاية  $240\mu\Omega.cm$  إلى حين وصولها إلى درجة حرارة  $600^{\circ}C$  أي غيرت المقاومة اتجاهها إلى الأسفل وذلك بحدوث تغيير ثالث في الطور عند درجة حرارة  $660^{\circ}C$ . وكانت قيمتها  $210\mu\Omega.cm$  نلاحظ تغير رابع في الطور محدثا تغير في اتجاه تزايد المقاومة بعد هذا التغير توصل المقاومة ارتفاعها إلى غاية  $270\mu\Omega.cm$  عند درجة حرارة  $950^{\circ}C$  أي اضطررنا التزول في درجة حرارة من هذه الأخيرة إلى درجة حرارة الغرفة بنفس الخطوة والتي كانت  $0,5^{\circ}C/min$  وذلك حفاظا على العينة وكذلك الفرن.



عند  $950^{\circ}\text{C}$  نلاحظ هبوط مفاجئ في قيمة المقاومة الكهربائية من  $268\Omega\mu\text{cm}$  إلى غاية القيمة  $75\mu\Omega\text{cm}$ .

إبتداء من هذه القيمة الأخيرة نلاحظ نزول تدريجي و مستقيم لقيمة المقاومة الكهربائية إلى غاية  $25\mu\Omega\text{cm}$  وذلك في درجة الحرارة الاعتيادية ، بعد برودة العينة المدروسة حوالي  $25^{\circ}\text{C}$  نعيد الرفع من درجة الحرارة مرة ثانية كما هو موضح في الشكل رقم (0) (الصعود رقم 2 بالون الأزرق) نشاهد عندها تطابق منحنى الصعود الثاني مع منحنى النزول الأول ما يفسر لنا أن العينة لم تعد إلى مسارها (الصعود الأول) أي إن قيمتها كانت  $25\mu\Omega\text{cm}$  وبذلك إننا نجزم أن العينة لم تعد للبلورية بل صارت ذات بنية بلورية وهذا ما يؤكد لنا مرة أخرى المنحنى ذو اللون الأخضر بالرغم من وجود تغيير طفيف في قيمة المقاومة الكهربائية بين درجتي الحرارة الحديتين  $950^{\circ}\text{C}$  درجة حرارة الغرفة بالنسبة لهذا المنحنى والمنحنين (الأحمر و الأزرق).

### 3-6-دراسة مورفولوجية لعينات من سبيكة $\text{Cu}_{50}\text{Zr}_{45}\text{Al}_5$

بعد دراسة الكهروحرارية التي قمنا بها من خلال دراستنا لتغير المقاومة الكهربائية لسبيكة  $\text{Cu}_{50}\text{Zr}_{45}\text{Al}_5$  الابلوية بدلالة درجة الحرارة والتي اعتمدنا تغيرها انطلاقا من درجة حرارة الغرفة إلى غاية الدرجة  $950$  مؤية وتأكيدا للنتائج المتحصل عليها سالفاً ارتأينا إلى إنجاز دراسة مورفولوجية تكميلية عن طريق إستعمال جهاز الماسح الإلكتروني SEM.

### 3-6-1-جهاز الماسح الإلكتروني Scanning Electron Microscopes :



الشكل (3-5) : الميكروسكوب الإلكتروني الماسح

### 3-6-2- تاريخ الميكروسكوب الالكتروني الماسح :

ظهر جهاز SEM بدأ ببطء شديد، فعندما تم اكتشاف هذه التقنية لأول مرة في عام 1935 توجه المهتمين بها إلى محترفي التسويق وطلبوا منهم أن يقيموا هذا الجهاز الجديد ومدى أهميته وتقديرهم لمدى احتياج السوق له ، وبعد الدراسات والأبحاث المتخصصة صدر تقرير خبيراء التسويق والذي لم يكن متفائلا، فقدروا أن الحاجة لمثل هذا الجهاز لن تتجاوز العشرة أجهزة في كل العالم، إلا انه تبين أن تقدير الخبيراء لم يكن في محله ، والآن يصل عدد الأجهزة SEM المستخدمة في مختلف المختبرات والمراكز البحثية بأكثر من 50.000 جهاز ،وقد تطور الميكروسكوب الضوئي إلى أقصى قدرة له فهو موجود منذ عقود من الزمن ،اعتمدت هذه الأجهزة على الضوء حيث شكل لها عقبة أمام التطور والوصول إلى قدرات تكبيرية كبيرة ولهاذ بدأ العلماء في تطوير طرق جديدة لفحص العالم المجهرى. في عام 1932 ثم إنتاج أول جهاز ميكروسكوب الكتروني نافذ transmission electrons microscope والذي يعرف بالاختصار SET بحيث يشبه كثيرا جهاز SEM والذي له قدرة التكبير وقدرة التحليل وإظهار صورة ثلاثية الإبعاد بجودة عالية.

### 3-6-3- المكونات الأساسية في جهاز الميكروسكوب الالكتروني الماسح :



الشكل (3-6): صورة توضح المكونات الأساسية للمجهر الالكتروني الماسح

المدفع الإلكتروني **Electron Gun**: انه عبارة عن سيل إلكتروني اللازمة لعمل جهاز SEM ويوجد نوعين من المدافع :

المدفع الحراري: يعمل من خلال استخدام الطاقة الحرارية في فتيلة من التنغستين لأنها تمتلك درجة انصهار عالية، وتعمل الفتيلة عند درجة حرارتها نتيجة مرور تيار كهربائي من ذرات المادة التي تستنتج الإلكترونات .

المدفع الإلكتروني: يقوم بإطلاق سيل الإلكترونات على العينة المراد فحصها، هذه الإلكترونات في العادة لا تذهب للمكان المطلوب بشكل تلقائي ومن هنا نحتاج إلى توجيهها وهذه العملية تقوم بها العدسات .

**العدسات Lenten**: تستخدم العدسات بصفة عامة لإظهار صورة دقيقة ومفصلة ، وأما العدسات في جهاز SEM فهي لسيت مصنوعة من الزجاج بل هي عدسات مصنوعة من المغناطيسيات قادرة على توجيه مسار الإلكترونات ، فتقوم بتوجيه الإلكترونات والتحكم في مسارها ، مما يضمن أن تصل الإلكترونات إلى المكان المطلوب .

غرفة العينة **Sanple Chambre**: هو المكان الذي يوضع فيه العينة المراد فحصها لان العينة يجب إن تكون ثابتة تماما ولا تتعرض لأي حركة ويجب أن تكون معزولة وقوية عن أي اهتزازات لكي تظهر الصورة دقيقة و واضحة كما موضح في الشكل

.7-3



شكل رقم (3-7). صورة توضح غرفة العينة

الكواشف **Detectors**: الكواشف المستعملة في هذا الجهاز ترصد تفاعل سيل الإلكترونات مع العينة بعدة طرق مختلفة

ومثال على ذلك الكواشف ترصد الإلكترونات الثانوية و كواشف الإلكترونات ذات الاستطارة الخلفية و كواشف أشعة X.

مفرغة الهواء **Vacuunchamber**: يتطلب تشغيل جهاز SEM العمل في الفراغ، حيث أن الإلكترونات يمكن أن تصطدم

بجزيئات الهواء ولا تصل للعينة إضافة إلى أن الإلكترونات قد تدفع جزيئات لان التفاعل مع السطح العينة وبالتالي إفساد العينة وتغير ملامحها.

### 3-6-4- كيفية عمل الجهاز الميكروسكوبي الإلكتروني الماسح SEM

بوضع العينة تحت الفحص وباستخدام شعاع الإلكترونات الناتج عن المدفع الإلكتروني وتوجيهه للعينة ومسح سطح العينة ليقوم بعمل نسخة طبق الأصل تظهر على شاشة التلفزيون . وبدلاً من أن يقوم الشعاع الإلكتروني بمسح سطح العينة في بعد واحد فإنه يقوم بمسح ثلاثي الأبعاد، ينتج لنا صورة ثلاثية الأبعاد بكل التفاصيل من تجاويف وحدوش وشقوق.

عندما لمسح الشعاع الإلكتروني سطح العينة فإنه يتفاعل مع السطح تتوزع الإلكترونات من سطح العينة بشكل محدد هذه الإلكترونات المنتزعة يتم كشفها بواسطة الكاشف عن طريق جذب الإلكترونات المشتتة وبالاعتماد على عدد الإلكترونات التي تصل للكاشف وباستخدام مجسات إضافية يتم الكشف عن الإلكترونات المشتتة بالانعكاس عن سطح العينة **back seated** وكذلك أشعة X المنبعثة عن العينة . نقطة بنقطة وسطر بسطر يتم تكوين الصورة عن العينة الأصلية

يتم التحكم في حركة الشعاع باستخدام فرق جهد متغير تقوم ملفات توليد المجال المغناطيسي بإنتاج المجال المغناطيسي اللازم لمسح الشعاع الإلكتروني بشكل دقيق ذهاباً وإياباً على العينة

### 3-6-5- تشغيل الميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM

يجب تحضير العينة لتكون جاهزة كعينة للفحص بالجهاز لان الجهاز يعمل في الفراغ ويعتمد على المجالات المغناطيسية يبدأ الباحثون بتنظيف العينة من أي غبار أو عوالق وبعد أن تتم عملية التنظيف يتم وضع العينة على الحامل الخاص بجهاز إذا كانت العينة موصلة بالكهرباء، وفي حالة أن تكون العينة غير موصلة للكهرباء يتم تغطية العينة بمادة موصلة ومن خلال عملية تعرف بالطلاء بالانتزاع وهي تقنية تستخدم في إنتاج الأغشية الرقيقة ، وهذه التقنية تطبق طبقة الرقيقة على العينة تجعلها موصلة كهربائياً بالأراضي لتمنع من العينة من أن تصاب أثناء الفحص بواسطة الشعاع الإلكتروني الموجة عليها. [13]

### 3-6-6- مبدأ عمل المجهر الالكتروني الماسح

تعتمد نظرية عمل المجهر الالكتروني الماسح على استخدام حزمة الكترونية عالية الطاقة تصطدم بسطح العينة المدروسة عموديا حيث تحدث عملية مسح نقطة بنقطة لسطح العينة، ومن ثم تجمع الإشارات المنعكسة والصادرة من العينة باستخدام الكواشف المختلفة. [14]

### 3-6-7- مميزات الجهاز الميكروسكوبي الالكتروني الماسح

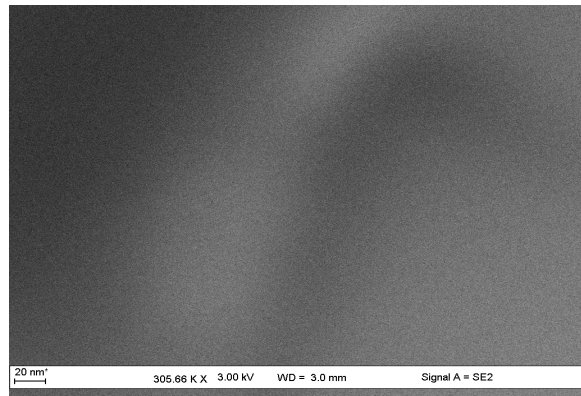
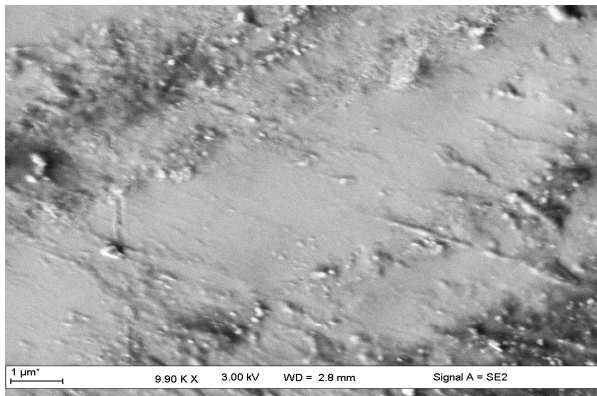
- (1) يستخدم المجهر الالكتروني الماسح لدراسة طوغرافية (السطح) العينات .
- (2) يعطي صورة ثلاثية الأبعاد .
- (3) تفيد هذه النتائج في الدراسات التصفية للكائنات الحية .
- (4) لها قوة التكبير وتتراوح بين 10-1000.000 مرة ويمكن التغير قوة التكبير .
- (5) يمتلك قوة التبرير كبيرة (قوة فوكس العينة Dépit Of focus)
- (6) المجهر الماسح أسهل بالتشغيل من النفاذ نظرا لعدم وجود العدسات الالكترونية بين العينة والخيال النهائي .

### 3-7- صور العينة تحت المجهر الالكتروني

صور لعينة  $cu_{50}Zr_{45}Al_5$  في  $(20^{\circ}C)$

الوجه العاتم

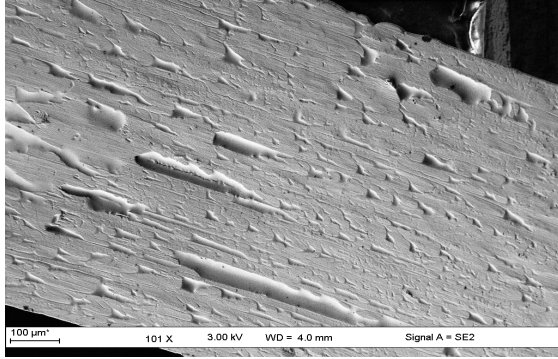
الوجه اللامع



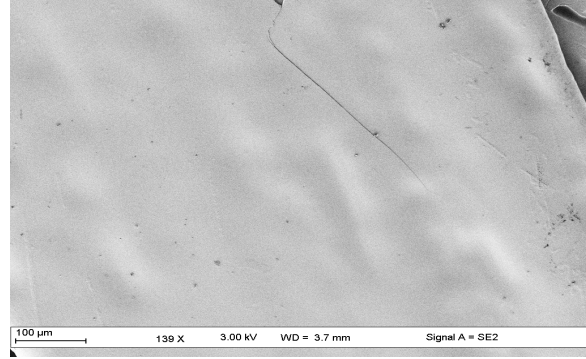
الشكل (3-8): صور للعينة تحت درجة  $(20^{\circ}C)$  عرضت للجهاز SEM

صور لعينة  $cu_{50}Zr_{45}AL_5$  في درجة (500°C)

الوجه العاتم



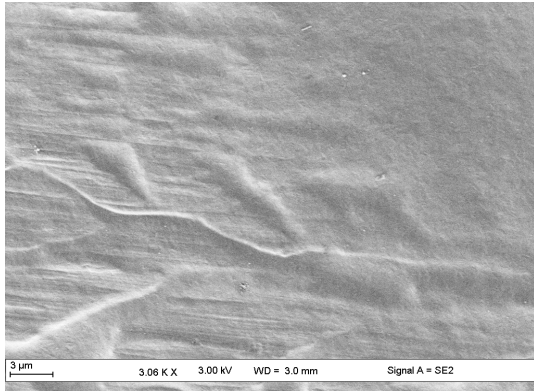
الوجه اللامع



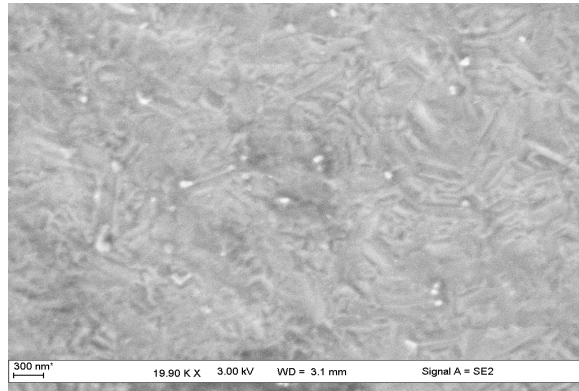
الشكل (9-3) : صور للعينة تحت درجة (500°C) عرضت للجهاز SEM

صور لعينة  $cu_{50}Zr_{45}AL_5$  في (545°C)

الوجه العاتم



الوجه اللامع

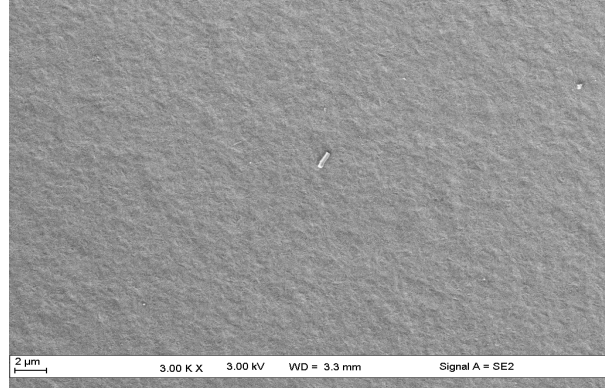
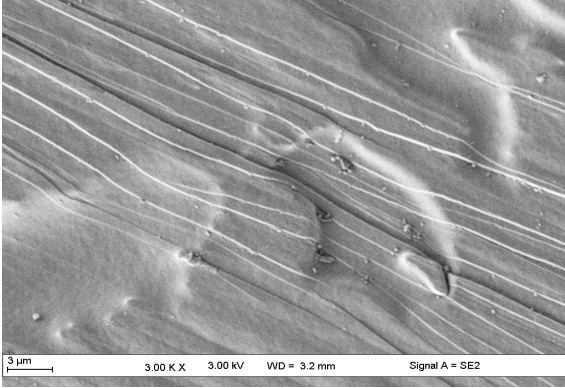


الشكل (10-3) : صور للعينة تحت درجة (545°C) عرضت لجهاز SEM

صور العينة  $cu_{50}Zr_{45}Al_5$  في  $(600^{\circ}C)$

الوجه العاتم

الوجه اللامع

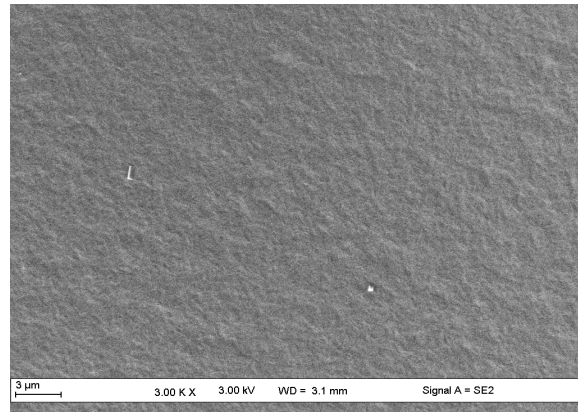
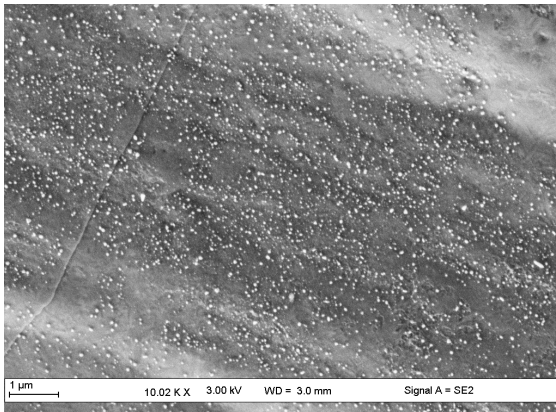


الشكل (3-11): صور العينة تحت درجة  $(600^{\circ}C)$  عرضت لجهاز SEM

صور العينة  $cu_{50}Zr_{45}Al_5$  في  $(645^{\circ}C)$

الوجه العاتم

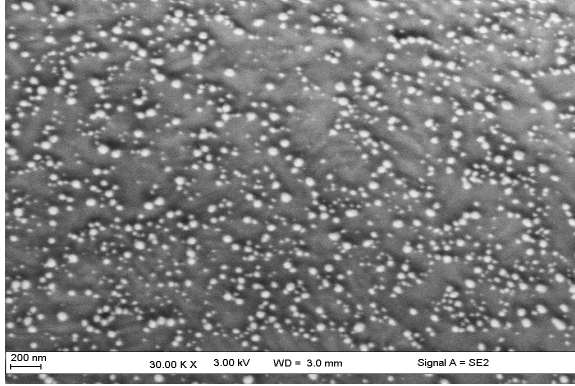
الوجه اللامع



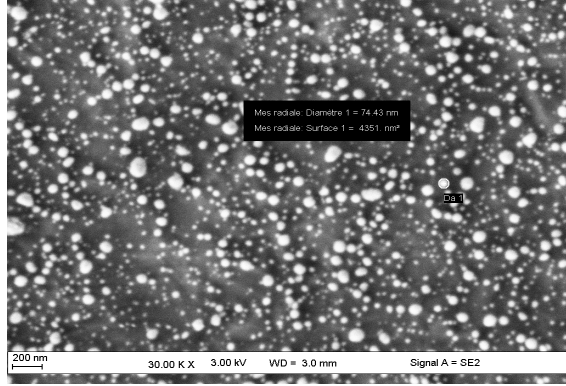
الشكل (3-12): صور للعينة تحت درجة  $(645^{\circ}C)$  عرضت لجهاز SEM

صور لعينة  $cu_{50}Zr_{45}Al_5$  في  $(720^{\circ}C)$

الوجه العاتم



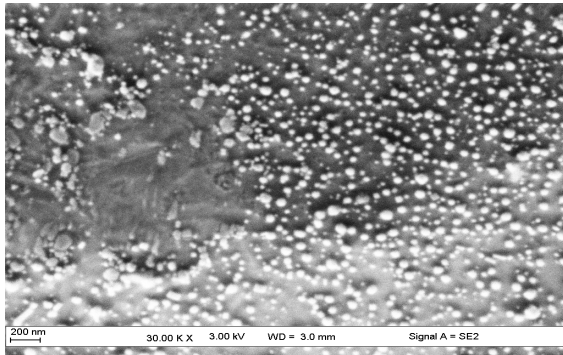
الوجه اللامع



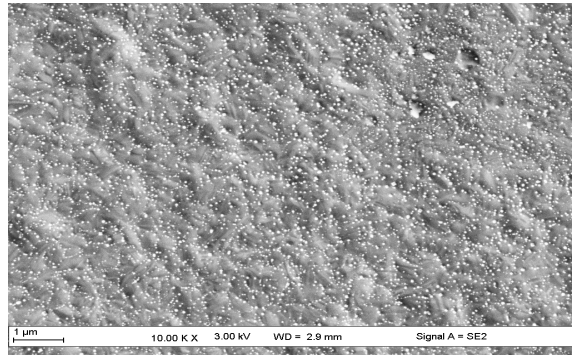
الشكل (3-13): صور للعينة تحت درجة  $(720^{\circ}C)$  عرضت لجهاز SEM

صور لعينة  $cu_{50}Zr_{45}Al_5$  في  $(850^{\circ}C)$

الوجه العاتم



الوجه اللامع



الشكل (3-14): صور للعينة تحت درجة  $(850^{\circ}C)$  عرضت لجهاز SEM



## 8-3- تفسير نتائج المجهر الالكتروني الماسح

بعد الدراسة الكهروحرارية التي قمنا بها سابقا والتي من خلالها تحصلنا على منحنيات بيانية المقاومة الكهربائية بدلالة درجة الحرارة وإثراء للموضوع المدروس وجدنا حتمية دراسة العينة المخبرية دراسة مورفولوجية عن طريق جهاز المجهر الالكتروني الماسح، والذي بدوره أعطانا نتائج جد مهمة نستطيع تلخيصها في الأشكال (3-8, 3-9, 3-10, 3-11, 3-12, 3-13, 3-14)

فقبل إدخال العينة Cu50Zr45Al5 داخل الفرن (أي في درجة الحرارة الغرفة) قمنا بعرضها على جهاز SEM حيث أعطى النتائج المبينة في الشكل (3-8) والتي من خلالها لا نلاحظ أي شئ يلفت الانتباه خاصة بالنسبة للسطح اللامع أما بالنسبة للسطح المظلم فنلاحظ بعض الحدوش والتي كانت أصلية في السبيكة

وبعد درجة المتوية  $500^{\circ}\text{C}$  نلاحظ تغير طفيف على سطحي العينة المدروسة بدون ملاحظة تغيرات مهمة وذلك إلى غاية  $645^{\circ}\text{C}$  ، بعد هذه الدرجة أي عند  $720^{\circ}\text{C}$  نلاحظ ظهور حبيبات صغيرة جدا برتبة النانو وذلك على كلا السطحين (اللامع والعاتم) حيث تزداد هذه الحبيبات ظهورا وكثافة عند  $850^{\circ}\text{C}$  ، فهذا ما يفسره التبلور الكلي الحاصل للعينة المدروسة و انتقالها من الحالة اللابلورية إلى الحالة البلورية وهذا ما نستطيع تدعيم به النتائج الكهروحرارية (الناقلية الكهربائية) المتحصل عليها في القياسات التجريبية السابقة .

### الخاتمة العامة

إنطلاقاً من التجارب التي تطرقنا إليها في هذا العمل تمكنا من تحديد درجات الحرارة التي حدثت عندها تغيرات جد مهمة في البنية وكذلك الطور وبذلك تحصلنا على عدة تغيرات طورية وبنوية، فنلاحظ في درجة حرارة الغرفة أن قيمة المقاومة الكهربائية ثابتة في حدود  $222 \Omega \mu \text{cm}$  والنسبة للتغير لا نلاحظ أي شيء يذكر في السطح اللامع وأما في السطح العاتم نلاحظ بعض الخدوش التي كانت أصلية في السبيكة ومن درجة  $500^\circ \text{C}$  إلى غاية  $645^\circ \text{C}$  نلاحظ وجود تغيرات طفيفة بالنسبة للتغيرات الطورية والبنوية من الدرجة  $720^\circ \text{C}$  -  $850^\circ \text{C}$  نلاحظ ارتفاع في قيمة المقاومة الكهربائية إلى غاية  $270 \Omega \mu \text{cm}$  حيث لاحظنا عند  $720^\circ \text{C}$  ظهور حبيبات صغيرة ودقيقة برتبة النانومتر حيث تزايدت ظهوراً وكثافة عند درجة  $850^\circ \text{C}$  وهذا ما يثبت لنا إنتقال بنية السبيكة من الحالة اللابلورية إلى الحالة البلورية .

## المراجع

- [1]: مبروك غوقالي . سفيان بن حميدة. مدخل إلى الفيزياء الصلبة (الجزء الأول)
- [2] : —. عبد الفتاح أحمد الشاذلي ، فيزياء الجوامد الجزء الاول ، كلية التربية جامعة عين الشمس
- [3]: د. عمر بن عبد الله الهزازي . الفصل الرابع الحالة البلورية
- [4]: غادة غازي تاج جان . تقنيات سباكة المعادن والاستفادة من معطياتها في تنفيذ المشغولة المعدنية كلية التربية جامعة أم القرى  
1427هـ/2006م
- [5]: انطوان نعمة ، عصام مدور ، لويس عجيل ميري شماس . المنجد في اللغة العربية المعاصرة طبعة 1 . 2000م
- [6]: مجلة اسيوط للدراسات البيئية . العدد الحادي والثلاثون (يناير 2007م)
- [7]: ماجد حسين خلف . كتاب الكيمياء لثالثة متوسط الطبعة الرابعة . 1435هـ/ 2014م
- [8]: طلع عليه بتاريخ 2007/12/10 Zirconium Zirconium (I) fluoride compomd date
- Open MOPAC .net
- [9]: ردينة صديق عبر التسيار الدليمي مذكرة لنيل شهادة الماجستير دراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية  $Zi_{(1-x)}Zn_{x0}$  المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري ، جامعة ديالي 2011م
- [10]: رواية توحة مذكرة ماستر اكادمي ارتباط الناقلية الكهربائية بترددات الحقول الكهرومغناطيسية في النواقل
- [11]: د. عبد الفتاح أحمد الشاذلي - فيزياء الجوامد الجزء 3 - كلية التربية جامعة عين الشمس .
- [12] : Karim khalouk / Etude du transport électronique de métaux liquides  
ansrphes et cristallins à hautes températures, 6 novembre 2009

Copyright c الموقع الفيزيائي التعليمي Desigened by codersotions-con.codersoluitons : [13]

2012 corporation

[14]: دليلة سياسي ، حليلة بيرش ، نسبة بن عطاء الله ، مذكرة ليسانس سبيكة  $Pd_{81}Ge_{19}$  بواسطة المجهر الالكتروني

2015م

## الملخص

في هذا العمل قمنا بقياس المقاومة الكهربائية لسبيكة  $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$  بدلالة التغير في درجة الحرارة، أين استطعنا في هذه الدراسة تحديد درجات الحرارة التي يحدث عندها بعض التغيرات الطورية والبنوية الهامة، وذلك ما يفسر عملية إنتقال المادة من الحالة اللابلورية إلى الحالة البلورية. وقد دعم هذا البحث بدراسة مورفولوجية عن طريق إستخدام جهاز المجهر الإلكتروني الماسح، حيث تحصلنا من خلاله على نتائج جد مهمة أكدت صحة النتائج الكهروحرارية السابقة.

**الكلمات المفتاحية :** السبائك ، اللابلورية ، المقاومة الكهربائية ،الانتقال الإلكتروني .

## Résumé

Dans ce travail on a contribué à traiter des mesures de la résistivité électrique d'un alliage de  $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$  en fonction de la variation de température, où on a pu identifier les températures exactes des transitions de phase et aussi les changements structurales sur l'échantillon étudié, ce qu'explique la transition de la matière de l'état amorphe à l'état cristallin.

A partir d'une étude morphologique par le MEB nous avons pu confirmer les résultats thermoélectriques précédentes.

**Mots-clés :** Alliage, Amorphe, Résistivité électrique, transport électrique