مجلة البحوث التطبيقية في العلوم والإنسانيات

إنعكاس و إنكسار الضوء و تطبيقاته فى الحياة

أحمد فرج السيد – أحمد مجدى أبو الفتوح – عمر أسامه على – محمد أحمد فؤاد – محمد إيهاب مرسى – محمد فؤاد محمد – محمد يحيى سالم

د. مها محمود موسى . مدرس فيزياء الجوامد

جامعة عين شمس ، كلية التربية، برنامج البكالوريوس فى العلوم والتربية (الإبتدائى) تخصص العلوم

المستخلص

تهدف هدة الدراسة الى فهم طبيعة الضوء و خصائصه المختلفة و أهمية دراسته فى العديد من التطبيقات .كما ناقشت الدراسة إنعكاس و إنكسار الضوء كأحد خصائص الضوء اللذان يحتلان مركز أساسيا فى كثير من االتطبيقات العلمية و الصناعية و الطبية. كما تناولت الدراسة الميكروسكوب المركب كأحد تطبيقات إنكسار الضوء و المستخدم فى كثير من المراكز الطبية و الهيئات البحثية و التعليمية. و أوضحت الدراسة بالتفصيل تركيب الميكروسكوب المركب و كيفية استخدامه فى تكبير الاشياء و من ثم إستخدامه فى دراسة التركيب الداخلى للمواد المختلفة فى كثير من المجالات. و تم دراسة الخصائص التركيبية لسبيكة اللحام قصدير– أنتيمون– نحاس Sn–Sb–Cu كأحد سبائك اللحام الخالية من الرصاص و المستخدمة فى مجال صناعة الالكترونيات. و أوضحت النتائج إنه تم الحصول على صور ضوئية ميكروسكوبية ذات وضوح عالى مما أدى الى دراسة التفاصيل الدقيقة للتركيب الداخلى لسبيكة الدراسة. و أوضحت الخصائص التركيبية أنها تحتوى على الاطوار β– Sn و SnSb الذى يظهر على هيئة جزيئات مستديرة round particles بيضاء منفصلة، و Cu_6Sn_5 حيث يظهر على هيئة أشكال مضلعة polygonal shapes موزعة بشكل منتظم.

الكلمات المفتاحية :

الضوء، تطبيقات، الميكروسكوب المركب، سبائك اللحام

1. المقدمة

يعد **الضوء** أمرًا أساسيًا لكل أشكال الحياة على الأرض تقريبًا حيث يعد الضوء الوسيلة الرئيسية التي يمكننا من خلالها نقل واستقبال المعلومات من وإلى الأشياء المحيطة بنا في جميع أنحاء الكون. و كان فهم طبيعة الضوء و خصائصة إهتمام العلماء قديما. إفترض العالم نيوتن أن الضوء عبارة عن جسيمات دقيقة تنبعث من المصدر الضوئى على هيئة خطوط مستقيمة. و استطاعت النظرية الجسيمية لنيوتن تفسير ظاهرتى إنعكاس و إنكسار الضوء و لكنها لم تستطيع

أن تعطى التفسير الجيد لبعض الظواهر الضوئية مثل تداخل و حيود الضوء. و قد لاقت النظرية الجسيمية قبول معظم العلماء فى ذلك الوقت. ثم جاء بعد ذلك العالم الهولندى هيجنز Christian Huygens فى عام 1678 ميلادية (و هو أحد معاصرى نيوتن) بنظرية أخرى لطبيعة الضوء و هى أن الضوء عبارة عن موجات تنتشر فى الفضاء بحيث كل نقطة من صدر الموجة تصبح بدورها مصدر لموجة أخرى.و لكن هذة النظرية لم تلق ترحاب علمى فى ذلك الوقت . و بحلول عام 1801 ميلادية استطاع العالم توماس ينج Thomas Young أن يثبت الطبيعة الموجية للضوء من خلال توضيح ظاهرة تداخل الضوء. ومن بعده قام العالم ماكسويل Maxwell عام 1873ميلادية بنشر عمله بالكهرباء والمغناطيسية والذي يقوم كذلك على نظرية أن الضوء عبارة موجات كهرومغناطيسية عالية التردد. توصلت النظرية الموجية للضوء إلى تفسير أغلب الظواهر الضوئية، في حين إنها فشلت بتفسير البعض الآخر مثل الظاهرة الكهروضوئية (Photoelectric Effect) ، وهي الظاهرة التي يمكن عبرها رؤية انطلاق إلكترون من سطح معدني حين تسليط شعاع من الضوء عليه. وكان يكمن فشل النظرية الموجية للضوء في أن طاقة الإلكترونات الحركية لا تقوم على شدة ما يسقط من ضوء، ولكن على تردده، في حين أن عدد الإلكترونات الذي ينبعث عن السطح المعدني يعتمد على شدة ما يسقط من ضوء على سطح ذلك المعدن.وقد استطاع العالم الفيزيائي الشهير ألبرت آينشتاين Albert Einstein من وضع تفسير لتلك الظاهرة، وكان ذلك في عام 1905ميلادية، والذي إستعان بها على المفهوم الذي وضعه العالم ماكس بلانك من تكميم الطاقة حيث تفرض نظرية الكم أن طاقة الشعاع الضوئى تتكون من حزمة من الفوتونات و حسب نظرية إينشتين فإن طاقة الفوتون تتناسب طرديا مع تردد الموجة الكهرومغناطيسية. وحين يتم معاملة الضوء ودراسته باعتباره موجة كهرومغناطيسية، يمتلك حينها كافة ما تمتلكه الموجات من خصائص (Raymond A. Serway ، 2004، 1095-1096). فالضوء هو موجة كهرومغناطيسية تنشأ نتيجة تعامد مجال مغناطيسي و أخر كهربى و اللذان يكونان متعامدان على اتجاه انتشارها. و الضوء عبارة موجات مستعرضة تمتلك مدى من الاطوال الموجية يتراوح من 400 الى 700 نانومتر. و الموجات الضوئية تنتشر فى الفراغ بسرعة تساوى 3×10^8 متر/ ثانية .

من خصائص الضوء التى تحتل مركز أساسيا فى كثير من التطبيقات العلمية و الصناعية إنعكاس و إنكسار الضوء. فظاهرة **إنعكاس** الضوء Reflection of light تعتبر من الظواهر التي يستخدمها الإنسان في حياته اليومية فلا يكاد يمر يوم دون أن يرى الإنسان صورته في المرآة والتي تكونت بسبب ظاهرة الانعكاس. فإنعكاس الضوء عبارة عن إرتداد الأشعة الضوئية في نفس الوسط نتيجة سقوطه على سطح مصقول (سطح عاكس) كالمرآة. و يوجد نوعان من الإنعكاس و هما الإنعكاس المنتظم : و هو النوع الذي يحدث عند سقوط الضوء علي الجسم المستوي المصقول كالالمونيوم أو الفضه وهذا النوع من الانعكاس هو الأساس في الرؤية وهي الحالة التي تتساوي فيها كل من زاوية السقوط والانعكاس . و النوع الاخر هو الإنعكاس الغير منتظم : وهو النوع الذي يحدث عندما يسقط الضوء على الأسطح الغير مستوية بحيث عند سقوط مجموعة من الاشعة الضوئية المتوازية فإنها تنعكس فى كافة الاتجاهات. يعد فهم قوانين إنعكاس الضوء أمرًا مهمًا في العديد من المجالات مثل الضوئيات والأنظمة البصرية. و ينص قانونا الإنعكاس للاسطح المستوية على: القانون الاول " زاوية السقوط تساوى زاوية الانعكاس" و القانون الثانى " الشعاع الضوئى الساقط و الشعاع الضوئى المنعكس و العمود المقام من نقطة السقوط على السطح العاكس تقع جميعا فى مستوى واحد عموديا هلى السطح العاكس". و تم التوصل لهذة القوانين من خلال كثير من المحاولات مثل قاعدة فيرمات و قاعدة هيجنز. و من العوامل المؤثرة على صفات الصور المتكونة بالإنعكاس ، نوع السطح العاكس كالمرايا المستوية و

المقعرة و المحدبة و أيضا المسافة بين الاجسام و الاسطح العاكسة (سعود بن حميد اللحياني، 2013).

يوجد العديد من التطبيقات العلمية و الصناعية التى تحتل دورا اساسيا فى المجالات الحياتية لظاهرة إنعكاس الضوء. فمن تطبيقات إنعكاس الضوء فى المرايا المقعرة: التلسكوبات العاكسة و هى خاصة بعلم الفلك الرصدى التى تستخدم لدراسة الأجرام السماوية. و فى مجال الطب: يستخدم أطباء الأنف و الأذن المرايا المعقرة لعكس الضوء فى منطقة الفحص للحصول على رؤية واضحة من أجل التشخيص السليم. ويستخدمها أيضا أطباءالأسنان، إذ أنهم يستخدمونها لمساعدتهم في رؤية الأجزاء السفلية من الضروس، والتي قد لا يستطيعون رؤيتها بوضوح بالعين المجردة. تستخدم المرايا المعقرة ايضا فى الافران الشمسية حيث يتم تركيز الضوء فى نقطة معينة و ذلك لتوليد الحرارة و التى تستخدم فى التدفئة و الطبخ و العديد من الاستخدامات (نصر محمد الزوام، 2018). للمرايا المحدبة أيضا العديد من التطبيقات مثل مرايا السيارات و الاستخدامات الامنية داخل المبانى و المؤسسات.

من خصائص الضوء أيضا **الإنكسار** Refraction of light حيث تطورت دراسة إنكسار الضوء بواسطة العديد من العلماء وتم توسيع فهمنا لهذه الظاهرة. إنكسار الضوء هو إعادة توجيه الموجة الضوئية أثناء انتقالها من وسط إلى آخر. و يمكن أن يكون سبب إعادة التوجيه هو التغير في سرعة الموجة أو التغير في نوع الوسط. و تم إثبات ذلك من خلال قانون سنل و الذى ينص على " النسبة بين جيب زاوية السقوط الى جيب زاوية الإنكسار تساوى دايما مقدار ثابت يسمى معامل الإنكسار". و معاملات الانكسار للمواد لها العديد من التطبيقات الصناعية. و يعتمد معامل الإنكسار على سرعة الموجة الضوئية أثناء انتقالها من وسط لاخر و هو النسبة بين سرعة الضوء فى الفراغ الى سرعتة فى الوسط . و معامل الانكسار دايما أكبر من الواحد الصحيح، لان سرعة الضوء فى أى وسط أقل من سرعتة فى الفراغ. و تستخدم العدسات بأنواعها المختلفة من عدسات معقرة و محدبة فى العديد من التطبيقات كتطبيق لظاهرة إنكسار الضوء (حسن راشد نزال، 2015).

و باستخدام التكنولوجيا الحديثة والتقنيات المتقدمة، تمكن العلماء من دراسة إنكسار الضوء بشكل أعمق في العديد من المجالات الحديثة مثل الاتصالات البصرية وتصميم العدسات البصرية والأجهزة البصرية المتقدمة. فعلى سبيل المثال، تستخدم النظارات الطبية عدسات محدبة أو منحنية لتعديل تركيب العين وتصحيح الاختلالات البصرية (مثل قصر و طول النظر). و العدسات اللاصقة حيث تستخدم العدسات اللاصقة لتصحيح الأخطاء الانكسارية في العين بطريقة مماثلة للنظارات. و من التطبيقات ايضا عدسات الكاميرا والتصوير حيث يستخدم عدسات محدبة مجمعة للاشعة الضوئية لتكوين صور حقيقية و اضحة. كما يستخدم الإنكسار في تكنولوجيا الهواتف الذكية بشكل واسع مثل:شاشات الهواتف حيث تعتمد شاشات الهواتف الذكية على تقنية الانكسار لعرض الصور والمحتوى؛ حيث تستخدم شاشات الكريستال السائل، المعروفة باسم شاشاتOLED ، تقنية الانكسار لتوجيه الضوء وتقديم ألوان زاهية وتباين عال. و تستخدم كاميرات الهواتف الذكية عدسات إنكسارية لتركيز الضوء والتقاط صور عالية الجودة. و أيضا تستخدم المستشعرات في الهواتف الذكية تقنية الانكسار لقياس الحركة والضغط وبصمات الأصابع والتسارع وغيرها من المعلومات الحسية.

و من تطبيقات إنكسار الضوء المستخدمة فى العديد من المراكز الطبية و الهيئات البحثية **الميكروسكوب المركب**. تُستخدم المجاهر أو الميكروسكوبات الضوئية على نطاق واسع في مجال الإلكترونيات الدقيقة والفيزياء النانوية والتكنولوجيا الحيوية والأبحاث الصيدلانية وعلم المعادن وعلم الأحياء الدقيقة. و تستخدم أيضا المجاهر الضوئية في التشخيص الطبي، حيث تستخدم لفحص

مسحة الخلايا الحرة وشظايا الأنسجة. و يستخدم الميكروسكوب المركب أيضا فى دراسة التركيب الداخلى للعينات و المواد المختلفة. و يوجد الكثير من الابحاث تستخدم الميكروسكوب المركب كأحد الوسائل لدراسة و فهم الخصائص التركيبية للمواد المختلفة. و بالتالى فى هذة الدراسة سوف نقوم بإستخدام الميكروسكوب المركب كأحد تطبيقات إنكسار الضوء فى دراسة التركيب الداخلى لسبيكة اللحام القصدير–أنتيمون–نحاس Sn-5Sb-0.5Cu المستخدمة فى مجال الالكترونيات.

2. الإطار النظرى

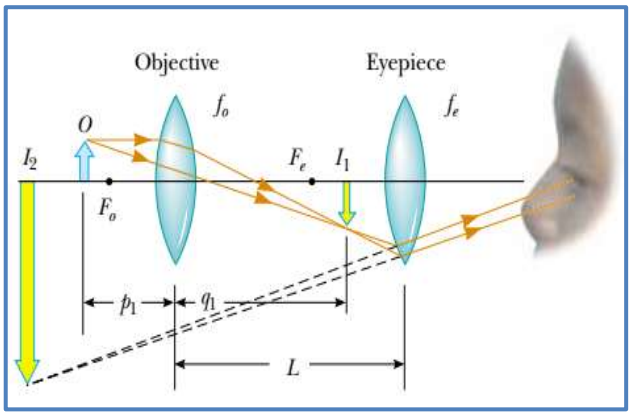
تعتبر دراسة الخواص التركيبية للمواد المختلفة من أساسيات البحث العلمى فى كثير من المجالات . و من أمثلة هذة المواد سبائك اللحام الخالية من الرصاص Lead free solders و التى أساسها عنصر القصدير Sn و المتستخدمة فى صناعة اللوحات الالكترونية فى كثير من الاجهزة. و يوجد العديد من الابحاث التى أهتمت بدراسة الخصائص التركيبية لهذة السبائك و ذلك من أجل الوصول لأعلى كفاءة فى الاداء . فى دراسة E. A. Eid (522،2022) ناقشت دور أكسيد الجرافين النانومترية (GONs) في تعزيز الخواص التركيبية و الميكانيكية لسبائك اللحام قصدير –زنك –نحاس Sn-Zn-Cu. أوضحت الملاحظات المتعلقة بالبنية المجهرية و التى تم الحصول عليها من الميكروسكوب المركب أن إضافة GONs يؤدي إلى تحسين grain size الخاصة β-Sn. تناولت دراسة A. M. El-Taher (590،2023) تأثير أضافة عنصر الكوبالت Co على خصائص البنية المجهرية على سبيكة اللحام قصدير–نحاس Sn-Cu. و أضحت الدراسة انه أمكن استخدام الصور الضوئية الميكروسكوبية فى معرفة و فهم تأثير إضافى عنصر الكوبالت و معرفة الاطوار الجديدة المتكونة. كما أظهرت دراسة A. Fawzy (8348،2019) إمكانية استخدام الصور الضوئية فى دراسة تأثير إضافة جزيئات أكسيد الزنك النانوية ذات الحجم النانوي إلى سبيكة اللحام قصدير –أنتيمون– فضة Sn-Sb-Ag .

3. منهجية البحث والأدوات المستخدمة

لدراسة البنية المجهرية بإستخدام الميكروسكوب المركب تم استخدام سبيكة اللحام قصدير–أنتيمون –نحاس Sn–5wt%Sb-0.5Cu . وتم التحضير عن طريق صهر القصدير Sn و الأنتيمون Sb و النحاس Cu كمواد خام نسبة نقاءها % 99.99 فى بوتقة من الجرافيت عند درجة حرارة 650 درجة مئوية و لمدة أربع ساعات فى فرن مفرغ من الهواء. تم تقليب السبائك المنصهرة بقضيب من الجرافيت للتأكد من إمتزاج جميع المعادن بالكامل. بعد التأكد من تجانس الخليط، تم سكب السبائك المنصهرة في قالب من الفولاذ المقاوم للصدأ لتكوين قضبان أسطوانية بقطر 1 سم ، ثم تُركت بعد ذلك لتبرد تدريجيًا إلى درجة حرارة الغرفة. و لإجراء فحص البنية المجهرية، تم قطع جزء من السبيكة على هيئة قرص بسمك 2 مم. و تم عمل Etching فى محلول كيميائى عبارة عن 95% من الكحول الإيثلى و 5% من حمض النيتريك و لمدة 10 ثوانى.

تم إستخدام الميكروسكوب المركب للحصول على صور ضوئية ميكروسكوبية و ذلك من أجل دراسة الخصائص التركيبية لسبيكة اللحام Sn-5Sb-0.5Cu. يبين شكل (1) الرسم التخطيطى للميكروسكوب المركب (Raymond A. Serway ، 2004، 1161). و يتكون من عدسة شيئية objective lens و بعدها البؤرى صغير جدا أق من **1** سنتيمتر و يزمز له بالرمز F_o ، و عدسة عينية eyepiece lens و بعدها البؤرى فى حدود عدة سنتيمترات و يرمز له بالرمز F_e. يتم الفصل بين العدستين بمسافة L أكبر بكثير من المسافة $\mathbf{F_o}$

أو $\mathbf{F_e}$. عند وضع الجسم Object على بعد أكبر من البعد البؤرى للعدسة الشيئية ،تتكون له صورة حقيقية مقلوبة عند $\mathbf{I_1}$، وتقع هذه الصورة عند النقطة المحورية للعدسة العينية أو بالقرب منها و التي تعمل كمكبر بسيط حيث تنتج صورة $\mathbf{I_2}$ و هى صورة افتراضية مكبرة لـ $\mathbf{I_1}$.



شكل (1) الشكل التخطيطى للميكروسكوب المركب.

تعيين التكبير الكلي للصورة, و يرمز له بالرمز **M** المتكونة بواسطة المجهر المركب من المعادلة التالية (Raymond A. Serway، 2004، 1161):

$$\mathbf{M = -\left(L/F_o\right)\left(25\ cm/F_e\right)} \quad \text{.....(1)}$$

الإشارة السلبية تشير إلى أن الصورة مقلوبة

فى هذة الدراسة تم استخدام ميكروسكوب مركب موديل Jenavert metallurgical microscope (model MF-AKS Photomicrographic Equipment 24×36 AUTOMATIC-2كما هو موضح فى شكل (2). و يتكون الجهاز من عدد من العدسات الشيئية تمكن المستخدم من إستخدام عدد مختلف من التكبيرات 5x, 10x , 20x, 50x

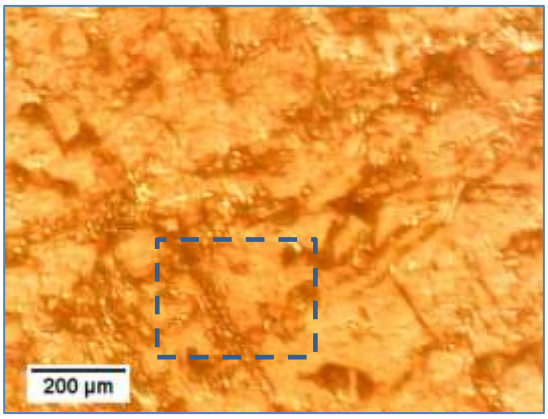
شكل (2) جهاز Jenavert metallurgical

لقد وسع الميكروسكوب المركب الرؤية البشرية إلى الحد الذي يمكننا من خلاله رؤية تفاصيل غير معروفة سابقًا لأشياء صغيرة بشكل لا يصدق. لقد زادت قدرات هذه الأداة بشكل مطرد مع التقنيات المحسنة لصناعة العدسات بدقة. و مع التطور التكنولوجى تم استخدام كاميرات رقمية ذات تكبيرات عالية ثم يتم توصيلها بجهاز كمبيوتر للحصول على الصور الضوئية للعينة. وفى هذة الدراسة تم استخدام كاميرا رقمية يصل تكبيرها الى **1600x**. و تم عمل معايرة لقيم تكبيرات للميكروسكوب باستخدام الكاميرا الرقمية حيث التكبير **5x** أصبح **150x** و **10x** أصبح **320x** و **20x** أصبح **630x**. و بالتالى مكنتنا التكنولوجيا الحديثة من الحصول على صور ضوئية بنفس تفاصيل الصور التى يتم الحصول عليها من الميكروسكوب الالكترونى الماسح. و بالتالى تم الحصول على صور بدقة عالية و تكلفة أقل

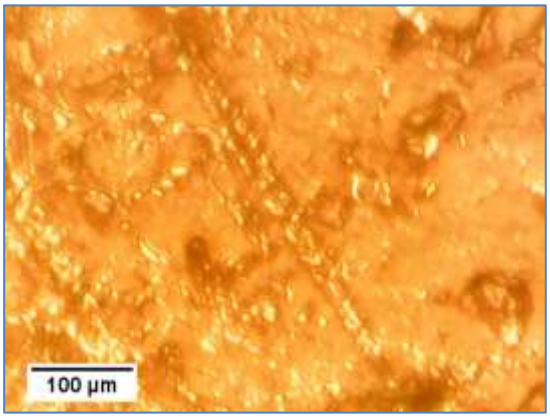
4. النتائج و المناقشة

تعتبر سبائك اللحام الخالية من الرصاص من المواد الاساسية و المهمة فى مجال صناعة الالكترونيات. و بالتالى فإ دراسة جميع خصائصها بشكل مفصل و دقيق أمر هام و ضرورى لرفع كفاءة و جودة و العمر الافتراضى للأجهزة الالكترونية. تعتبر سبيكة اللحام قصدير–أنتيمون –نحاس Sn–Sb–Cu من هذة السبائك و بالتالى أهتم العلماء بدراسة خصائصها على نطاق واسع. فى هذة الدارسة تم دراسة الخصائص التركيبية لسبيكة اللحام Sn–5Sb–0.5Cu بإستخدام الصور الضوئية الميكروسكوبية. يوضح شكل (3) صورة ضوئية لسبيكة Sn–5Sb–0.5Cu عند تكبير 150x بينما شكل (4) يبين صور ضوئية لنفس السبيكة عند نفس المنطقة عند تكبير أعلى 320x. و يتضح من الاشكال السابقة أن التركيب الداخلى للسبيكة يتكون من مساحات تتكون من عنصر Sn و هو العنصر الاساسى فى تكوين السبيكة و تسمى grains . و منتشر على سطح العينة بشكل منتظم مركبات تسمى intermetallic compounds و هى التى تمنح السبيكة خصائصها المختلفة.

و لدراسة التركيب الداخلى بشكل أكثر تفصيلا نستخدم تكبيرات أعلى للميكروسكوب المركب . يوضح شكل (**5**) صورة ضوئية للسبيكة عند تكبير 630x . و يبين الشكل التوزيع المنتظم و التفاصيل الدقيقة لمكونات هذة السبيكة .



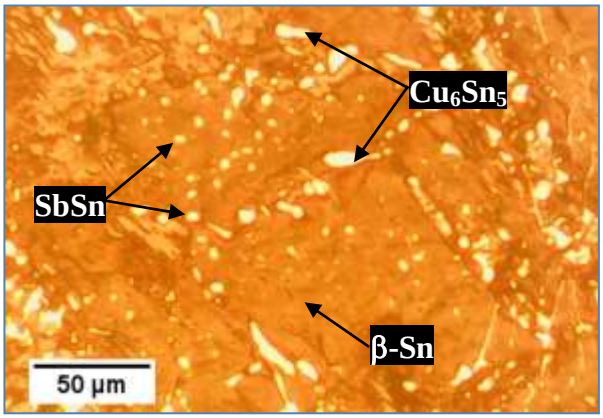
شكل (3) **صورة ضوئية لسبيكة** Sn–5Sb–0.5Cu **عند تكبير** 150x.



شكل (4) **صورة ضوئية لسبيكة** Sn–5Sb–0.5Cu **عند تكبير** 320x.

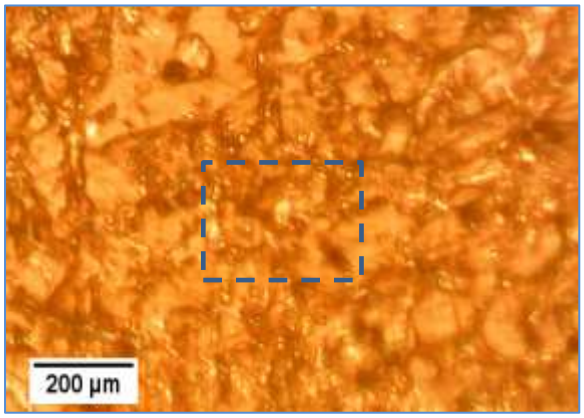
حسب مخطط الطور Phase diagram لسبيكة Sn–Sb–Cu يوجد ثلاثة مركبات أو أطوار β–Sn و SnSb و Cu_6Sn_5 كما هو موضح فى شكل (5) . ومن الشكل يتضح أن الطور SnSb يظهر على هيئة جزيئات مستديرة round particles بيضاء منفصلة بينما الطور Cu_6Sn_5 يظهر على هيئة أشكال مضلعة polygonal shapes موزعة بشكل منتظم. ففى دراسة A.A. El–Daly (2011، 7–9) تناولت

أثر إضافة عنصر الفضة Ag و عنصر النحاس Cu على الخصائص التركيبية لسبيكة اللحام Sn-5Sb. و أضحت الدراسة إنه من خلال الميكروسكوب المركب تم دراسة أثر الاضافة على حجم مساحات β-Sn فقط. ولكن التفاصيل الدقيقة لباقى الاطوار مثل SnSb و Cu_6Sn_5 تمت دراستها من خلال الميكروسكوب الالكترونى الماسح حيث أوضحت إنه حدث تحسين نتيجة الإضافة. و دراسة M M Mousa (2023 ، 9-7) ناقشت تأثير أضافة عنص النيكل و جسيمات أكسيد الجرافين النانومترية على الخصائص التركيبية لسبيكة اللحام Sn-5Sb-0.5Cu. و أوضحت الدراسة من خلال دراستها للتركيب الداخلى للسبيكة إنها تحتوى على الاطوار β-Sn و SnSb و Cu_6Sn_5 . وتم الوصول الى أشكال هذة الاطوار من خلال استخدام الميكروسكوب الالكترونى الماسح. و توضح أشكال (6) و (7) و (8) صور ضوئية عند منطقة أخرى لسبيكة الدراسة عند تكبيرات 150x و320x و 630x على الترتيب. و يتضح من الاشكال أن هناك تجانس فى التركيب الداخلى لسبيكة الدراسة.

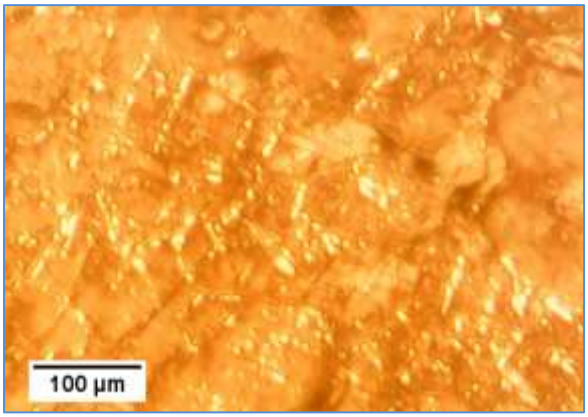


شكل (5) صورة ضوئية لسبيكة Sn-5Sb-0.5Cu عند تكبير 630x

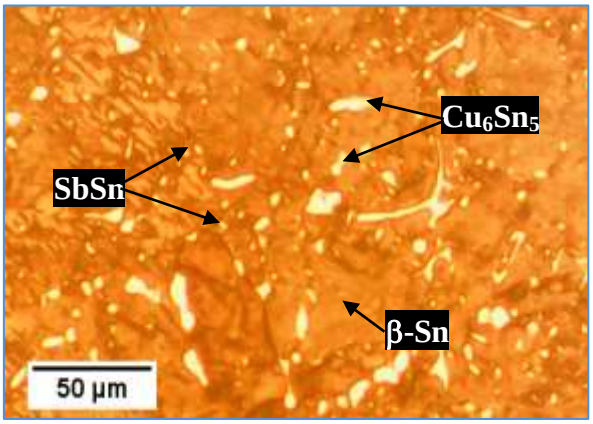
و بالتالى فإنه عن طريق استخدام الميكروسكوب المركب فى هذة الدراسة أمكن الحصول على التفاصيل الدقيقة للبنية المجهرية لسبيكة اللحام Sn-5Sb-0.5Cu بنفس كفاءة الصور التى يتم الحصول عليها من الميكروسكوب الالكترونى الماسح مما يجعله من العوامل المساعدة فى البحث العلمى و بتكلفة أقل.



شكل (6) صورة ضوئية لسبيكة Sn-5Sb-0.5Cu عند تكبير 150x



شكل (7) صورة ضوئية لسبيكة Sn-5Sb-0.5Cu عند تكبير 320x



شكل (8) صورة ضوئية لسبيكة Sn-5Sb-0.5Cu **عند تكبير** 630x

6. الخاتمة

ناقشت الدراسة أهمية إستخدام الميكروسكوب المركب كأحد تطبيقات إنكسار الضوء فى دراسة التركيب الداخلى لسبائك اللحام مثل Sn-5Sb-0.5Cu . و تم التوصل الى: عندما يتم توصيل الميكروسكوب المركب بكاميرا رقمية ذات تكبير عالى فإنه يمكننا الحصول على تكبيرات عالية تكافئ بعض تكبيرات الميكروسكوب الالكترونى الماسح. وتم الحصول على صور ضوئية عالية الوضوح لسبيكة اللحام Sn-5Sb-0.5Cu . و أوضحت الخصائص التركيبية أنها تحتوى على على الاطوار β-Sn و SnSb الذى يظهر على هيئة جزيئات مستديرة round particles بيضاء منفصلة، و Cu_6Sn_5 حيث يظهر على هيئة أشكال مضلعة polygonal shapes موزعة بشكل منتظم.

و بالتالى توصى الدراسة بأهمية استخدام الميكروسكوب المركب كأحد الوسائل المساعدة لدراسة الخصائص التركيبية للمواد المختلفة فى مجالات البحث العلمى.

7. الشكر والتقدير

يتوجة المؤلفون بخالص الشكر و التقدير الى إدارة قسم الفيزياء و إدارة كلية التربية بجامعة عين شمس للمساهمة فى إنجاز هذا العمل .

8. المراجع والمصادر

- Raymond A. Serway - Emeritus, James Madison University , John W. Jewett (2004) . California State Polytechnic University, Pomona ISBN. Physics for Scientists and Engineers. 6th Edition
- أبو يوسف يعقوب بن إسحق الكندي ، رشدي راشد (2003). علم المناظر وعلم انعكاس الضوء، الطبعة :الاولي ، دار النشر مركز دراسات الوحده العربية.
- سعود بن حميد اللحياني (2013). البصريات ، جامعه ام القري .
- نصر محمد الزوام، (2018). البصريات الهندسية، مركز الكتاب الاكاديمى.
- حسن راشد نزال، (2015). البصريات الهندسية، الطبعة الثانية، عمان ، الاردن.
- N. Fouda, and E. A. Eid (2022). Role of graphene oxide (GO) for enhancing the

of Sn-5.0Sb-0.7Cu solder alloy, Phys. Scr. 98, 035712.

solidification rate and mechanical properties of Sn– 6.5Zn–0.4 wt% Cu Pb-free solder alloy, J Mater Sci: Mater Electron 33:522–540

- M. El-Taher , H. M. Abd Elmoniem S. Mosaad (2023). Microstructural, thermal and mechanical properties of Co added Sn–0.7Cu lead-free solder alloy, J Mater Sci: Mater 34:590.
- M. M. Mansour · G. Saad1 · L. A. Wahab · A. Fawzy (2019). Indentation creep behavior of thermally aged Sn-5wt%Sb-1.5wt%Ag solder integrated with ZnO nanoparticles, Journal of Materials Science: Materials in Electronics 30:8348–8357.
- A.A. El-Daly , A.Z. Mohamad , A. Fawzy , A.M. El-Taher (2011). Creep behavior of near-peritectic Sn–5Sb solders containing small amount of Ag and Cu, Materials Science and Engineering A 528 , 1055–1062.
- M M Mousa, M A Mahmoud, M M El-Zhery, M Sobhy (2023). Synergetic role of Ni and GOns to improve the microstructure and mechanical creep rate