

جامعة قاصدي مرباح ورقلة
كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الفيزياء



مذكرة ماستر أكاديمي

الميدان: علوم المادة

التخصص: فيزياء المواد

من إعداد: حمدات نسرين و صحراوي مليكة
الموضوع:

قياس معامل سيباك بدلالة درجة الحرارة

لسبيكة $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$

نوقشت يوم 2017/05/23

أمام لجنة متكونة من:

رئيسا	جامعة ورقلة	أستاذ محاضر "أ"	د - بن مبروك لزهري
ممتحنا	جامعة ورقلة	أستاذ محاضر "أ"	د - محمدي لزهري
مؤظرا	جامعة ورقلة	أستاذ محاضر "ب"	د - عاشوري عبد الرحيم

الموسم الجامعي: 2016/2017

الإهداء

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على خاتم الأنبياء والمرسلين

إلى من يشتهي اللسان إلى نطقها وترف العين وحشيتها إلى من تخشع الأحاسيس لذكرها ويرتجف كبدي كلما ابتعد عنها، إلى من

يحن القلب إلى تقيلها ويشتاق الأذان لسماع دعواتها الغالية أُمي الحبيبة.

إلى من عمل بكد في سبيلي وعلمي معنى الكفاح و أوصلني إلى ما أنا عليه أبي الكريم أدامه الله لي.

إلى من آثرني على نفسها جدتي أطال الله في عمرها

إلى من ساعدني كثيرا أقول له شكرا جزيلا على كل شيء إلى من هم أنس عمري ومخزن ذكرياتي ومصدر سعادتني

إخوتي: كمال . شريف . سميرة . نبيلة . سليمة . عبد الرحمن . ياسين

إلى خالتي مريم وعمي رضا وأبناءهم الكرام

إلى أبناء خالتي وأخوالي وأعمامي وجميع عائلتي

إلى تلاميذي الأعزاء أرجو لهم التوفيق والنجاح في مسارههم الدراسي :أميرة.نبيل.نذير.محمد إسلام. احمد ياسين . شفاء. معاذ

إلى من وجدت أسمى معاني الأخوة والصداقة ،إلى من سعدت برفقتهم في دروب الحياة الحلوة والحزينة صديقاتي

إلى كل من علمني حرفا و خاصة أساتذتي الكرام

إلى كل من عرفني من قريب أو بعيد اهدي هذا العمل المتواضع



ملبيكه



إلى
الهدايا

الحمد لله الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدي لولا أن هدانا الله، الحمد لله والصلاة والسلام على أشرف
المرسلين وخاتم النبيين سيدنا محمد صل الله عليه وسلم

أما بعد . أهدي هذا العمل إلى:

إلى من لا يمكن للكلمات أن توفي حقهم... إلى من لا يمكن للأرقام أن تحصي فضائلهما...

إلى الذي علمني أن النجاح لا يتم إلا بالصبر والعزيمة والإصرار..

من أفتقده في مواجهة الصعاب .. ولم تمهله الدنيا لأرتوي من حنانه.. وتمنيت أن يراني وأنا أقدم ثمرة
جهدي.. لكن مشيئة الله قد سبقت... والدي الحبيب رحمه الله وأسكنه فسيح جناته

إلى من سهرت وتعبت في تعليمي... وأعانني بدعواتها وصلواتها... ولها الفضل الكبير بعد الله سبحانه
وتعالى إلى ما وصلت إليه اليوم.. إلى معنى الحياة ومعنى الحنان وسر الوجود.. الوالدة الحبيبة أطل الله في
عمرها

إلى من بهم أكبر وعليهم أعتد... أمدوني بالعون... وحفروني للتقدم أخوتي رعاكم الله ذخرا لي

إلى زوجاتي أخوتي أدام الله جمعكم

إلى الوجوه البريئة... والقلوب الصافية... ومن بضحكاتهم أحيأ إلى أبناء إخوتي صانكم الله ورعاكم من
كل بلاء

إلى خالاتي وأخوالي وعمتي وأخص بالذكر خالتي حسنة التي كانت بمثابة الأم الثانية لي حفظها الله ورعاها وإلى كل
عائلي

إلى إخوتي اللاتي لم تلدهن أُمي.. ومن تحلو بالإخاء وتميزوا بالوفاء سعدت برفقتهم في دروب الحياة أدامهم الله
لي.

إلى كل من ساهم في وصولي إلى هذه الدرجة من العلم والمعرفة من أساتذة ومعلمين وأصدقاء

نسيب

حسنين

شكر و عرفان

تكمّل سعادتنا ونحن نضع آخر لمسات هذا البحث أن
نشكر الله عز وجل على توفيقه لنا لإتمام هذا العمل
المتواضع، وان نسدي الشكر الجزيل لمستحقيه فلولاهم ما
اكتمل البحث، نتقدم بفائق التقدير وأوفى شكر وامتنان
للدكتور "عاشوري عبد الرحيم" على اقتراحه موضوع
البحث ثم قبوله الإشراف عليه ومتابعة البحث حتى
مراحل اكتماله، كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى الأستاذين
الدكتور "بن مبروك لزهرة" على قبوله ترأس لجنة
المناقشة والدكتور "محمدي لزهرة" على مناقشته
المذكورة، كما لا يفوتني أن اشكر الأساتذة "غرياني رشيد"
، "سليمان إدريس"، "عياط زهية"، "بن طويلة"
عمر"، "بلعكروم كريمة"، "بن بيتور عبد الوهاب" على
منحهم من النصح وإرشاد وتوجيه في إنجاز هذا العمل
، كما نعبر عن شكرنا وتقديرنا لكل أستاذ رافقنا طيلة
مشوارنا الدراسي، وإلى كل من ساعدنا من قريب أو من
بعيد.

الفهرس

قائمة الجداول

قائمة الأشكال

المقدمة العامة

الفصل الأول: دراسة التركيب البنائي للمادة الصلبة

1.I مقدمة

2.I المعادن

1.2.I أهمية المعادن وسبائكها

2.2.I الخصائص الفيزيائية للمعادن

3.2.I الخصائص الكيميائية للمعادن

3.I تكوين السبائك

1.3.I سبائك المعادن

2.3.I طرق تحضير السبائك

3.3.I أنواع السبائك

4.I الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعناصر Zr، Cu، Al

5.I تبلور المعادن

1.5.I المواد الصلبة المتبلورة

2.5.I المواد الصلبة الغير متبلورة

3.5.I الفرق بين المواد البلورية والغير البلورية

4.5.I كيفية الحصول على مادة بلورية من مادة غير بلورية

6.I الأشعة المستخدمة لدراسة التركيب البلوري

1.6.I الأشعة السينية والمادة

2.6.I انعراج الأشعة السينية

14.....	3.6.I استخدام الأشعة السينية في تحليل التركيب البنائي للمادة الصلبة
15.....	7.I المجاهر Microscope
16.....	1.7.I المجهر الضوئي
16.....	2.7.I المجهر الضوئي المركب
16.....	3.7.I قوة التمييز في المجهر الضوئي المركب
17.....	4.7.I أجزاء المجهر الضوئي المركب

الفصل الثاني: الإنتقال الحراري والظواهر الكهروحرارية

20.....	1.II مقدمة
20.....	2.II الانتقال الحراري
20.....	3.II طرق إنتقال الحرارة
20.....	1.3.II طريقة التوصيل
20.....	2.3.II طريقة الحمل
20.....	3.3.II طريقة الاشعاع
21.....	4.II التوصيلية الحرارية في المادة الصلبة
22.....	5.II الخواص الفيزيائية للناقل
22.....	1.5.II الكثافة الإلكترونية
22.....	2.5.II الناقلية الكهربائية
22.....	3.5.II المقاومة الكهربائية
22.....	4.5.II الناقلية الحرارية
23.....	6.II الظواهر الكهروحرارية
23.....	1.6.II تأثير سيباك
26.....	2.6.II تأثير بلتييه
27.....	3.6.II تأثير طومسون

.....28..... 7.II العلاقة بين الظواهر الكهروحرارية الثلاثة (سيباك ، بيلتيه ، طومسون)

.....29..... 8.II المزدوجة الحرارية

الفصل الثالث : نتائج ومناقشات

.....32..... 1.III مقدمة

.....32..... 2.III الجانب التجريبي

.....32..... 1.2.III أبعاد العينة

.....33..... 2.2.III طريقة العمل

.....34..... 3.2 .III التركيب التجريبي

.....36..... 3.III النتائج المتحصل عليها

.....36..... 1.3.III النتائج الكهروحرارية

Erreur ! Signet non défini.. Cu50Zr45Al5 2.3.III ترجمة منحني التأثير الكهروحراري لسبيكة

.....38..... 3.3.III المقارنة بين منحني معامل سيباك ومنحني المقاومة الكهربائية بدلالة درجة الحرارة

.....39..... 4.III النتائج المورفولوجية والبنوية للعينة

.....39..... 1.4.III النتائج البنوية باستخدام الأشعة السينية (RX)

Erreur ! Signet non défini.. Cu50Zr45Al5 2.4.III ترجمة طيف الأشعة السينية الخاص بسبيكة

.....42..... 3.4.III النتائج المورفولوجية للسبيكة المدروسة

Erreur ! Signet non défini.. 4.4.III تفسير النتائج المورفولوجية (المجهر الضوئي)

.....47..... الخاتمة العامة

المراجع

قائمة الجداول

الفصل الأول:

الجدول رقم I. 1: الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعناصر (Al-Cu-Zr)7.....

الفصل الثالث:

الجدول رقم III. 1: يبين قيم خطوط الطيف المتحصل عليها41.....

قائمة الأشكال

الفصل الأول:

- 8..... الشكل رقم I. 1: العلاقة بين مقدار الطاقة الحرة للمعادن في الحالة المنصهرة F_p والجامدة F_s وبين درجة الحرارة
- Erreur ! Signet non défini.. الشكل رقم I. 2: منحنيات التبريد أثناء تبلور المعادن
- 10..... الشكل رقم I. 3: رسم تخطيطي يبين تتابع عملية تبلور المعادن
- 11..... الشكل رقم I. 4: يبين الفرق بين المواد الصلبة المتبلورة والمواد الصلبة الغير متبلورة
- 14..... الشكل رقم I. 5: انعراج الأشعة السينية في البلورات
- 15..... الشكل رقم I. 6: صورة لجهاز انعراج الأشعة السينية (RX)
- Erreur ! Signet non défini.. الشكل رقم I. 7: يمثل أجزاء المجهر الضوئي المركب

الفصل الثاني:

- 21..... الشكل رقم II. 1: مخطط توضيحي لانتقال الحرارة في المعادن
- 24..... الشكل رقم II. 2: رسم يوضح تأثير سيباك
- 24..... الشكل رقم II. 3: رسم تخطيطي يوضح اكتشاف تأثير سيباك
- 25..... الشكل رقم II. 4: رسم تخطيطي للموصل المنتظم
- 27..... الشكل رقم II. 5: رسم تخطيطي يوضح تأثير بلتييه.
- 28..... الشكل رقم II. 6: رسم تخطيطي يوضح تأثير طومسون.
- 29..... الشكل رقم II. 7: رسم تخطيطي يوضح المزدوج الحراري
- 30..... الشكل رقم II. 8: صورة توضح المزدوج الحراري

الفصل الثالث:

- 32..... الشكل رقم III. 1: صورة للعينة $Cu50Zr45Al5$ الابلورية
- 33..... الشكل رقم III. 2: صورة للعينة " $Cu50Zr45Al5$ " أثناء المعالجة الحرارية
- 34..... الشكل رقم III. 3: رسم تخطيطي يوضح التركيب التحريبي
- 37..... الشكل رقم III. 4: يمثل منحنى معامل سيباك لسبيكة $Cu50Zr45Al5$ بدلالة درجة الحرارة
- 38..... الشكل رقم III. 5: منحنى يمثل المقاومة الكهربائية بدلالة درجة الحرارة لسبيكة $Cu50Zr45Al5$
- 39..... الشكل رقم III. 6: منحنى حيود الأشعة السينية لسبيكة المدروسة في درجة حرارة الغرفة

-40. الشكل رقم III.7: طيف الاشعة السينية لسبيكة $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$ في درجة حرارة $500^{\circ}C$
-43. الشكل رقم III.8: صور لوجهي العينة في درجة حرارة ($25^{\circ}C$) تحت المجهر الضوئي
-43. الشكل رقم III.9: صور لوجهي العينة في درجة حرارة ($500^{\circ}C$) تحت المجهر الضوئي
-44. الشكل رقم III.10: صور لوجهي العينة في درجة حرارة ($545^{\circ}C$) تحت المجهر الضوئي
-44. الشكل رقم III.11: صور لوجهي العينة في درجة حرارة ($600^{\circ}C$) تحت المجهر الضوئي
-45. الشكل رقم III.12: صور لوجهي العينة في درجة حرارة ($645^{\circ}C$) تحت المجهر الضوئي
-45. الشكل رقم III.13: صور لوجهي العينة في درجة حرارة ($720^{\circ}C$) تحت المجهر الضوئي
-46. الشكل رقم III.14: صور لوجهي العينة في درجة حرارة ($850^{\circ}C$) تحت المجهر الضوئي

المقدمة العامة

المقدمة العامة

تشكل السبائك المعدنية في الوقت الراهن جزءا مهما من الاقتصاد العالمي، وهي عصب الصناعات المختلفة، وقد أدى تطوير السبائك وتحسين الخصائص المعروفة منها بالإضافة إلى الكشف عن سبائك جديدة، إلى قفزة كبيرة في الحياة المعاصرة، وعلى الرغم من التقدم الكبير في مجال علم المواد، نجد أن الباحثين يتطلعون دائما إلى البحث على مواد ذات خصائص أفضل مما هو معروف الآن، ولا يتم ذلك إلا عن طريق معرفة بنية الجسم الصلب والتغير في سلوكه نتيجة اختلاف ظروف العمل المحيطة به، وطرق الكشف عن العيوب فيها لتأثيرها على خصائص المواد ومن ثم على التطبيقات العلمية والهندسية والصناعية التي تستخدم فيها، فظهرت تقنيات عديدة في هذا المجال تهتم بدراسة وتحليل المواد وطرق تحسينها وتطويرها.

نتيجة للتجارب والأبحاث المتواصلة في مجال فيزياء المعادن تم التوصل إلى أنواع كثيرة من السبائك المعدنية التي تختلف خصائصها باختلاف مجالات استخدامها، وفي نفس السياق إرتأينا في بحثنا هذا دراسة خاصة من الخصائص الكهروحرارية ألا وهي معامل سيباك بدلالة درجة الحرارة لسبيكة $Al_5Cu_{50}Zr_{45}$ الابلورية المصنعة بمخبر أوروبي.

تحتوي هذه المذكرة على ثلاثة فصول رئيسية، حيث كان الفصل الأول والثاني نظريين أما الفصل الثالث فارتأينا أن يكون تجريبيا بحت .

خصصنا الفصل الأول بدراسة عامة حول المعادن وتبلورها، وكيفية الحصول على مادة بلورية من مادة غير بلورية ودراساتها بنيويا بواسطة الأشعة السينية، ومورفولوجيا باستخدام المجهر الضوئي المركب.

بينما يعرض الفصل الثاني دراسة نظرية لأهم الظواهر الكهروحرارية المتمثلة في تأثير سيباك وبلتييه وطومسون ، بالإضافة إلى الانتقال الحراري والخواص الفيزيائية للناقل.

أما الفصل الثالث فيشمل الجانب التجريبي وطريقة العمل مع تطرقنا إلى الأجهزة المستخدمة للدراسة، و عرض النتائج المتحصل عليها لتأثير معامل سيباك لسبيكة $Al_5Cu_{50}Zr_{45}$ بدلالة درجة الحرارة، ومقارنة النتائج المتحصل عليها بنتائج دراسة سابقة المتمثلة في قياس المقاومة الكهربائية بدلالة درجة الحرارة لسبيكة $Al_5Cu_{50}Zr_{45}$ ، وفسرنا أيضا طيف الأشعة السينية المعرض لهذه السبيكة.

وفي نهاية الموضوع خاتمة عامة نذكر فيها كل ما تناولناه بإيجاز ، إضافة إلى النتائج المتحصل عليها (المنحنى وصور العينة تحت المجهر الضوئي)، واستنتاج أن درجة الحرارة عامل مؤثر لتغيير من البنية البلورية للمادة.

الفصل الأول

دراسة التركيب البنائي

للمادة الصلبة

1.1 مقدمة

اهتم الباحثون بشكل كبير بعلم البلورات ودراسة خصائص المواد المعدنية وسبائكها، وكيفية ربط هذه الخواص بتقنية التصنيع، من خلال فحص البنية الداخلية للمواد المعدنية وسبائكها، سواء على المستوى المرئي أو على المستوى المجهرى، وذلك بهدف الحصول على مواد معدنية جديدة عالية الكفاءة تفي بمتطلبات المجتمع العلمي في هذا العصر وعلاقته بالمجالات الحياتية من خدمات

إنتاجية، صناعية، طبية، صيدلانية، زراعية، فنية وحرفية الخ

ومع اكتشاف انعراج الأشعة السينية Rx في البلورات، وتصنيع أول مقياس لانعراج الأشعة السينية من قبل براغ تم التحقق المباشر للطبيعة الدورية للترتيب البلوري، وبذلك أصبح تعين البنية البلورية للمادة حقيقة ملموسة، ومن الطرق الأخرى التي ساهمت في دراسة البلورات المجهر أو الميكروسكوب الإلكتروني ومطياف الطنين المغناطيسي ومطياف مووس باور.

2.1 المعادن

يطلق اسم المعدن على المواد الصلبة النقية كيميائياً، والتي تمتاز بلمعان جيد، وموصلية حرارية وكهربائية عالية وبعدم شفافيتها وبقابليتها للانصهار، كما أن بعض المعادن تتمتع بقابلية التطريق وقابلية اللحام، حيث يجب أن تتوفر فيها صفة الصلادة أيضاً، وللمعدن خصائص فيزيائية وكيميائية متنوعة، تستخدم هذه الخصائص لتمييز المعادن المختلفة سواء بشكل طبيعي أو مخبري

1.2.1 أهمية المعادن وسبائكها

للسبائك بعض الصفات المرغوبة مثل الصلابة والقوة الميكانيكية و مقاومة الصدأ أو القوة الكهربائية و المغناطيسية، والتي تجعل بعض هذه السبائك مناسبة لاستخدامات الصناعية، الطبية وكبدائل حيوية.

2.2.1 الخصائص الفيزيائية للمعادن

- اللمعان .
- موصلية كهربائية وحرارية جيدة .
- الكثافة العالية .

- درجة انصهار مرتفعة .
- المرونة (معظم المعادن يمكن سحبها على شكل أسلاك).
- قابلية التشكيل.

3.2.I الخصائص الكيميائية للمعادن

- سهولة التخلي عن الكاتيونات الطبقة السطحية.
- سطح تفاعلي.
- إمكانية التعرض للتآكل [1].

3.I تكوين السبائك

تمتاز المعادن النقية بصفات خاصة ثابتة تنفرد بها دون غيرها من العناصر المعدنية وشبه المعدنية، ومن هذه المميزات القابلية على السحب والطرق والثني والتوصيل الجيد للحرارة والكهرباء وغيرها من المميزات، وعند خلط معدنين أو أكثر وتسخين الخليط إلى درجة انصهاره ثم إعادة تبريده يمكن الحصول على مادة جديدة لها صفات معدنية تختلف عن تلك التي تكونت منها، ويطلق على هذه المواد الجديدة بالسبائك [2].

1.3.I سبائك المعادن

هي عملية تشكيل معدن عن طريق صهره، ثم صبه في قالب به فجوات ذات أشكال وأبعاد، وعندما يتجمد المعدن فان المنتج يكتسب شكل ومقاسات الفجوة التي صب فيها، ويسمى المنتج بالمسبوك [3].

2.3.I طرق تحضير السبائك

- بطريقة الصهر.
- بطريقة الترسيب الكهربائي.

3.3.I أنواع السبائك

1 -السبائك البينية: نحصل على هذا النوع عندما تكون ذرات الفلز الداخلة اصغر من المسافات البينية للفلز النقي وهذا

ما يؤدي إلى صعوبة انزلاق طبقات الفلز النقي فتتغير خواص السحب والطرق وتؤثر في درجة الانصهار والتوصيل الكهربائي والخواص المغناطيسية والصلابة.

2 -السبائك الاستبدالية: فيها تستبدل ذرات الفلز في السبيكة الفلزية بذرات الفلز المضاف لهذا سميت سبائك استبدالية،

والشروط الواجب توفرها في السبائك الاستبدالية هي أن تتوفر في ذرات الفلز الأصلي وذرات الفلز المضاف وهي:

أ - أن يكون لها نفس القطر.

ب - أن يكون لها نفس الشكل البلوري.

ج- أن تكون متقاربة جدا في الخواص الكيميائية.

مثال سبيكة (الحديد والكروم)،(النحاس والذهب)،(الحديد و النيكل).

3 -سبائك المركبات البين فلزية: في هذا النوع تتحد العناصر المكونة للسبيكة اتحادا كيميائيا فتتكون مركبات كيميائية لها

خواص جديدة غير خواص الفلز النقي، وتتميز هذه السبائك ب:

أ - تتكون من فلزات لا تقع في مجموعة واحدة في الجدول الدوري.

ب تكون صلبة.

ج- الصيغ الكيميائية لها لا تخضع لقوانين التكافؤ المعروفة.

وبناء على السبيكة المدروسة سنتطرق إلى بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية للعناصر المكونة لها.

4.I الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعناصر Zr، Cu ،Al

يمثل الجدول [1.I] بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعناصر السبيكة المدروسة، والمتمثلة في الكثافة الذرية، نقطة الغليان

حرارة الانصهار، السعة الحرارية، المقاومة الكهربائية.... الخ، وقيم هذه الخواص تأخذ بعين الاعتبار في هذه الدراسة [6/5/4].

الجدول رقم I. 1: الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعناصر (Al-Cu-Zr)

الزرنيوم Zrknym	النحاس Cuivre	الألمنيوم Aluminium	
Zr	Cu	Al	الرمز
40	29	13	العدد الذري
صلب	صلب	صلب	الطور
المجموعة الرابعة والدورة الخامسة	المجموعة الحادي عشر والدورة الرابعة	المجموعة الثالثة والدورة الثالثة عشر	الموقع في الجدول الدوري للعناصر
91,224 g/mol	63,5 g/mol	26,9815386 g/mol	الكتلة الذرية
Zr ⁸⁸ Zr ⁸⁹	Cu ⁶³ Cu ⁶⁵	Al ²⁶ Al ²⁷	بعض النظائر
160 pm	128 pm	143 pm	نصف القطر الذري
6,52 g.cm ⁻³	8,94 g.cm ⁻³	2,70 g.cm ⁻³	الكثافة (عند درجة حرارة الغرفة)
5,8 g.cm ⁻³	8,02 g.cm ⁻³	2,375 g.cm ⁻³	كثافة السائل عند نقطة الانصهار
4409 °C	2562 °C	2519 °C	نقطة الغليان
14 kJ/mol	13,26 kJ/mol	10,71 kJ/mol	حرارة الانصهار
573 kJ/mol	300,4 kJ/mol	294,0 kJ/mol	حرارة التبخر
25,36 J/mol.K	24,440 J/mol.K	24,200 J/mol.K	السعة الحرارية (عند 25°C)
421 nΩ.m (20°C)	(20°C) 16,78 nΩ.m	28,2 nΩ.m (20°C)	المقاومة الكهربائية
22,6 w/m.K (300 k)	401 w/m.K (300K)	237 w/m.K (300 K)	النقلية الحرارية
5,7 μm/m.K (25°C)	16,5 μm/m.K (25°C)	(25°C) 23.1 μm/m.K	التمدد الحراري

5.I تبلور المعادن

تسمى عملية انتقال المعدن من الحالة المنصهرة إلى الحالة الجامدة بالتبلور، ويحدث التبلور نتيجة لانتقال المعدن إلى حالة أكثر اتزاناً من وجهة نظر الديناميكا الحرارية وهي الحالة الجامدة التي تتميز بقدر أقل من الطاقة الحرة F ، فإذا حدث التحول دون تغيير ملحوظ في الحجم فإن :

$$F = H - Ts$$

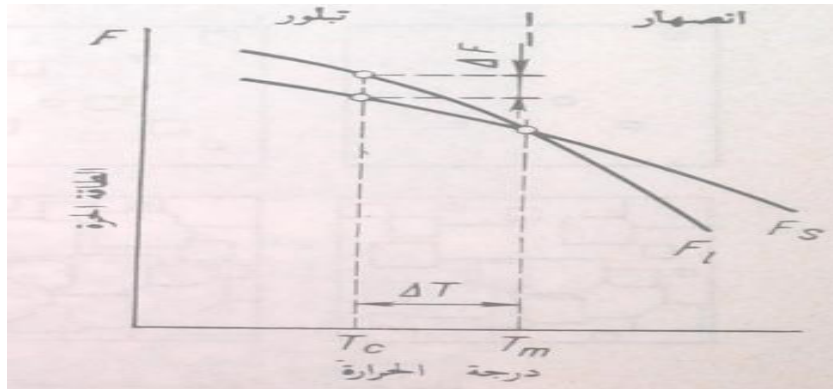
حيث H : الطاقة الكلية للمجموعة (المقصود هنا المعدن).

T : درجة الحرارة المطلقة .

S : الانتروبيا.

ويبين الشكل (1.I) تغير مقدار الطاقة الحرة للمعدن المنصهر F_L والمتجمد F_S مع تغير درجة الحرارة، وعند درجة الحرارة T_m يتساوى مقدار الطاقة الحرة للمعدن في الحالة المنصهرة والجامدة .

لذلك فإن درجة الحرارة T_m تناظر درجة الحرارة الاتزانية للتبلور (أو الانصهار) للمادة محل الدراسة، وعندها يمكن للطورين المنصهر والمتجمد للمادة أن يتواجدا في آن واحد، أما عند درجات الأعلى T_m فإن المعدن المنصهر يكون أكثر استقراراً إذ أن مقدار الطاقة الحرة له أقل، بينما يصبح المعدن المتجمد أكثر استقراراً عند درجات الحرارة التي تقل عن T_m وتستمر عملية التبلور طالما أن هناك فارق في الطاقة الحرة (ΔF) ناتج عن الطاقة الحرة للمعدن المتجمد أقل من الطاقة الحرة للمعدن المنصهر (انظر الشكل 1.I).

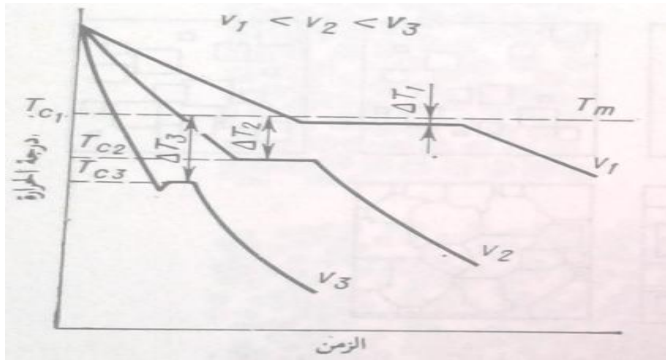


الشكل رقم 1.I: العلاقة بين مقدار الطاقة الحرة للمعادن في الحالة المنصهرة F_H والجامدة F_S وبين درجة الحرارة

ومن ذلك يمكننا أن نستنتج أن عملية التبلور يمكن أن تحدث فقط كنتيجة للتبريد المعدن تحت درجة T_m ، ويسمى الفرق في درجات الحرارة ΔT بين درجة T_m ودرجة T_c التي عندها تجرى عملية التبلور بدرجة فرط التبريد:

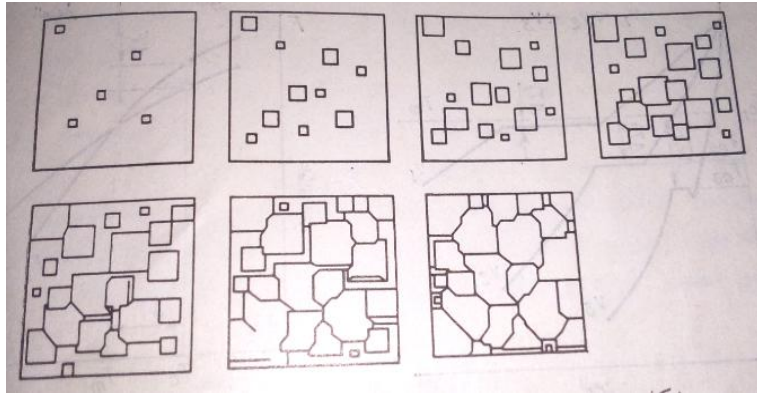
$$\Delta T = T_m - T_c$$

ويبين الشكل (2.I) بعض منحنيات التبريد التي تعبر عن عملية التبلور في المعادن النقية عند تبريدها بسرعات مختلفة v ، وفي حالة التبريد البطيء للغاية تكون درجة تحت (فرط) التبريد صغيرة أي أن التبلور يحدث عند درجة حرارة قريبة من الدرجة الاتزانية T_m المنحني v_1 ، وتظهر على منحنيات تبريد المعادن خطوط أفقية عند درجات حرارة التبلور (توقف في هبوط درجة الحرارة) وترتبط هذه الخطوط الأفقية بظاهرة تحرر الطاقة الكامنة للتبلور.



الشكل رقم I. 2: منحنيات التبريد أثناء تبلور المعادن

وبتزايد سرعة التبريد تنمو درجة فرط التبريد (المنحنيات 1 ، v_2) وتجري عملية التبلور عند درجات حرارة اقل كثيرا من T_m وتعتمد درجة فرط التبريد ΔT على طبيعة ودرجة نقاء المعدن، وعادة لا تتعدى $(10 - 30)^\circ C$ ، وكلما كان المعدن المنصهر أكثر نقاء كلما ازداد ميله إلى فرط التبريد.



الشكل رقم I. 3: رسم تخطيطي يبين تتابع عملية تبلور المعادن

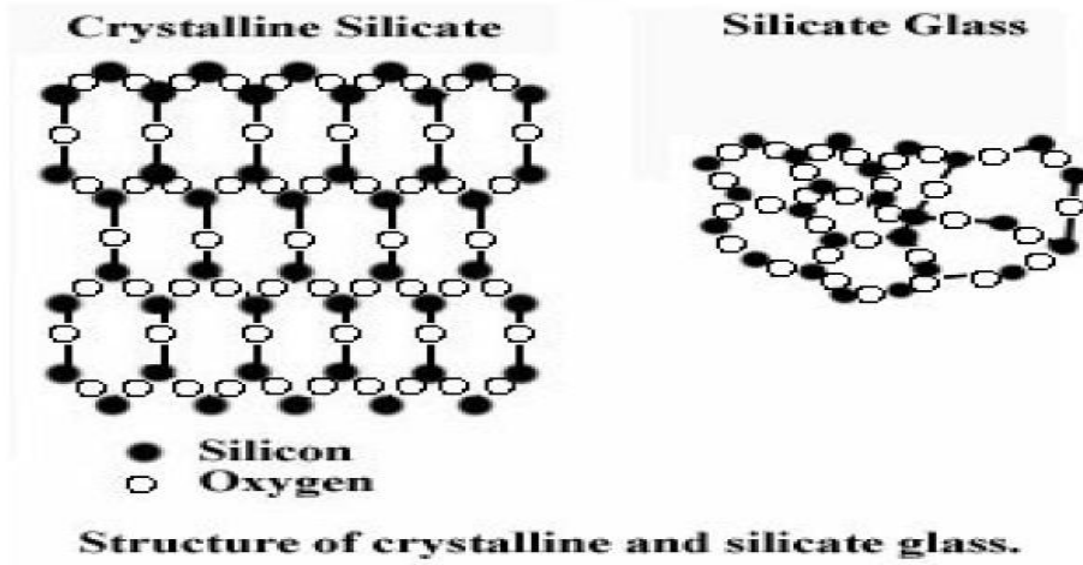
يوضح الشكل (3.I) عند تبريد السبيكة إلى درجة حرارة اقل من T_m يؤدي إلى نشوء مراكز بلورية في مختلف أجزاء المعدن، مستقرة قادرة على النمو [7].

1.5.I المواد الصلبة المتبلورة

تحتوي صفوفًا من الذرات المتجمعة والمرتبطة بشكل دوري، مكونة تشكيلة ثلاثية الأبعاد ولذلك تملك نوعًا من التماثل، فيكون تركيبها عبارة عن تكرار نموذج أو خلية وحدة ثلاثية الأبعاد، هذه الدورية في المواد المتبلورة تدعى ترتيب طويل المدى ، وتحتفظ البلورة التامة بهذه الدورية في أبعادها الثلاثة وإلى ما لا نهاية لكل محور.

2.5.I المواد الصلبة الغير متبلورة

تتجمع ذراتها بشكل عشوائي وبدون نظام أو نسق محدد، بحيث لا يمكن اعتبار تركيبها تكرارًا لأي خلية وحدة (مثل الكربون والزجاج)، وتقع السوائل ومنصهرات المعادن البلورية ضمن المواد العشوائية الترتيب الذري، يمكن أن تكون للمركب الواحد حالتين التبلور وغير التبلور مثل SiO_2 فانه يكون عشوائي في حالة زجاج السيليكا، ومتبلور في الطبيعة في حالة الكوارتز كما هو موضح في الشكل [4.I]، [9/8].



الشكل رقم I.4: يبين الفرق بين المواد الصلبة المتبلورة والمواد الصلبة الغير متبلورة

3.5.I الفرق بين المواد البلورية والغير البلورية

- 1 -تنصهر المواد غير المتبلورة ضمن مدى معين لدرجات الحرارة الذي يكون عادة بضع درجات ، بينما تنصهر المواد الصلبة المتبلورة فجأة عند درجة حرارة معينة، يمكن قياسها بخطأ تجريبي لا يزيد على $\pm 0.01^{\circ}C$.
- 2 -تكون المواد غير المتبلورة تشكيلة منتشرة مبعثرة عند حيود الأشعة السينية منها، وهذه التشكيلة عبارة عن سلسلة من الحلقات المتحددة المراكز، بينما تكون هذه التشكيلة للمواد المتبلورة عبارة عن بقع متميزة ومنفصلة بعضها عن بعض وذات تماثل معين .
- 3 -تكون جميع المواد المتبلورة متباينة الخواص الاتجاهية وبدرجات متفاوتة، أي أن بعض صفاتها المميزة تعتمد على الاتجاه الذي تقاس معه تلك الصفات بالنسبة إلى محاور البلورة، بينما تكون المواد الصلبة غير المتبلورة جميعا متماثلة الخواص الاتجاهية، أي لا يظهر للاتجاه تأثير على خواصها لذلك يمكن قياس الخواص الفيزيائية والميكانيكية بدقة للمواد البلورية.

4.5.I كيفية الحصول على مادة بلورية من مادة غير بلورية

عند إعطاء مادة صلبة طاقة حرارية فان ذراتها المقيدة سوف تمنح طاقة حركية ، لتذبذب بسعات أكبر من السعة التي كانت تتذبذب بها قبل التسخين ، وازيادة هذه الطاقة تزداد السعة إلى أن تصل الطاقة الحركية الممنوحة لذرات إلى الحد الذي تتمكن به الذرة من التحرر ، فتكون المادة هنا بحالة جديدة هي السائلة (منصهر المادة الصلبة) ، حيث يصبح ترتيب الذرات هنا عشوائي فتكون المادة غير بلورية، وعند البدء بتبريد هذا المنصهر سوف نبدأ بإزالة الطاقة من هذه الذرات ، مما يؤدي إلى تصلب المادة تدريجياً مؤدياً ذلك إلى انكماشها وتقارب ذراتها وصغر حجمها وزيادة كثافتها، وعند تقارب الذرات فيما بينها تتكون بذرة نواة التصلب على شكل جزر تتفرع منها تشكيلات شجرية للتصلب مؤدية إلى تصلب المادة بشكل بلوري.

إن سبب تكون بذرة التصلب في المنصهر قبل غيرها يعود إلى اختلاف درجة حرارة المنطقة عن الأخرى بقليل ، وسوف تبرد المناطق المجاورة لها ومن ثم إلى جميع أجزاء المنصهر، إن معدل تبريد للمنصهر تأثير على إعادة انتظام الذرات ورضها ، فكلما كان معدل التبريد بطيء (يعتمد على نوع المادة) كلما كانت الفترة الممنوحة لذرات لكي تفقد طاق كبيرة، ولذلك سوف تفقد الطاقة بالتدرج لتتراص الذرات وتتخذ كثافات أكبر وحجوم أقل وبتالي يحدث الانتظام البلوري.

6.I الأشعة المستخدمة لدراسة التركيب البلوري

لكي تكون الأشعة مناسبة لدراسة التركيب البلوري للمادة في الحالة الصلبة يجب أن يكون الطول الموجي للأشعة مساوياً تقريباً للمسافة بين الذرات، وحيث أن المسافة بين ذرات المادة الصلبة تكون في حدود 10^{-8} cm فإن الأشعة التي بواسطتها يمكن الحصول على معلومات مهمة عن التركيب البنائي للمادة، يجب أن يكون لها طول موجي في المرتبة نفسها 10^{-8} cm.

عند سقوط بعض أنواع الإشعاعات على المادة الصلبة فإنها تنتشر بواسطة المستويات الذرية للمادة، وتحميد عن مسارها وتتداخل معا مكونة نموذج حي وديجمل في طبيعته معلومات عن التركيب البنائي للمادة. يمكن استخراج هذه المعلومات والحصول على تفاصيل التركيب البنائي للمادة المتبلورة عن طريق تحليل نماذج الحيود الجيدة للأشعة داخل هذه المادة.

يمكن استخدام العديد من أنواع الفوتونات في تجارب الحيود لدراسة التركيب البنائي للمادة المتبلورة منها: الأشعة السينية، النيوترونات والإلكترونات. بالرغم من أن هذه الأنواع تختلف فيما بينها في الطاقة، إلا أن المعالجة الرياضية للأنواع الثلاثة تكون متشابهة تقريباً [10].

1.6.I الأشعة السينية والمادة

الأشعة السينية هي أشعة كهرومغناطيسية ذات تردد عال، وتعتبر المصدر الرئيسي للمعلومات عن البنى البلورية وذلك لتمتعها لطيف واسع من الأطوال الموجية يتناسب تماما مع كافة الأبعاد الذرية في المواد الصلبة، والأطوال الموجية المستعملة تكون محصورة عادة في المجال $(1 \rightarrow 10A^0)$ [11].

فأشعة X هي أسلوب لمعرفة ترتيب الذرات داخل البلورات، حيث تضرب أشعة سينية البلورة فتحدد نحو عدة اتجاهات معينة، وينتج عن تلك الإشعاعات المنحرفة صورة ثلاثية الأبعاد لكثافة الإلكترونات داخل البلورة، وبناءا عن تلك الكثافة الإلكترونية نعرف موقع المتوسط الحسابي للذرات داخل البلورة إضافة إلى روابطها الكيميائية ومعلومات أخرى.

عندما تلتقي أو تخترق هذه الأشعة مادة معينة يحدث عدد من التفاعلات المعقدة، من بين هذه التفاعلات يمكن ذكر مايلي:

أ - امتصاص المادة للأشعة السينية.

ب - انتشار الأشعة السينية وتشتتها.

ت - الحيود وهو حالة خاصة من الانتشار.

وتعود هذه التفاعلات في أكثر الأحيان إلى قصر طول الموجة السينية وهذا ما يعطي نتيجتين أساسيتين :

- طول الموجة يصبح قريبا جدا من المسافة بين ذرتين متجاورتين في المادة وهذا ما يجعل قدرة اختراق المادة أكبر.

- مقدار الذبذبة يصبح مرتفعا وكذلك كمية الطاقة المشحونة في الفوتون، وارتفاع كمية الطاقة يسمح للفوتون باختراق

الذرة والوصول إلى كهربائيات الطبقات الداخلية من اجل التفاعل معها [12].

2.6.I انعراج الأشعة السينية

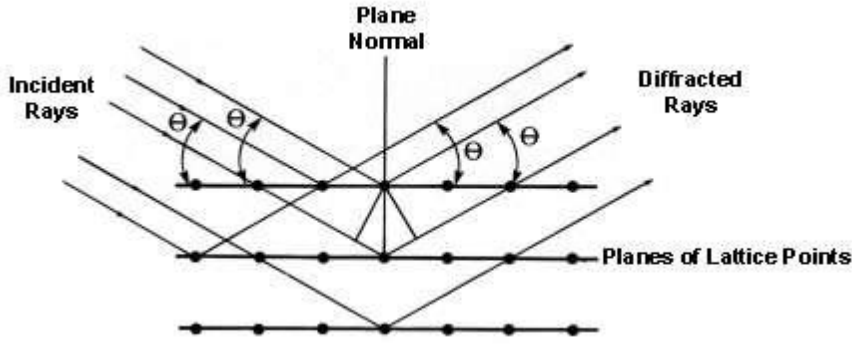
تعتبر الأعمال التجريبية التي قام بها براغ حول انعراج الأشعة السينية أساسية في دراسة الحالة الصلبة، بالرغم من أن تفاصيل هذا الموضوع تندرج تحت علم الفيزياء لا بد من أن نذكر بالنتائج النظرية لهذه الدراسة :

عندما تسقط حزمة ضوئية ذات طول موجة معين λ من الأشعة السينية وبزاوية θ على مجموعة من المستويات الذرية المتوازية

والمساوية البعد عن بعضها البعض (مستويات عقدية) من بلورة، تخضع هذه الحزمة لانعراج في كل الاتجاهات، نحصل على إضاءة

عظمى عندما تكون الأشعة المنعرجة على توافق في الصفحة فيما بينها، وتعتمد شدة الإضاءة لحزمة منعرجة على زاوية الورود على المستوى العقدي الشكل (5.I).

يقيس مقياس الانعراج فقط شدة الإضاءة الناتجة عن الحزم الضوئية المنعرجة بزاوية تساوي زاوية الورود (المنعكسة).



الشكل رقم I. 5: انعراج الأشعة السينية في البلورات

إن وجود شدة إضاءة عظمى من اجل زاوية θ يعطي علاقة براغ التالية :

$$2d \sin(\theta) = n\lambda$$

حيث : n : عدد صحيح يدل على رتبة الانعراج التي غالبا تكون مساوية للواحد.

λ : الطول الموجي

d : البعد الشبكي (المسافة التي تفصل بين مستويين متتاليين من مجموعة المستويات) [14/13].

3.6.I استخدام الأشعة السينية في تحليل التركيب البنائي للمادة الصلبة

بنيت فكرة الاستخدامات العديدة للأشعة السينية في تحليل الترتيب البنائي الذري للحالة الصلبة، على حقيقة انه يحدث

للفوتونات المستخدمة حيود عند تفاعلها مع الأنظمة (مراكز الحيود) التي تكون مرتبة بشكل منتظم ومتكرر وبينها مسافات

تساوي الطول الموجي للأشعة المستخدمة والتي تكون في حدود $10^{-10} m$ ، تماما كما تكون الأطوال الموجية للأشعة السينية.



الشكل رقم I. 6: صورة لجهاز انعراج الأشعة السينية (RX)

7.I المجاهر Microscopes

المجهر هو جهاز يستخدم لتكبير الأجسام صغيرة الحجم التي لا يمكن رؤيتها بوضوح بالعين المجردة، لدراستها ومعرفة تكوينها، والمجهر نوعان، وهما: البسيط والمركب، فالبسيط هو عبارة عن عدسة واحدة أي العدسة المكبرة، أما المركب فيتكوّن من عدّة عدسات.

وتوجد عدّة أنواع من المجاهر منها الكترونية مثل: المجهر الالكتروني النافذ، المجهر الالكتروني الماسح، ومجاهر ضوئية مثل: مجهر الأشعة فوق البنفسجية، المجهر المستقطب، المجهر الضوئي المركب...

1.7.I المجهر الضوئي

وفيه تستخدم أشعة الضوء العادي أو إحدى مشتقاته في إضاءة الجسم المفحوص كما تستخدم فيه عدسات زجاجية.

من أمثلتها:

2.7.I المجهر الضوئي المركب

يعتبر المجهر الضوئي المركب أكثر أنواع المجاهر شيوعاً وأكثرها استخداماً، حيث يستخدم هذا المجهر نوعين من العدسات: العدسة

العينية والعدسة الشيئية، وعليهما تعتمد قوة التكبير للمجهر، حيث تساوي قوة تكبير المجهر حاصل ضرب قوة تكبير العدسة

الشيئية في قوة تكبير العدسة العينية والتي تتراوح ما بين 40-1000 مرة.

ظهر المجهر الضوئي المركب لأول مرة على يد العالم هوك عام 1655م، حيث قام باستخدامه لفحص قطعة من نبات الفلين،

وتطوّر هذا المجهر على يد العالم لوفنهوك عام 1674م وقام لوفنهوك باستخدام هذا المجهر لفحص بعض الكائنات الأولية

الدقيقة.

3.7.I التمييز في المجهر الضوئي المركب

تعرف قوة التمييز أو قوة الفصل على أنّها القدرة على تمييز أقصر مسافة بين نقطتين على الشريحة، وتعتمد قوة التمييز على جودة

العدسات المستخدمة في المجهر بالإضافة إلى طبيعة موجات الضوء حيث إنّها عندما تمرّ بين الأجزاء الدقيقة الموجودة على الشريحة

تنتشر، ممّا يقلّل القدرة على تمييز التفاصيل، وبالنسبة لقوة التمييز في المجهر الضوئي المركب فإنّها تصل إلى حدود 0.2 ميكرون .

4.7.I أجزاء المجهر الضوئي المركب

يتكون هذا المجهر من ثلاثة عشر جزءاً الموضح في الشكل [7.I] وهي:



الشكل رقم 7.I: أجزاء المجهر الضوئي المركب

1. العدسة العينية: هي العدسة التي تتم الرؤية من خلالها، وتقع في أعلى الأسطوانة المعدنية، وعادة ما تكون قوة تكبير

هذه العدسة مكتوب عليها (10X)، بالمعنى تكبير عشرة أضعاف.

2. الأسطوانة: هي جزء أسطواني الشكل يحمل فوقه العدسة العينية.
3. العدسة الشيئية: هي مجموعة من 2-4 عدسات متصلة بالقرص تتفاوت في قوة تكبيرها.
4. المنضدة: هي السطح الذي يتم وضع الشرائح المراد فحصها عليها.
5. المكثف: هو جزء موجود أسفل المنضدة يعمل على تجميع الضوء الموجه إلى الشريحة، ومن خلاله يمكن التحكم بكمية الضوء الواصلة إلى الشريحة.
6. الحجاب الحدقي: هو جزء موجود على السطح السفلي من المنضدة، ويتم من خلاله تنظيم كمية الضوء الواصلة إلى العدسة الشيئية.
7. القرص: هو عبارة عن جزء دائري يستعمل لتغيير أوضاع العدسات الشيئية.
8. الضابط الكبير: عبارة عن عجلة كبيرة على جانب المجهر تستعمل من أجل التحكم في المسافة ما بين العدسات الشيئية والمنضدة.
9. الضابط الصغير: عجلة صغيرة موجودة أيضاً على جانب المجهر تستعمل للحصول على تفاصيل دقيقة من العينة.
10. المرآة أو مصدر ضوء: تستخدم المرآة لعكس الضوء وتوجيهه إلى الشريحة وقد يستخدم أيضاً مصدر ضوء عوضاً عنها.
11. الضاغطان: يستعملان لتثبيت الشريحة على المنضدة.
12. الذراع: هي الدعامة المستخدمة لحمل المجهر.
13. القاعدة: هي الجزء الذي يستند عليه المجهر [15].

الفصل الثاني

الانتقال الحراري والظواهر

الكهروحرارية

1.II مقدمة

يعتبر تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة كهربائية واحد من أهم مصادر الطاقة في العصر الحديث، إذ يتم هذا التحول عبر عملية الانتقال الإلكتروني والذي نستطيع وصفه على أنه حركة الإلكترونات داخل المادة بفعل تغير في الشروط المتواجد فيها، كدرجة الحرارة، الضغط... الخ. فالانتقال الإلكتروني عبارة عن ظاهرة فيزيائية تتميز بها بعض المواد الصلبة للمساهمة في تحويل الطاقة من شكل إلى آخر، حيث تسمح لنا هذه المواد بالتحويل المباشر للطاقة من شكلها الحراري إلى طاقة كهربائية (توليد طاقة)، أو تحرك كمية الحرارة عن طريق تطبيق تيار كهربائي وبالتالي يمكن تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية، حيث يتم هذا التحويل بثلاث ظواهر مترابطة مع بعضها البعض وهي: ظاهرة سيبيك، ظاهرة بلتييه وظاهرة تومسون. حيث تعرف هذه الظواهر بالظواهر الكهروحرارية.

2.II الانتقال الحراري

هي صورة من صور الطاقة التي تنتقل من جسم إلى آخر أو من منطقة إلى أخرى في الجسم نفسه، وذلك نتيجة لوجود فرق في درجات الحرارة بين الجسمين أو النقطتين، بحيث أي تغير في المحتوى الحراري للمادة سيؤدي إلى تغيير في خواص تلك المادة كحالة المادة مثلا (صلبة، سائلة، غازية) أو لزوجتها أو لونها أو بنيتها البلورية وغيرها من خواص المادة.

3.II طرق إنتقال الحرارة

توجد عدة طرق لانتقال الطاقة الحرارية من منطقة إلى أخرى و تنحصر في ثلاثة أنواع:

1.3.II طريقة التوصيل: انتقال الحرارة خلال المواد الصلبة وكذلك السوائل والغازات عندما تكون ساكنة.

2.3.II طريقة الحمل: هو انتقال الحرارة (الطاقة الحرارية) بواسطة الموائع (السوائل والغازية) أثناء حركتها الاعتيادية، وهو تبادل للطاقة الحرارية بين الأجزاء المتحركة للمائع وسطح المواد الصلبة.

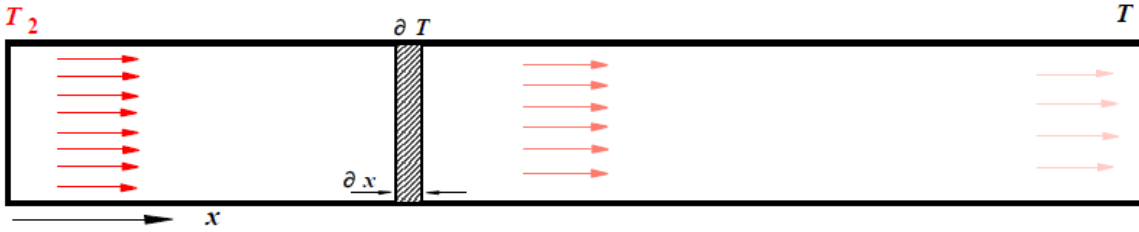
3.3.II طريقة الإشعاع: لا تحتاج هذه الطريقة إلى وسط مادي على عكس التوصيل والحمل، فالحرارة في هذه الحالة

تنتقل في الفراغ [16].

4.II التوصيلية الحرارية في المادة الصلبة

تنتقل الحرارة في الجسم الصلب بواسطة إهتزازات الشبكة البلورية (الفونونات)، عندما تكون نهايتي الجسم الصلب في درجات حرارة مختلفة (T_2 و T_1) فان الطاقة الحرارية تنتقل من النهاية الأعلى درجة حرارة إلى النهاية الأقل درجة حرارة كما هو مبين في الشكل (1.II) أين تم تمثيل الفونونات بالأسهم، كما يتبين لنا أن كثافة التيار الحراري (معدل تدفق الطاقة الحرارية عبر وحدة مساحة المقطع) تتناسب طرديا مع الميل الحراري، بفرض أن طرفي العينة عند درجات الحرارة T_2 و T_1 حيث $T_2 < T_1$ ، وعند ملاحظتنا للعينة الموضوعة على امتداد المحور السيني فان درجة الحرارة تنخفض كلما ابتعدنا عن الطرف الأعلى درجة الحرارة

ويعرف الميل الحراري بأنه التغير في درجة الحرارة المقابل للتغيير $(\frac{\partial T}{\partial x})$ ويمكن كتابة كثافة التيار الحراري $Q = -k \frac{\partial T}{\partial x}$ يعرف ثابت التناسب k بالتوصيلية الحرارية ويعتبر مقياسا لإمكانية انتقال الحرارة عبر القضيب، وتكون k كمية موجبة وتأتي الإشارة السالبة في المعادلة السابقة من الميل الحراري $\frac{\partial T}{\partial x}$.



الشكل رقم II. 1: مخطط توضيحي لانتقال الحرارة في المعادن

يمكن أن تنتقل الحرارة في المواد بالعديد من الوسائل المستقلة، ففي المعدن على سبيل المثال تحمل الحرارة بواسطة كل الالكترونات وموجات الشبكة (الفونونات) بالرغم من أن المشاركة الالكترونية تكون أكبر بكثير، على الجانب الأخر تنتقل الحرارة في المواد العازلة بالكامل بواسطة الفونونات حيث لا توجد الكترونات حرة في المادة [17].

5.II الخواص الفيزيائية للناقل

1.5.II الكثافة الإلكترونية

تتميز المواد الناقلة بامتلاكها لعدد كبير من ناقلات الشحنة الحرة مقارنةً بغيرها من الأوساط المادية، ففي حين يكون عددها في العوازل من رتبة 10^{10} m^{-3} ، و في أشباه النواقل تتراوح بين 10^{15} m^{-3} و 10^{12} m^{-3} ، تكون في النواقل من رتبة 10^{24} m^{-3} أو تفوق.

2.5.II الناقلية الكهربائية

الناقلية الكهربائية هي معيار لمدى قابلية الوسط لحركة الشحنة الكهربائية خلاله، وهي تمثل نسبة كثافة التيار إلى شدة الحقل الكهربائي .

تتأثر الناقلية الكهربائية بعدة معاملات، مثل التركيب الكيميائي للمواد، وحالة إجهاد البنية البلورية،.. لذلك يمكن إستعمال الناقلية الكهربائية لقياس نقاوة المياه ولتصنيف المواد،...إلخ.

3.5.II المقاومة الكهربائية

المقاومة الكهربائية هي مقلوب الناقلية، وهي تعبير عن مقاومة المادة لسريان التيار الكهربائي عبرها، مسببة تحويلاً للطاقة الكهربائية إلى حرارة أو ضوء أو أية أشكال أخرى للطاقة. قيمة المقاومة تعتمد على نوع المادة بحيث تكون المواد التي لها مقاومة منخفضة هي نواقل جيدة للكهرباء، بينما تعتبر المواد ذات المقاومة العالية عوازل جيدة .

4.5.II الناقلية الحرارية

الناقلية الحرارية معيار لقابلية المادة لنقل الحرارة أين تنتقل الحرارة في الجسم الصلب بانتقال الإلكترونات الحرة انتقالاً فيزيائياً وكذا باهتزازات الذرات والجزيئات، في وقت تتوقف الحرارة عن السريان عندما تتساوى درجات الحرارة في جميع نقاط الجسم الصلب مع درجة حرارة الوسط المحيط.

بصفة عامة التوصيل الحراري يتناسب تناسباً طردياً مع التوصيل الكهربائي، فالمعادن مثلاً لها قيم عالية للمقادير السابقين على حد سواء، في حين قد نجد بعض الإستثناءات الملحوظة كالماس ذو الناقلية الحرارية العالية، و لكن توصيلها الكهربائي ضعيفاً [18].

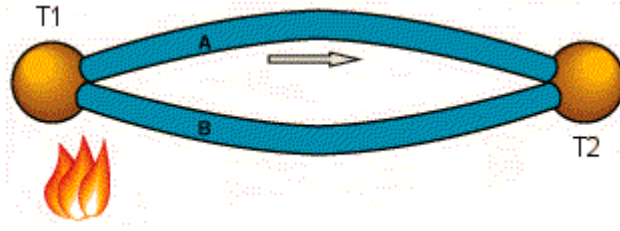
6.II الظواهر الكهروحرارية

في سنة 1821 اكتشف سيباك ظاهرة التأثير الكهروحراري أين اقترنت تسميت هذه الظاهرة باسمه ، أين لاحظ أن إبرة معدنية تتحرك عندما وضعت بين وصلتين من مادتين مختلفتين مرتبطتين في نهايتهما، ولما عرض هذه الوصلة إلى التدرج في الحرارة اعتقد في بادئ الأمر أن سبب ذلك يعود إلى المغنطة الناتجة من اختلاف درجات الحرارة، ولكن سرعان ما أدرك أن تياراً كهربائياً قد نتج بسبب قانون أمبير هو الذي حرك إبرة المغناطيس . ومن ذلك الحين يعتبر تأثير سيباك هو الأكثر شهرة في قياس درجة الحرارة في المزدوجات الحرارية المستعملة في الكثير من ميادين الميكانيك الطاقوية وغيرها.

وبعد سنوات قليلة و بالضبط في عام 1834 اكتشف العالم الفرنسي جان بليتيه الظاهرة الكهروحرارية الثانية والتي أحدثت ثورة في عالم تحويل الطاقة (عالم المبردات والمكيفات الهوائية) حيث أشار بليتيه إلى تحرر كمية من الحرارة عند مرور تيار كهربائي بين تقاطع ماديتين مختلفتين . وأخيراً أظهرت نتائج العالم الإنجليزي ويليام طومسون في عام 1851 انه إذا تعرض موصل إلى تدرج في درجة الحرارة أثناء مرور تيار كهربائي لا يحمل فقط فيض حاملات الشحنة الكهربائية بل والحرارة أيضاً [19].

1.6.II تأثير سيباك

هو عبارة عن نشوء قوة دافعة كهربائية نتيجة حدوث فرق في درجات الحرارة عند نقاط اتصال مادتين مختلفتين في دائرة كهربائية مفتوحة الشكل (2.II) ، إن معرفة معامل سيباك يزودنا بفكرة تحول الطاقة الحرارية الى طاقة كهربائية أين تركز الاهتمام على معرفة المواد التي لها كفاءة عالية في التحول الكهروحراري بقصد استخدامها في التطبيقات الصناعية المتنوعة [20].



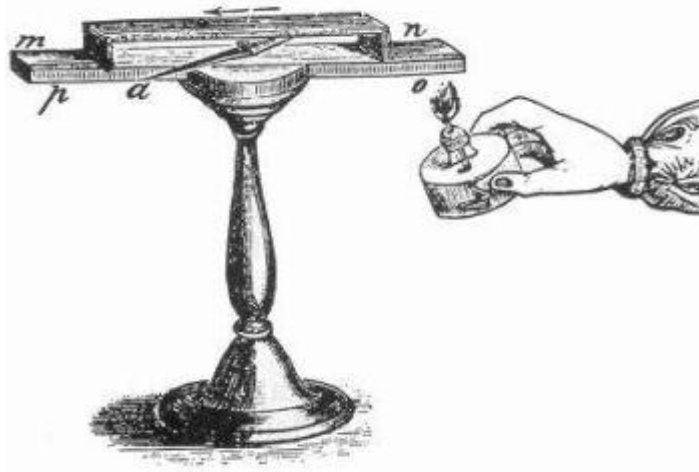
الشكل رقم II. 2: رسم يوضح تأثير سيبك

عند تسليط درجات حرارة مختلفة T_2, T_1 في دائرة مصنوعة من وصلتين مصنوعتين من معدنين مختلفين A و B المترابطين في نهايتهما الشكل [3.II]، ستولد قوة كهربية V_T وتسمى هذه القوة بالقوة الدافعة الكهربية (القوة الدافعة الكهروحرارية). وأوضحت التجارب أنه في مدى ضيق من درجات الحرارة تكون القوة الدافعة الكهروحرارية متناسبة مع الفرق بين درجتي حرارة

$$V_T = S(T_2 - T_1) \dots\dots(1) \quad \text{الوصلتين حيث:}$$

$$S = \frac{dV_T}{dT} \dots\dots\dots(2) \quad \text{إذ أن ثابت التناسب يُؤخذ من العلاقة التالية:}$$

حيث: S تسمى بالقوة الدافعة الكهروحرارية التفاضلية أو النوعية أو ما يسمى بمعامل سيبك، ويتوقف على مادة الموصلتين وعلى درجة الحرارة .



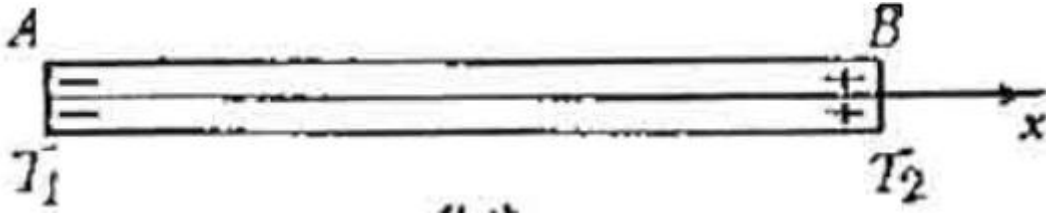
الشكل رقم II. 3: رسم تخطيطي يوضح اكتشاف تأثير سيبك

وتوجد ثلاثة مصادر للقوى الدافعة الكهروحرارية هي:

- التيار الاتجاهي لحاملات الشحنة في الموصل الناتج عن التدرج في درجة الحرارة (المركبة الحجمية V_V)
- تغير موضع منسوب فيرمي (مركبة الوصلة V_d)
- انحراف الالكترونات بواسطة الفونونات (فيما يسمى بظاهرة الانحراف الفونوني).

• المركبة الحجمية للقوة الدافعة الكهروحرارية

لنأخذ موصلا منتظما يظل الفرق في درجة الحرارة $(T_2 - T_1)$ ثابتا عند نهايته B, A الشكل (4.II) ومن ثم يوجد تدرج في الحرارة dT/dx في الاتجاه من A إلى B فيكون لحاملات التيار في الطرف الساخن طاقات أكبر وسرعات أكبر عن نظيرتها لحاملات التيار عند الطرف البارد، لهذا يسرى تيار في الموصل من طرفه الساخن إلى البارد أين يقوم هذا التيار بشحن الموصل.



الشكل رقم II. 4: رسم تخطيطي للموصل المنتظم

ومن أهم ما نذكر أن الحالات التي تقوم الالكترونات فيها بحمل التيار تؤدي إلى تجمع شحنات سالبة عند الطرف البارد وشحنات موجبة عند الطرف الساخن، ونتيجة لذلك يتولد بين الطرفين فرق جهد V_d . وهذا هو المركبة الحجمية للقوة الدافعة الكهروحرارية.

وتكون القوة الدافعة الكهروحرارية التفاضلية والنوعية المناظرة لهذا المركبة هي :

$$S_V = \frac{\delta V_V}{\delta T} \dots \dots \dots (3)$$

ويمكن تقدير S_V كمايلي :

يتعين ضغط الغاز الالكتروني في موصل من العلاقة :

$$P = 2/3 n \bar{E} \dots \dots \dots (4)$$

حيث \bar{E} متوسط طاقة الالكترونات في موصل، n تركيزها .

وبتعيين \bar{E} من العلاقة :

$$E = E_F \left(1 + \frac{3}{5} \left(\frac{5\pi^2}{12} \right) \frac{K_B T_2}{E_F} \right) \dots (5)$$

وينشأ عند تدرج درجة الحرارة تدرج في الضغط ليكافئ ما يولده المجال الكهربائي في الموصل. وبذلك يكون :

$$e\epsilon n = \frac{\delta P}{\delta x} = \frac{\delta P}{\delta T} \frac{\delta T}{\delta x} \dots \dots \dots (6)$$

ومن هنا يمكن تعيين S_v بسهولة حيث:

$$S_v = \frac{\delta V_v}{\delta T} = \left(\frac{\delta T}{\delta x} \right)^{-1} = \frac{1}{en} \frac{\delta P}{\delta T} \dots (7)$$

ومن هنا تكون S_v في موصل من النوع السالب متجه من الطرف الساخن إلى الطرف البارد.

II. 2.6 تأثير بلتيه

إذا مر تيار كهربي I في دائرة تتكون من موصلين $1, 2$ من مادتين مختلفتين كما في الشكل (5.II), فان كمية من الحرارة

$Q = I^2 R t$ ستحرر عند الوصلتين A, B ، حيث R تمثل مقاومة الوصلة و t زمن مرور التيار الكهربائي نتيجة لتأثير جول،

وعندما تكون الوصلتان لموصلين متماثلين فان الحرارة الناتجة بفعل جول هي فقط التي ستحرر، ومن وجهة النظر هذه لا يوجد

اختلاف بين الوصلة وبقية 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 الشكل.

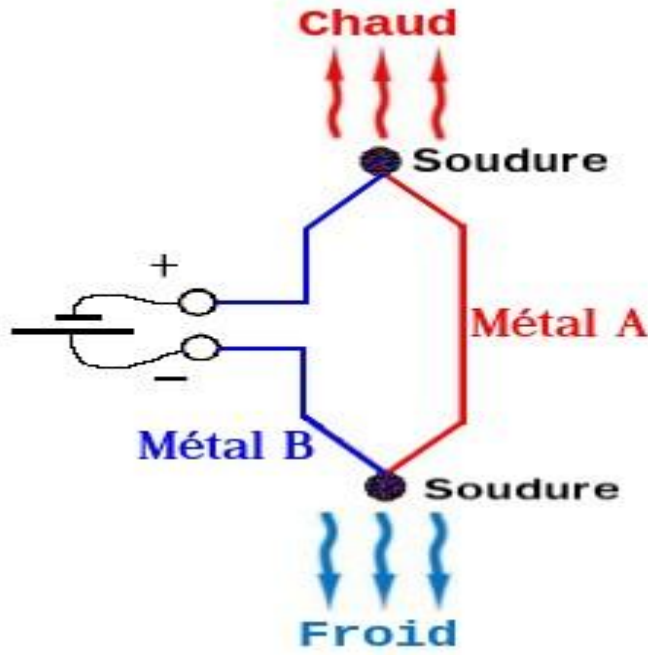
هذه الظاهرة اكتشفها بلتيه عام 1834 وتسمى بذلك تأثير بلتيه، أما عن الحرارة الإضافية المحررة أو الممتصة تسمى بـ

" حرارة بلتيه Q_p " .

وتوضح التجارب إن هذه الحرارة تتناسب طرديا مع شدة التيار I وزمن مروره في الوصلة t حيث:

$$Q_p = \Pi I t \dots \dots \dots (8)$$

ثابت التناسب Π يسمى معامل بلتيه وتتوقف قيمته على المواد المكونة للوصلة ودرجة حرارتها .



الشكل رقم II. 5: رسم تخطيطي يوضح تأثير بلتييه.

3.6.II تأثير طومسون

لنتصور 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 التيار I والفرق في درجة الحرارة $(T_2 - T_1)$ والزمن t ، يتوقف هذا على اتجاه التيار:

$$Q_T = \tau I(T_2 - T_1)t \dots \dots \dots (9)$$

لكمية الحرارة Q_T تسمى حرارة طومسون وثابت التناسب τ يسمى معامل طومسون ويتوقف على مادة

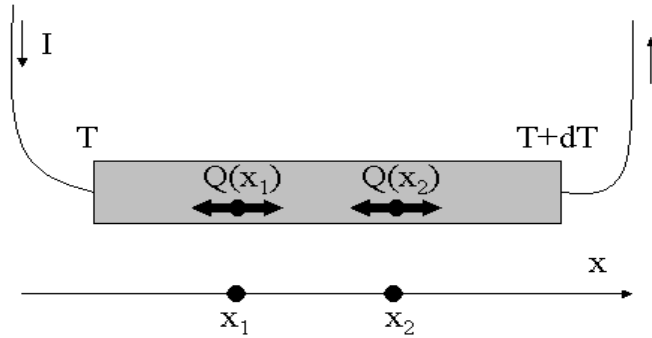
الموصل وعلى درجة الحرارة .

وتبعاً لنظرية طومسون ، فإن معاملي طومسون لموصلين يرتبطان بالقوة الدافعة الكهروحرارية التفاضلية بالعلاقة

$$\frac{dS_{1,2}}{dt} = \frac{\tau_1 - \tau_2}{T} \dots \dots \dots (10)$$

ويعرف 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 .
والإلكترونات 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 [21] .
تعمل على رد الإلكترونات وتعمل في الحالة الثانية على تعجيلها . هذه القوة الدافعة الكهروحرارية لا تغير مقدار معامل طومسون فحسب بل وإشارته كما هو موضح في الشكل التالي:



الشكل رقم II. 6: رسم تخطيطي يوضح تأثير طومسون.

7.II العلاقة بين الظواهر الكهروحرارية الثلاثة (سيباك ، بلتييه ، طومسون)

يوجد ارتباط مباشر بين تأثير بلتييه وتأثير سيباك، فالاختلاف في درجة الحرارة يسبب سريان تيار كهربائي في دائرة تتكون من مادتين مختلفتين، وسريان تيار كهربائي في نفس الدائرة يولد فرقا في درجة الحرارة، والعلاقة المعبرة عن هذا الارتباط ترجع الى طومسون (لورد كلفن) الذي وضع أسس نظرية الديناميكا الحرارية للظواهر الكهروحرارية [22].

تعرف هذه الظواهر الكهروحرارية الثلاثة بدلالة معاملاتهما: معامل الاستطاعة الكهروحرارية " S " ومعامل بلتييه " II " ومعامل طومسون " τ " ، وترتبط هذه المعاملات مع بعضها بعلاقات كلفن (Kelvin) وهي:

$$\Pi_{A/B} = T(S_A - S_B) \dots \dots \dots (11)$$

و

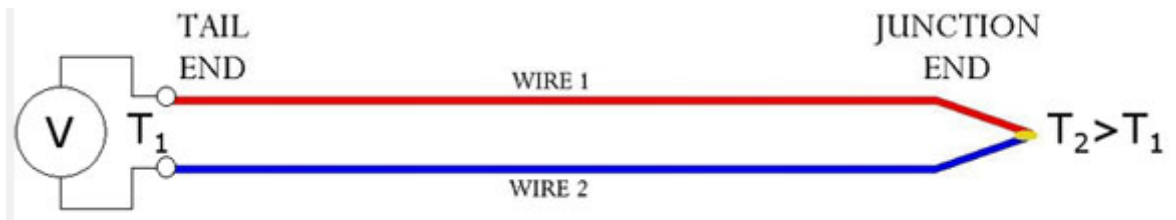
$$\tau_A - \tau_B = T \frac{d(S_A - S_B)}{dT} \dots \dots \dots (12)$$

حيث : A و B يمثلان المعدنين .

8.II المزدوجة الحرارية

يعتمد المزدوج الحراري على معامل سيبك " S "، إذ يتكون المزدوج الحراري من سلكين مصنوعين من مادتين مختلفتين كالألمنيوم والكروم يتصل السلكان إتصالا جيدا في نهايتهما فقط كما في الشكل (7.II)، حيث تكون الوصلتان أحدهما باردة والأخرى ساخنة وهذا التدرج في الحرارة يولد تيار كهربائي يسمى القوة الدافعة الكهربائية .

أي عندما تتغير حرارة معدن ما، تتحرك إلكتروناته بطريقة أسرع. وعند اختلاف سرعة الإلكترونات في المعدنين المتصلين ببعضهما البعض، تتداخل الإلكترونات ببعضها في نقطة التقاء المعدنين. وهنا يحصل فائض إلكترونات في جهة، ونقص إلكترونات في الجهة الأخرى، هذا الاختلاف يولد تيارا كهربائيا متعلق بنوع المعدنين، و بالحرارة من جهة أخرى. ويسمى هذا التيار بالتيار الكهروحراري.



الشكل رقم 7.II : رسم تخطيطي يوضح المزدوج الحراري



الشكل رقم II. 8: صورة توضح المزدوج الحراري

الفصل الثالث

نتائج ومناقشات

III.1. مقدمة

لدراسة الظواهر الكهروحرارية المعروفة في وسط البحث العلمي وبعض الصناعات الميكانيكية أو الالكترونية، حاول احد الباحثين (الدكتور عاشوري عبد الرحيم) اخذ المبادرة في المشاركة بقيام تركيب تجريبي بجامعة ماتز الفرنسية تحت إشراف البروفسور جون جورج غاسير (J . J Gasser)، حيث ساعدت التجارب في الحصول على نتائج منطقية وجد مهمة لسبائك بلورية وغير بلورية عدة، وكانت سبيكة $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$ ضمن العينات المدروسة، أين سنتطرق في هذا الفصل لدراسة كهر وحرارية متمثلة في قياس معامل سيبك بدلالة درجة الحرارة، باستخدام برنامج labview الذي يسهل لنا التحكم في تغيير الشروط التجريبية للدراسة. ولإستكمال الدراسة البنيوية للعيينة وللتأكد من بلورتها سنستعمل جهاز حيود أو انعراج الأشعة السينية، كما سنتطرق لدراسة مورفو لجي عن طريق استعمال المجهر الضوئي الذي بدورة يعطينا نظرة عامة على سطح هذه العينة.

III.2. الجانب التجريبي

III.2.1 أبعاد العينة

تم تحضير عينات السبيكة المعدنية اللابلورية المدروسة المكونة من معدن الألمنيوم Al، النحاس Cu و الزركنيوم Zr بمخبر في ألمانيا وبطريقة "Meltspinning" الشكل [1.III]، حيث كانت أبعاد السبيكة أثناء الدراسة كما يلي :

الطول 9.76 cm

العرض 0.141 cm

السمك 0.00292 cm



الشكل رقم III.1: صورة للعيينة $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$ اللابلورية

2.2.III طريقة العمل

تمت التجربة بواسطة فرن خاص تصل درجة تحمله إلى 1000°C ، حيث وضعت عينة سبيكة $\text{Cu}_{50}\text{Zr}_{45}\text{Al}_5$ في الفرن إذ تم تغيير درجة الحرارة من 25°C إلى غاية 950°C ، إذ تعتمد هذه الطريقة المتبعة لقياس معامل سبيك على استحداث فرق في درجات الحرارة على طرفي العينة بعد ربط مسخن حراري على أحد طرفيها، وربط الطرف الآخر من العينة بنقطة مرجعية . يولد الانحدار الحراري قوة دافعة كهربائية تظهر كفرق جهد على طرفي العينة . ولغرض قياس درجة الحرارة يثبت المزودج الحراري (Thermocouple) من نوع (Chromel et Alumelle) على وجهي العينة T_1 , T_2 على التوالي. أما الفرق في درجات الحرارة ΔT فيكون مساويا إلى $(\Delta T = T_1 - T_2)$ فإذا كانت ΔV تمثل القوة الدافعة الكهربائية الناتجة عن الفرق في درجات الحرارة بين طرفي العينة، فإن معامل سبيك للقدررة المفتوحة (Open circuit) يكون بالعلاقة التالية:

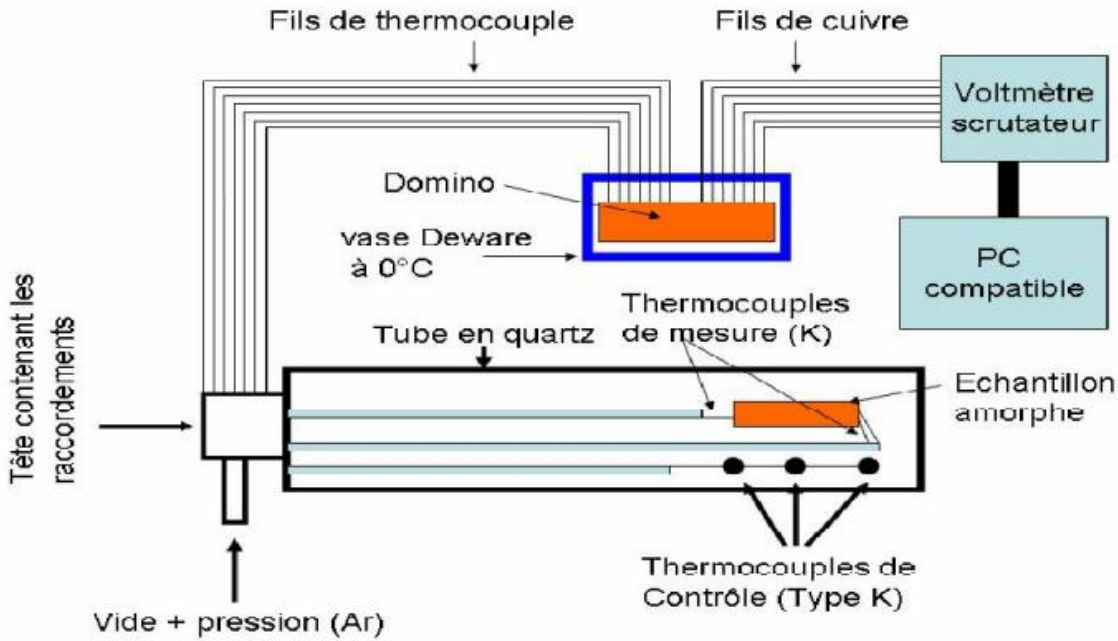
$$. (S = \Delta V / \Delta T)$$



الشكل رقم III. 2: صورة للعينة $\text{Cu}_{50}\text{Zr}_{45}\text{Al}_5$ أثناء المعالجة الحرارية

III. 3.2 التركيب التجريبي

يوضح الشكل [3.III] الدائرة الكهرو حراري (التركيب التجريبي) المستخدمة في قياس معامل سيبك (S)



الشكل رقم III. 3: رسم تخطيطي يوضح التركيب التجريبي

استخدم في هذا العمل برنامج قياس متطور يطلق عليه اسم labview، إذ يمتاز بسهولة جمع العديد من الخصائص التجريبية وترجمتها إلى منحنيات قابلة للشرح والتفسير، مع استعمال وسائل تكنولوجية حديثة أخرى مثل نظام التشغيل XP وهذا عوضاً عن برامج قديمة مثل برنامج Turbo pascal، Keithley، وهو جهاز متعدد القياسات (فولطمتر، أومبيرومتر، أوم متر...).

التركيب التجريبي يحتوي أساساً على فرن حراري تم تركيبه في مخبر المواد المكثفة بجامعة مانتز (Metz) الفرنسية، حيث يستعمل لقياس الخصائص الكهروحرارية كمعامل سيبك (S) والمقاومية الكهربائية (ρ) للسبائك، حيث تتوفر فيه بعض الشروط اللازمة مثل الاستقرار الحراري و توزيع المنتظم في درجة الحرارة .

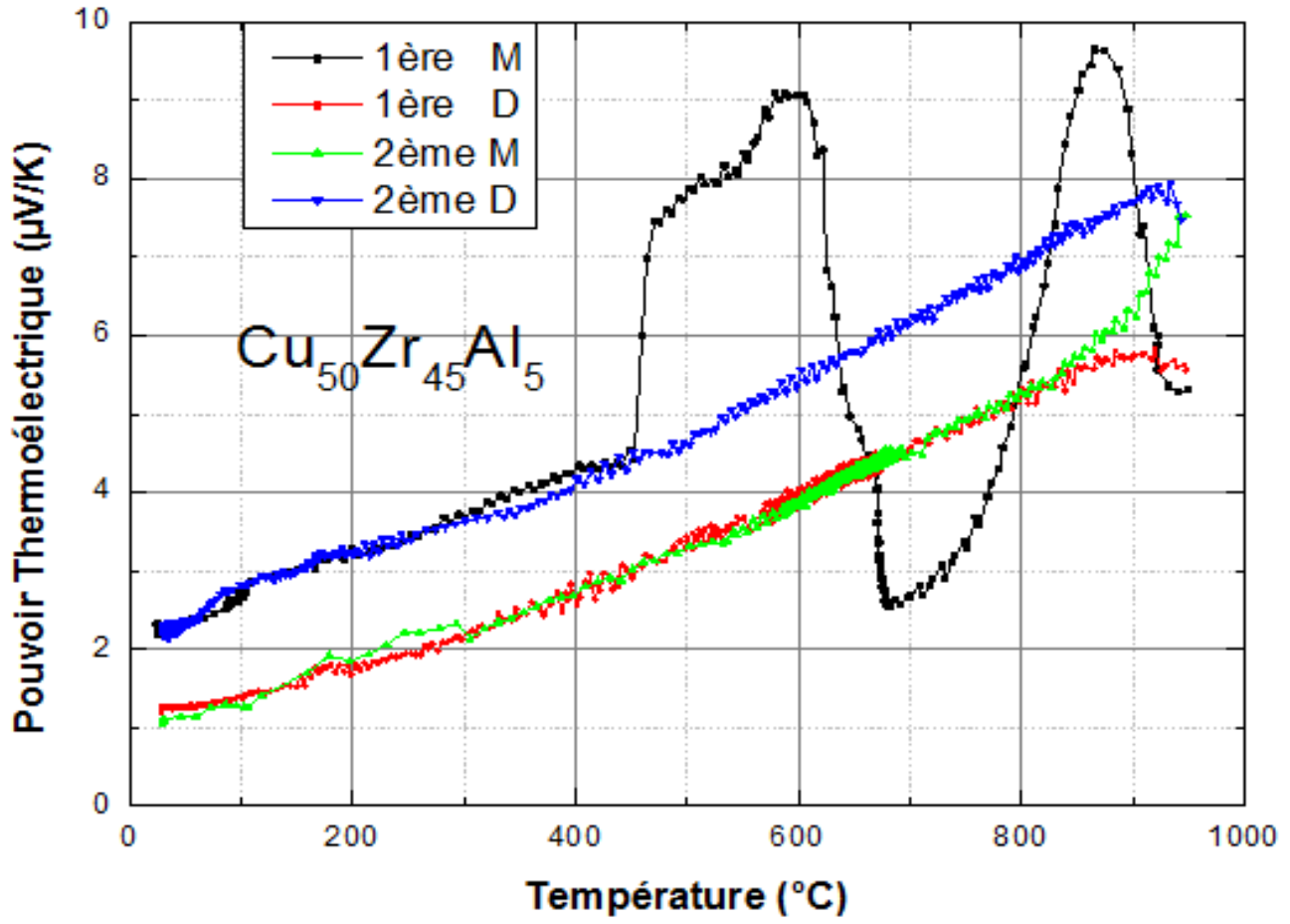
إذ يتكون الفرن المستعمل في الدراسة من أنبوب مركزي مصنوع من مادة جد مقاومة للحرارة، محاط بأسلاك من العناصر المسخنة (les éléments chauffants) والكل محاط بأنبوب كبير ثم أنبوب ثالث محاط بجميع الأنابيب السابقة مصنوع من الحديد (Acier).

يتم استخدام مضخة للتفريغ من أجل إزالة جميع الغازات والشوائب المتواجدة حول العينة، والتي يمكنها في درجة حرارة ما التفاعل مع العينة المدروسة، مستخدمين في هذه العملية غاز الأرجون (Argon) الحامل وذلك لعدم تفاعله مع العينات حيث تتكرر هذه العملية عدة مرات حتى الحصول على محيط العينة فارغ تماما من الشوائب، وذلك تفاديا لأي تفاعل كيميائي يحدث بين العينة و شائبة أخرى أو أي عملية أكسدة خاصة عند درجات الحرارة العالية. استعملت في التجربة كذلك المزدوجات الحرارية (Les thermocouples) حيث تعتبر من العناصر الأساسية لقياس معامل سيبك، والمزدوج الحراري عبارة عن موصلين من معدنين مختلفين كالألمنيوم والكروم (Chromel et Alumelle) حيث يحدث فرق في درجتي الحرارة بين طرفي الوصلتين أين توصل العينة بنهاية الموصلين فقط فينتج عن ذلك توليد تيار كهربائي وهو ما يسمى بالقوة الدافعة الكهربائية، ومسخن حراري ملفوف حول أسلاك المزدوج الحراري لإنشاء تدرج طفيف في درجة الحرارة أثناء إجراء التجربة . وللتحكم في ضغط غاز الأرجون استعملت مجموعة من النانومتر، مع مولد تيار كهربائي بالإضافة إلى جهاز حاسوب للتحكم في مراحل التجربة .

3.III. النتائج المتحصل عليها

1.3.III. النتائج الكهروحرارية

من خلال المنحنيات الموضحة في الشكل رقم (4.III) نجد أن أول قيمة يأخذها معامل سيبك في منحني الصعود الأول ذو اللون الأسود هي $2.3 \mu V/K$ بإشارة موجبة وذلك عند درجة حرارة الغرفة ($25^\circ C$) بخطوة (La rampe) مقدرة بـ $0.5^\circ C/m$ ، بعدها يبدأ معامل سيبك في التزايد إلى غاية أن يأخذ القيمة $4.4 \mu V/K$ عند درجة حرارة $450^\circ C$ ، بعد هذه الدرجة نلاحظ ارتفاع سريع ومفاجئ لقيمة معامل سيبك من $4.4 \mu V/K$ إلى $7.5 \mu V/K$ عند درجة حرارة $470^\circ C$ الغير بعيدة عن الدرجة السابقة، وهذا ما نستطيع تفسيره بوجود تغيير في الطور ابتداء من $450^\circ C$ ، قيمة معامل سيبك في تزايد مستمر إلى غاية حدوث انعراج بسيط في مسار المنحني، وذلك عند درجة حرارة $520^\circ C$ حيث كانت قيمتها $8 \mu V/K$ وهنا تحصلنا على التغير الثاني للطور، ثم إستمر صعود منحني معامل سيبك حتى وصوله إلى القيمة $9 \mu V/K$ في درجة الحرارة $600^\circ C$ أين غير المنحني اتجاهه نحو الأسفل محدثا تغيرا ثالثا في الطور عند درجة الحرارة السابقة، ظهور رابع تغير في الطور ابتداء من درجة الحرارة $660^\circ C$ في حين قيمة معامل سيبك كانت $2.4 \mu V/K$ إذ نلاحظ إرتفاع مستمر لقيمة المعامل إلى غاية درجة الحرارة $870^\circ C$ بقيمة $9.7 \mu V/K$ ، في هذه اللحظة وبحكم أن معامل سيبك إستمر في التزايد أضطررنا إلى مرحلة تبريد العينة بنفس الخطوة السابقة إلى غاية درجة الحرارة الإعتيادية ($25^\circ C$) ، وذلك حفاظا على سلامة العينة ودقة النتائج ، حيث نلاحظ نزول قيمة معامل سيبك إلى $5.7 \mu V/K$ عند درجة حرارة تقدر بـ $950^\circ C$ ، وللتأكد من كون العينة أصبحت في حالة بلورية صرفة دون الرجوع إلى حالتها الأولى (اللابلورية) نعيد رفع درجة الحرارة من الإعتيادية إلى غاية $950^\circ C$ ، أين نجد تطابق منحنى النزول الأول ذو اللون الأحمر و الصعود الثاني ذو اللون الأخضر حيث وصلت قيمة معامل سيبك $7.5 \mu V/K$ ، وذلك ما يوضح لنا أن العينة لم تعد إلى مسارها الأول (الصعود الأول) ومنه نستطيع الجزم أن العينة إنتقلت من الحالة اللابلورية إلى الحالة ذات بنية بلورية ، إذ قمنا مرة أخرى بتبريد العينة من درجة الحرارة $950^\circ C$ إلى $25^\circ C$ لتأكد من مسار المنحني الأزرق فنتج نزول موازي لقيمة معامل سيبك للمنحنيين ذو اللون الأحمر والأخضر من $7.5 \mu V/K$ إلى $2.3 \mu V/K$ ، وللتأكد من تفسيرنا للمنحنيات السابقة إرتأينا إلى القيام بدراسة بنيوية ومورفولوجية للعينة قبل وأثناء و بعد عملية التبلور .

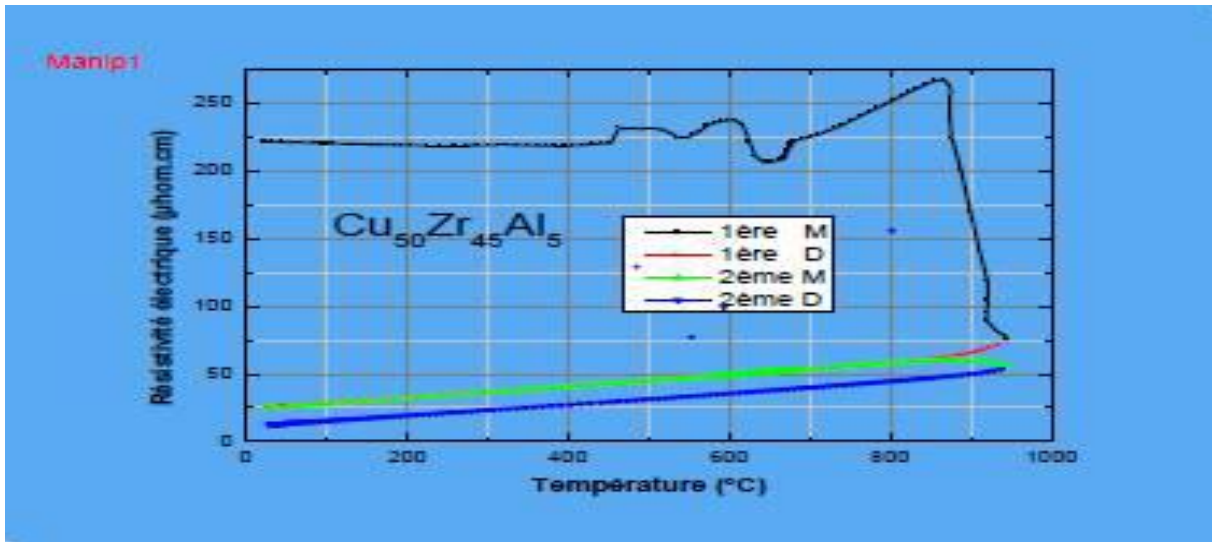


الشكل رقم III.4: يمثل منحنى معامل سيبياك لسبيكة $\text{Cu}_{50}\text{Zr}_{45}\text{Al}_5$ بدلالة درجة الحرارة

III.2.3 المقارنة بين منحنى معامل سيباك ومنحنى المقاومة الكهربائية بدلالة درجة

الحرارة

في مقارنة نتائج منحنى معامل سيباك و المقاومة الكهربائية الموضحة في دراسة سابقة [23] الشكل (III.5)، تبين لنا أن هذين المنحنيين يحدث لهما أربع تغييرات في الأطوار عند نفس نقاط درجة الحرارة، فالتغيير الأول في الطور كان عند درجة حرارة 450°C ، عند هذه الدرجة ترتفع قيمة معامل سيباك و المقاومة حتى يصل إلى حرارة 520°C ليحدث انعراج طفيف في المقدارين الفيزيائيين نتيجة تغيير ثاني في الطور، ثم تبقى القيمتين في الصعود إلى غاية الوصول إلى درجة الحرارة 600°C ، ليتغير اتجاههما نحو الأسفل وهنا يحدث تغيير ثالث في الطور عند درجة حرارة 670°C ، ونستمر في الرفع في درجة الحرارة ليحدث آخر تغيير في الطور عندها يتغير اتجاه القيمتين نحو الأعلى لبلوغها الذروة، ثم قمنا بالتخفيض في درجة الحرارة عند 950°C إلى غاية درجة حرارة الغرفة لنلاحظ نزول تدريجي ومستقيم لكلا المنحنيين، وبذلك تصبح العينة ذات بنية بلورية، وهذا ما تؤكدته نتائج منحنيات التبريد والتسخين التي تأخذ نفس مسار الصعود والنزول دون أي تغيير في الطور، وتفسير تشابه مسار المنحنيين عند نفس نقاط درجة الحرارة المدروسة يرجع إلى أن التجربة أجزت في نفس الظروف و النتائج أخذت في نفس الوقت



الشكل رقم III.5: منحنى يمثل المقاومة الكهربائية بدلالة درجة الحرارة لسبيكة

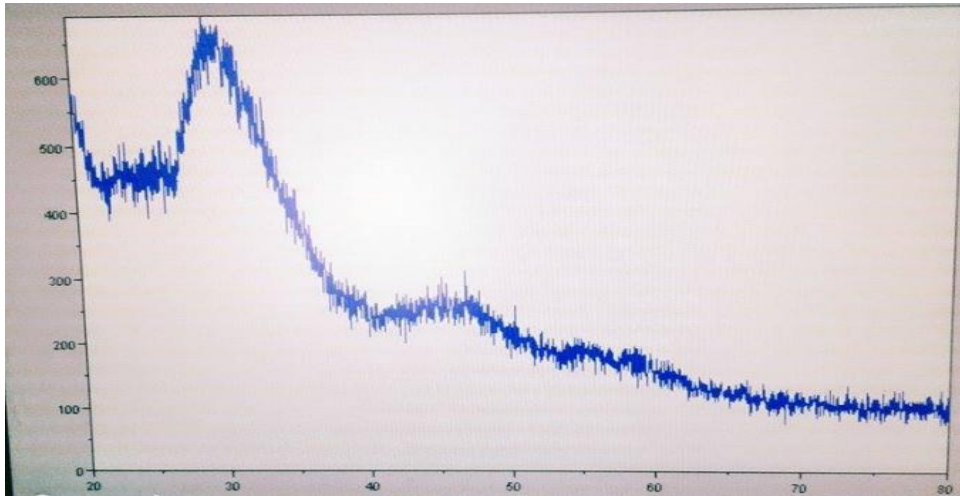
4.III النتائج المورفولوجية والبنوية للعينة

1.4.III النتائج البنوية باستخدام الأشعة السينية (RX)

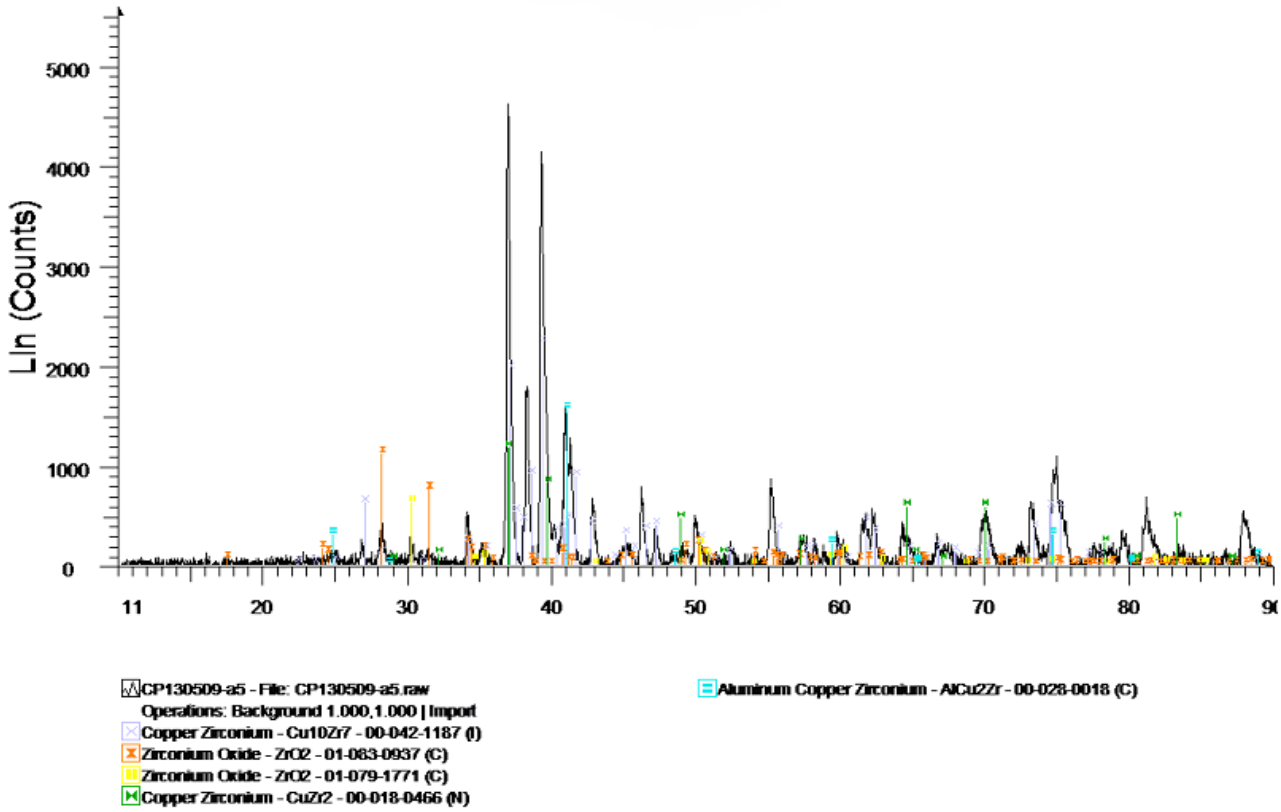
قد عرضنا سبيكة $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$ للأشعة السينية عن طريق حيود الأشعة السينية SEIF ERT في جامعة ورقلة ،

إذ كان الشعاع الساقط على السبيكة (شعاع الحيود) من معدن النحاس $\lambda K_{\alpha} Cu = 1.54$ ونتائج الحيود موضحة في

الشكل [6.III].



الشكل رقم 6.III: منحنى حيود الأشعة السينية لسبيكة المدروسة في درجة حرارة الغرفة



الشكل رقم III.7: طيف الأشعة السينية لسبيكة $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$ في درجة حرارة $500\text{ }^{\circ}\text{C}$

استخدمت تقنية حيود الاشعة السينية في دراسة سبيكة $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$ ، التي بواسطتها يمكن الكشف عنبنية المادة المدروسة قبل وبعد عملية المعالجة الحرارية، و بواسطة هذه كذلك يمكننا التأكد من اتمام عملية تبلورالسبيكة، فعند تعريض الاشعة السينية لمواد ذات بنية بلورية، تكون نتيجة الحيود قمم كثيرة ومتعددة (تداخلات بناءة) عند زوايا حيود متقاربة الشكل (III.7)، اما بالنسبة للمواد الابلورية فلا نلاحظ وجود اي قمم في هذ الحيود بحيث يكون الطيف تقريبا شبه مستقيم او بشكل منحني كما هو موضح في الشكل (III.6).

ومن خلال تعريض الاشعة السينية X للسبيكة المدروسة، اظهرت لنا نتائج خطوط الطيف وجود قمم كثيرة ومتعددة عند زوايا الحيود 2θ ذات شدات مختلفة، وهو ما يدل على وجود عدة انواع من عناصر معدنية تدخل في تركيب السبيكة وباطوار مختلفة كما هو موضح في الشكل (III.7)، حيث نلاحظ اكر قيمة لخطوط الطيف تكون بشدة حوالي 4600 عند زاوية

$2\theta = 37^0$ والمتمثلة في الخليط $Cu_{10}Zr_7$ ، وهذا ما نوجهه الى نسيقنا كلاً من الزركونيوم والنحاس في السبيكة، كما تبين لنا خطوط الطيف كذلك وجود أكاسيد من الزركونيوم (ZrO_2) بشدات مختلفة وقيم مقاربية، والمبينة باختلاف الألوان الدالة على عنصر الزركونيوم في طيف الأشعة المتحصل عليه .

أما بالنسبة لعنصر الألومنيوم فتبدأ خطوط طيفه في الظهور عند $2\theta = 25^0$ ولكن بشدة ضعيفة مقارنة بالعناصر الأخرى أي حوالي $I=200$ ، أما عند $2\theta = 41^0$ فنجد أن عنصر الألومنيوم يظهر جلياً في المركب ($ZrAlCu_2$) في خط الطيف ذو الشدة المعتبرة نوعاً ما $I=1500$.

في دراستنا البنيوية لطيف سبيكة $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$ عند درجة الحرارة $500^{\circ}C$ ، وباستخدام طيف الأشعة السينية نستنتج تبلور السبيكة وانتقالها من الحالة اللابلورية الى الحالة البلورية.

وفي الأخير نستنتج أن هذه السبيكة ذات بنية بلورية، وهذا ما يؤكد صحة دراستنا أن السبيكة تبلورت عند تعريضها الى درجة حرارة مناسبة .

الجدول رقم III.1: يبين قيم خطوط الطيف المتحصل عليها

λ	الشدة	2θ	المركب أو العنصر
0.159	1300	28	ZrO_2
	700	30	ZrO_2
	2300	39	
	1650	41	$Al Cu_2 Zr$
	600	49	$CuZr_2$

3.4.III النتائج المورفولوجية للسبيكة المدروسة

كانت قد عرضت عينة $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$ على جهاز المجهر الضوئي للقيام بدراسة مورفولوجية تساعدنا على معرفة نتائج المعالجة الحرارية على سطحي العينة (اللامع والعاتم)، التي كانت في درجات حرارة مختلفة (من درجة حرارة الغرفة إلى $850^{\circ}C$)، ولذلك تحصلنا على النتائج التالية:

بعد الدراسة الكهروحرارية التي قمنا بها على العينة المدروسة سابقا أين تحصلنا من خلالها على منحنيات بيانية لمعامل سيباك بدلالة درجة الحرارة، وإستكمالا لذلك إرتأينا إلى القيام بدراسة مورفولوجية عن طريق جهاز المجهر الضوئي ، والذي بدوره قدم لنا نتائج تعطينا صورة مبدئية على حالة العينة قبل وأثناء وبعد المعالجة الحرارية والتي لخصناها في الأشكال التالية (8.III)،(9.III)،(10.III)،(11.III)،(12.III)،(13.III)،(14.III)

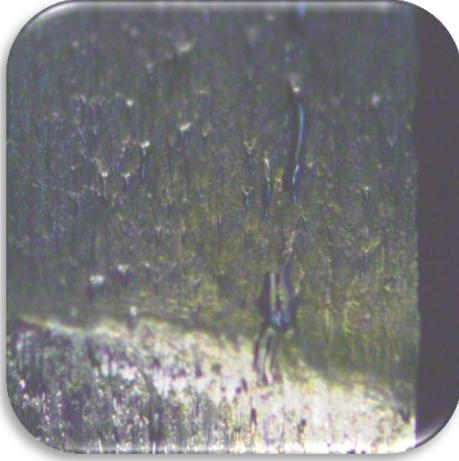
قبل ادخال العينة المدروسة " $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$ " إلى الفرن أي عند درجة حرارة الغرفة ($25^{\circ}C$) قمنا بعرضها على جهاز المجهر الضوئي، إذ لاحظنا في الشكل (8.III) أن سطح العينة اللامع عبارة عن بعض الفجوات الصغيرة والتي كانت أصلية في السبيكة، أما عن السطح الداكن لا نلاحظ عليه شيئا يستحق الذكر.

بعد ذلك نلاحظ بعض التغيرات الطفيفة على سطحي العينة المدروسة وذلك في درجة الحرارة بين $500^{\circ}C$ إلى غاية $645^{\circ}C$. عند درجة حرارة $720^{\circ}C$ يظهر لنا وبشكل جلي وملفت للإنتباه وجود خدوش وخطوط خاصة على الوجه اللامع لشريط السبيكة والتي يمكننا ترجمتها على أنها حدود حبيبية، أين يوضح لنا ظهورها وجود تبلور للعينة في هذه الدرجة من الحرارة. في آخر درجة حرارة متحصل عليها للسبيكة بعد المعالجة الحرارية ($850^{\circ}C$) نلاحظ على الصورة شكل (14.III) ظهور عدة نتوءات على سطح الوجه اللامع، اما على السطح الداكن نلاحظ تزايد الخدوش والإستطالات والتي كانت بنسب قليلة في درجات الحرارة الأقل.

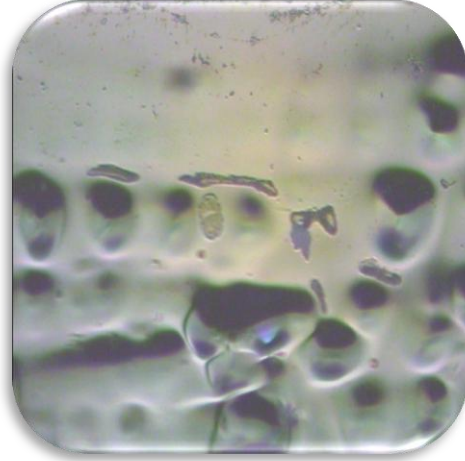
صور المجهر الضوئي لم تكن كافية ودقيقة للحصول على معلومات عن سطح السبيكة، بخلاف جهاز المجهر الإلكتروني الماسح والذي من خلاله كانت قد تحصلت الطالبة بومعزة في مذكرة الماستر [23] على صور ونتائج أكثر دقة ووضوح.

العينة $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$

الوجه العاتم



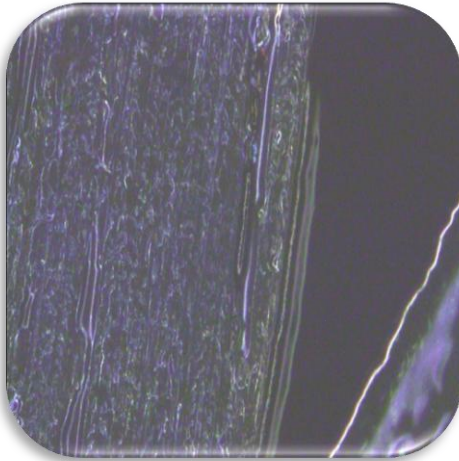
الوجه اللامع



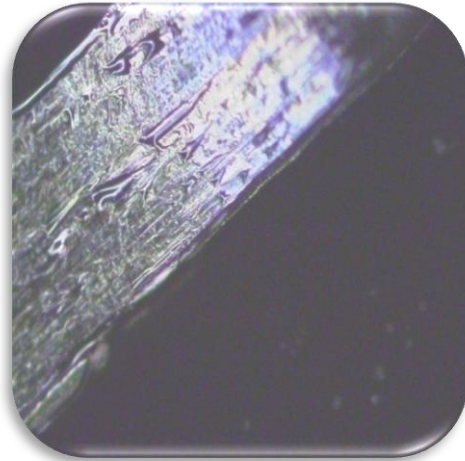
الشكل رقم III.8: صور لوجهي العينة في درجة حرارة (25°C) تحت المجهر الضوئي

العينة $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$

الوجه العاتم



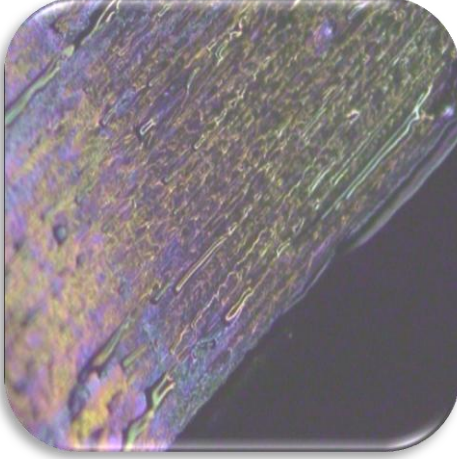
الوجه اللامع



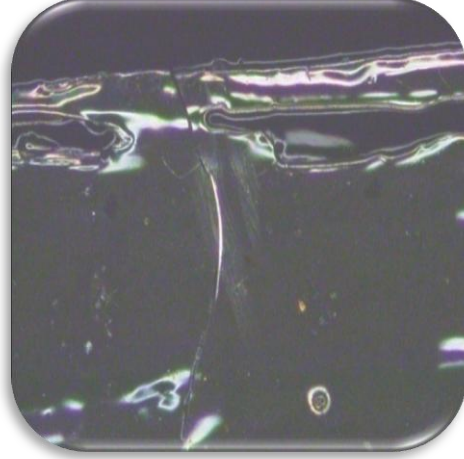
الشكل رقم III.9: صور لوجهي العينة في درجة حرارة (500°C) تحت المجهر الضوئي

العينة $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$

الوجه العاتم



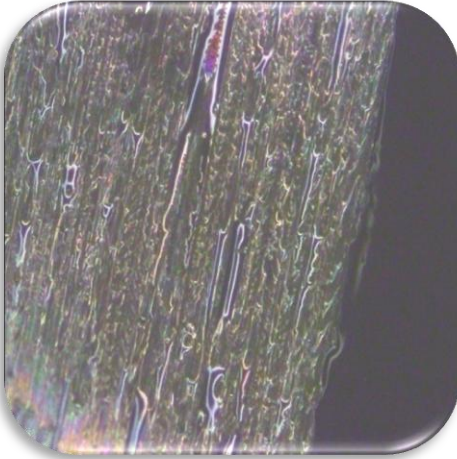
الوجه اللامع



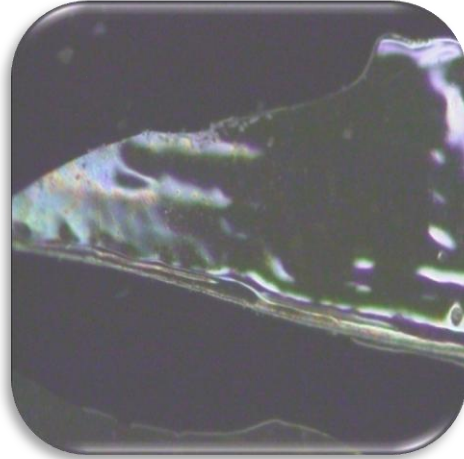
الشكل رقم III.10: صور لوجهي العينة في درجة حرارة (545°C) تحت المجهر الضوئي

العينة $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$

الوجه العاتم



الوجه اللامع



الشكل رقم III.11: صور لوجهي العينة في درجة حرارة (600°C) تحت المجهر الضوئي

العينة $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$

الوجه العاتم

الوجه اللامع

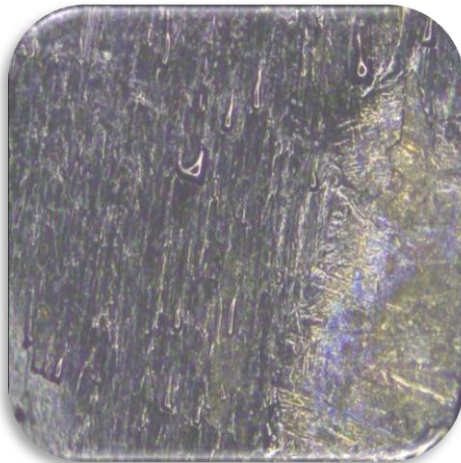


الشكل رقم III. 12: صور لوجهي العينة في درجة حرارة ($645^{\circ}C$) تحت المجهر الضوئي

العينة $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$

الوجه العاتم

الوجه اللامع



الشكل رقم III. 13: صور لوجهي العينة في درجة حرارة ($720^{\circ}C$) تحت المجهر الضوئي

العينة $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$

الوجه العاتم



الوجه اللامع



الشكل رقم III. 14: صور لوجهي العينة في درجة حرارة ($850^{\circ}C$) تحت المجهر الضوئي

الخاتمة العامة

من أجل الحصول على معلومات فيزيائية على سبيكة $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$ ، تطرقنا في هذه الدراسة إلى البحث عن بعض الخصائص الفيزيائية و المتمثلة في الخصائص الكهروحرارية (معامل سيبك) وذلك بإستخدام برنامج Labview المتطور مرتبط بتكيب تجريبي مصنع محليا بمخبر فيزياء المواد المكثفة بجامعة مازن والمتكون أساسا من فرن وعدة تجهيزات إلكترونية وكهربائية من أجل القيام بالمعالجة الحرارية للعينة المدروسة .

بعد مدة من الدراسة التجريبية تحصلنا على نتائج نذكر منها :

منحنى تجريبي لمعامل سيبك بدلالة درجة الحرارة والذي من خلاله إستطعنا الحصول على عدة تغيرات طورية ناتجة عن تغير درجة الحرارة وكان أول تغير في الطور عند درجة حرارة $450^{\circ}C$ بمعامل سيبك $4.4 \mu V/K$ ، أما الطور الثاني كان في درجة حرارة $520^{\circ}C$ عند معامل سيبك $8 \mu V/K$ ، أما آخر تغيير في الطور فقد كان عند درجة $660^{\circ}C$ حيث معامل سيبك أخذ القيمة $2.4 \mu V/K$.

وللتأكد من إنتهاء عملية البلورة للعينة المدروسة ومن أجل القيام بدراسة بنيوية لها إرتأينا إلى تعريض هذه الأخيرة إلى الأشعة X قبل وبعد المعالجة الحرارية . بعد ذلك قمنا بدراسة مورفولوجية للسبيكة مستخدمين جهاز المجهر الضوئي من أجل الحصول على معلومات حول التغيرات الطارئة على سطح العينة .

ونتيجة لهذه الدراسة أثبتت لنا التجارب المنجزة بداية حدوث عملية التبلور لسبيكة $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$ في حدود درجة الحرارة $520^{\circ}C$ ، بالإضافة إلى إستنتاجنا إلى معامل سيبك للعينة في درجات حرارة مختلفة (من $25^{\circ}C$ إلى $850^{\circ}C$).

دعمت هذه الدراسة بدراسة بنيوية ومورفولوجية والتي بدورها أكدت صحة النتائج المذكورة سابقا (قياس المقاومة الكهربائية بدلالة درجة الحرارة) والتي من أهمها إنتهاء عملية التبلور للعينة المدروسة في درجات حرارة محدودة، أي أن السبيكة إنتقلت من الحالة اللابلورية وأصبحت ذات بنية بلورية .

المراجع

- [1] السبائك المعدنية وإستخداماتها الطبية ، جامعة الأندلس الخاصة للعلوم الطبية ، سوريا .
- [2] د.صاحب الصفار، هندسة المعادن ، الجامعة التكنولوجية، 2010-2009 .
- [3] د. أحمد زكي حلمي، كتاب أساسيات تكنولوجيا التصنيع (تشغيل المعادن بدون قطع) ،الدار المصرية للعلوم ، القاهرة ..
- [4] بروفيسور إبراهيم مضوي بابكر ، علم المعادن، كلية العلوم والتقانة ، جامعة النيلين ، 1425هـ/2004م .
- [5] Dr, Ghomari Fouad .Science des materiaux de construction , universite aboubekr belkaid.
- [6] <http://www.lenntech.fr/periodique/elements/cu.htm#ixzz48AifQ98m>
- [7] يو. لاختين ،علم المعادن والمعاملة الحرارية للمعادن. 1983 .
- [8] أ.م.د. شهاب أحمد زيدان الجبوري، منهاج علم السيراميك والزجاج . قسم العلوم التطبيقية ، الجامعة التكنولوجية .
- [9] د. سعود بن حميد اللحياني،فيزياء الجوامد.
- [10] د. ياسر مصطفى ، حيود الأشعة السينية في البلورات، جامعة أم القرى، نوفمبر2015 .
- [11] أ . مبروك غوقالي ، أ. سفيان بن حميدة، مدخل إلى الفيزياء الصلبة ،الجزء الأول.
- [12] أ.د.محمود نصر الدين ، الأشعة السينية وبعض تطبيقاتها ، الهيئة العربية للطاقة الذرية . تونس2008.
- [13] د. اسكندر منيف ، بنية المادة الكثيفة ،البلورات، دمشق 2013 .
- [14] د. عبد الفتاح أحمد الشاذلي ، فيزياء الجوامد ، ج1 ، كلية التربية، جامعة عين الشمس .
- [15] أ. عناية أبو نصر، المنهج العلمي لمادة بيولوجيا الخلية 222.

[16] شهرزاد أمين ، هيثم نافع صالح، غيث ياس خضير، محمود فائق رشيد، محمد ناصر حسين ، ملزمة أنتقال الحرارة، جمهورية العراق.

[17] د. يسري مصطفى، الخصائص الحرارية للشبيكة البلورية، 2007 .

[18] مذكرة ماستر أكاديمي لراوية نوحه. إرتباط الناقلية الكهربائية بترددات الحقول الكهرومغناطيسية في النواقل، 2011 جامعة قاصدي مرباح ورقلة.

[19] CRC Handbook of Thermoelectrics , Indrodiction, Edited by D.R.Rowe, Ph.D.,D.Sc.,CRC.Press,1995.

<http://chem.ch.huji.ac.il/~eugeniik/history/seebeck.html>.

<http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/history/mathematicians/thomson.html>

[20] كاظم أحمد محمد. صبري جاسم محمد . عبد الله محمود علي، القدرة الكهروحرارية في المركبات Fe-Gr-Al

المغناطيسية ، المجلد 4، العدد 10، السنة الرابعة . آيار 2008

[21] د. عبد الفتاح أحمد الشاذلي، فيزياء الجوامد ، ج3 ، كلية التربية، جامعة عين الشمس

[22] Georges Bonnier et Eric Devin . Couples thermoélectrique , caractéristique et mesure de température .

[23] مذكرة ماستر أكاديمي، مارية بومعزة ، قياس المقاومة الكهربائية بدلالة درجة الحرارة لسبيكة $Cu_{50}Zr_{45}Al_5$. جامعة

قاصدي مرباح ورقلة، 2016.

الملخص

الهدف من هذه المذكورة هو القيام بدراسة كهروحرارية والمتمثلة في قياس معامل سيبك بدلالة درجة الحرارة (من الدرجة الاعتيادية إلى 850°C) للسبيكة الابلورية $\text{Cu}_{50}\text{Zr}_{45}\text{Al}_5$ ، أين تحصلنا على نتائج جد مهمة حول علاقة معامل سيبك ودرجة الحرارة، بالإضافة تحصلنا على عدة أطوار بنيوية للعينه المدروسة، والتي أكدت لنا صحة نتائج (قياس المقاومة بدلالة درجة الحرارة) ، وقد تم تدعيم هذه الدراسة الكهروحرارية بدراسة بنيوية ومورفولوجية، أين أثبتت لنا هذه الأخيرة صحة انتقال العينه المدروسة من حالة لابلورية إلى حالة ذات بنية بلورية.

الكلمات المفتاحية: الابلورية، السبائك، الضواهر الكهروحرارية، تأثير سيبك

Abstract :

In this thesis we performed an electrothermal study, we have measured the Seebeck coefficient in terms of temperature (25°C to 850°C), on a sample of elliptical alloy $\text{Cu}_{50}\text{Zr}_{45}\text{Al}_5$, we have obtained remarkable results on the relationship, between the Seebeck coefficient and the variation of temperature, moreover we obtained several structural phases of the sample, which in addition have confirmed our results, this study has been supported by a morphological and structural investigation.

Key words: lattice, alloy, electrothermal, Seebeck effect.