

" تحضير أكسيد النحاس النانوي وتطبيقه باستخدام تقنية الطلاء بالسكين للحصول على قماش ناقل للكهرباء "

م. نسرین الأطرش¹ د.م. غزل طهماز² د.م. زياد سفور³

قسم هندسة الغزل والنسيج - كلية الهندسة الكيميائية والبترولية - جامعة حمص - حمص - سوريا

ملخص:

يرتكز هذا البحث على دراسة تحضير أكسيد النحاس النانوي بطريقة السول جل، وتوصيف بودة الأكسيد الناتجة بعدة اختبارات (FTIR, EdX, SEM, Ec, XRD)، إذ أظهرت النتائج أن متوسط حجم الجسيمات بلغ (31.6nm)، و تم تطبيق الجسيمات النانوية على نسيج ممزوج من القطن والبوليستر باستخدام تقنية الطلاء بالسكين، مع تغيير عدد طبقات الطلاء (من 2 إلى 6 طبقات) لدراسة تأثيرها على خصائص النسيج من خلال إجراء عدة اختبارات من أهمها حساب نسبة تغلغل الطلاء، وتبين أن نسبة تغلغل الطلاء بالقماش تزداد مع ازدياد عدد طبقات الطلاء إلى حد معين، من ثم بدأت بالانخفاض بعد ثلاث طبقات لتصل نسبة التغلغل عند الست طبقات (19%)، وأيضاً تم قياس الناقلية الكهربائية وتبين أن العينات المعالجة لها ناقلية كهربائية تزداد مع زيادة طبقات الطلاء إذ كانت قيمة الناقلية لعينة الست طبقات (2.22×10^{-7} s/cm)، وبالإضافة لدراسة الانتقالات الالكترونية للعينات المعالجة لحساب قيمة المجال المحظور والذي قيمته (1.6ev) لعينة القماش المعالجة بست طبقات من الطلاء الحاوي على أكسيد النحاس، ولوحظ أن عملية المعالجة لم تؤثر بشكل كبير على خصائص القماش كالصلابة والتمزق.

كلمات مفتاحية: قماش ناقل، انتقالات الكترونية، أكسيد النحاس النانوي، تقنية سول جل،

نسيج تقني.

Preparation of Copper Oxide Nanoparticles and Their Application Using Knife-Coating Technique to Produce Electrically Conductive Fabric

Abstract:

This research is based on studying the preparation of nano copper oxide using the sol-gel method, and characterizing the resulting oxide powder through several tests (FTIR, EdX, SEM, Ec, XRD). The electron microscope image showed that the average diameter of the oxide particles was (31.6 nm). Then, copper oxide was applied to a blended fabric (cotton/polyester) using the knife coating technique for treatment by applying several layers of paint containing the oxide (2, 3, 4, 5, 6 layers). Its properties on fabrics were studied by conducting several tests, the most important of which was calculating the paint penetration rate. It was found that the paint penetration rate into the fabric increases with the increase in the number of paint layers to a certain extent, then it began to decrease after three layers until the penetration rate reached (19%) at six layers. The electrical conductivity was also measured and it was found that the treated samples had an electrical conductivity that increased with the increase in paint layers, as the conductivity value for the six-layer sample was (2.22×10^{-7} s/cm). In addition to studying the electronic transfers of the treated samples To calculate the forbidden field value of (1.6ev) for a fabric sample treated with six layers of copper oxide coating, it was noted that the treatment process did not significantly affect the fabric properties such as hardness and tearing.

Keywords: conductive fabric, electronic transfer, nano copper oxide, Sol-gel technique, technical fabric.

1- مقدمة:

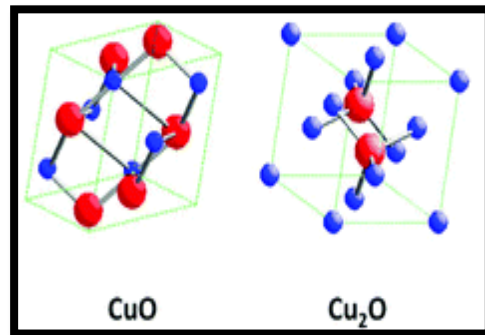
منذ القرن التاسع عشر حدثت تغيرات ثورية بمعدل غير مسبوق في العديد من مجالات العلوم والتكنولوجيا والتي كان لها تأثير كبير على كل إنسان، وقد أدى هذا التطور إلى تقدم هائل في صناعة النسيج والتي لها تاريخ يمتد لآلاف السنين، إذ شمل هذا التطور في مجال صناعة الأقمشة للحصول على أقمشة ذكية متعددة الوظائف وذات وزن خفيف بالإضافة إلى مجموعة من الخصائص الهندسية [2,1]، ومن الأمثلة عن الأقمشة الذكية (المنسوجات الذكية الإلكترونية (الناقلة للكهرباء)، المنسوجات الوقائية، المقاومة للبكتريا...)، إذ يتم الحصول على الأقمشة ذات الخصائص الوظيفية من خلال عمليات المعالجة التي تقوم على تعديل لسطوح المواد النسيجية لإضافة الخاصية الوظيفية المطلوبة [3]، ومن أهم تقنيات هذه المعالجات المستخدمة في مجال الأقمشة هي تقنية الطلاء بالسكين، فهذه العملية تؤدي إلى تغليف القماش بطلاء خاص يعطي خاصية معينة يضيفها إلى القماش ليتم إنتاج أقمشة مطلية [4]. إن هذه الطريقة معروفة بطريقة الطلاء بالسكين، إذ يتم مد القماش الجاف فوق حامل موضوع تحت أداة تسمى السكين، يتم سكب مواد الطلاء أمام السكين عن طريق مغرفة أو عن طريق مضخة على عرض القماش ويتم نقله تحت السكين [5]، وذلك للحصول على طبقة من الطلاء متجانسة على كامل سطح القماش.

تطورت تكنولوجيا المواد النانوية على مر العقود الماضية بشكل كبير وغير عادي في مجالات الصناعات النسيجية المتنوعة، وذلك بسبب الطلب المتزايد على تصنيع الأقمشة الوظيفية الذكية، إذ يمكن للمواد النانوية أن توفر خصائص وظيفية أفضل (ناقلية كهربائية، خصائص ضوئية، مغنطة...) مقارنة مع المادة ذاتها في شكلها الخشن أو الكتلي، فما إن تقل أبعاد المادة إلى ما دون (100nm) حتى تبدأ مكوناتها بإظهار سمات غير معتادة تركز على ميكانيك الكم أكثر منه على الميكانيك النيوتوني المايكروسكوبي، وهذا ما يؤثر

في العديد من الخواص الفيزيائية للمادة مثل الناقلية، الانتقال الحراري، درجة حرارة الانصهار....[6] .

تزداد فعالية أكاسيد المعادن عندما تكون على شكل جسيمات نانوية مقارنة بالجزيئات العادية، ويرتبط ذلك بمساحة سطحها الكبيرة جداً[7] .

جذبت أكاسيد النحاس اهتماماً كبيراً نظراً لخصائصها الضوئية والمغناطيسية الضوئية المثيرة للاهتمام، يعد أكسيد النحاس نصف ناقل من النوع (p-type) مجاله المحظور (2.17 eV) [8]، وله نوعين من الأكاسيد المستقرة في الطبيعة، كما في الشكل (1): هما أكسيد النحاسي (cuprous) (Cu_2O)، والآخر هو أكسيد النحاس (cupric) (CuO). يتميز كل منهما بخصائص فيزيائية وكيميائية مختلفة [9]، حيث تعمل الظروف الغنية بالأكسجين على زيادة ناقليتهما الكهربائية[8] .



الشكل (1) أشكال أكسيد النحاس

يمكن أن تعزز البنية النانوية لأكاسيد النحاس (Cu_xO) بخصائص فريدة لا توجد في شكلها الكتلي (bulk) أو غير النانوي [10]، استخدمت طرائق مختلفة للحصول على أكاسيد النحاس النانوية مثل استخدام القوالب (Using Templates) ، والمساعدة بالميكروويف (Microwave-Assistance)، والتحلل الحراري (Thermal Decomposition)

والتفاعلات الأمواج فوق الصوتية (ultrasonunic) والتفاعلات الحرارية المائية (Hydrothermal Reactions) إضافة لتقنية السول جل [11].

تم في هذا البحث تم تحضير أكسيد النحاس النانوي بطريقة السول جل وتوصيفه توصيفاً كيميائياً ومورفولوجياً، وتطبيقه على الأقمشة باستخدام تقنية الطلاء بالسكين ودراسة خصائصه على الأقمشة للحصول على قماش ناقل كهربائياً ، ومن الجدير بالذكر مجالات تطبيق مثل هذا النوع من الأقمشة الناقلة في صناعة الخلايا الشمسية كطبقة موصلة وماصة للضوء من طبقات الخلية الشمسية، بالإضافة لاستخدامها في حماية الأسطح من التأثيرات الضارة لطاقة الأمواج اللاسلكية مثل ترددات الموبايل، والترانزستورات، أقمشة المضئية، أجهزة الاستشعار المختلفة، مكثفات لتخزين الطاقة، الالكترونيات المرنة [12,13].

2- هدف البحث:

يهدف البحث إلى:

- تحضير أكسيد النحاس النانوي بطريقة السول جل وإجراء توصيف للبودة الناتجة.
- تحضير طلاء حاوٍ على بودرة أكسيد النحاس النانوي.
- تطبيق هذا الطلاء المحضر بتقنية الطلاء بالسكين على عينات من الأقمشة الممزوجة (قطن 65%، بوليستر 35%) وذلك بعدة طبقات (2,3,4,5,6).
- دراسة تأثير معالجة الأقمشة بأكسيد النحاس من ناحية (ناقلية كهربائية، انتقالات الكترونية) ومدى تأثيره على بعض خصائص القماش الأخرى (التمزق، الصلابة).

3- مواد وطرائق البحث:

3-1- مواد البحث:

قماش ممزوج (قطن/بوليستر) تم شراؤه من السوق المحلية، هيدروكسيد الصوديوم، خلات النحاس، حمض الخل، ألجينات الصوديوم، يوريا، ماء مقطر، ويوضح الجدول (1) مواصفات القماش المستخدم في البحث وهو قماش مجهز مقصور من خامة ممزوج (قطن 65% /بوليستر 35%)، إذ تم اختيار هذا الصنف من القماش بناءً على دراسة أجريت سابقاً على أصناف مختلفة، وتبين نتيجة الدراسة أن القماش الممزوج بهذه المواصفات هو الأفضل لاستخدامه في هذه التقنية من المعالجة للحصول على قماش ناقل كهربائياً بمواصفات جيدة من ناحية التغلغل ونسبة التحميل والتوزيع المناسب للطلاء على سطحه [14].

الجدول (1) مواصفات القماش

الخامة	نسبة المزج	التركيب النسيجي	الكثافة خيط/سم	نمر خيوط Ne	وزن المتر المربع المجهز g/m^2
ممزوج (قطن/بوليستر)	65% قطن 35% بوليستر	1/2 مبرد	36سداء 24حدف	السداء (2*30) الحدف (2*30)	258

3-2- أجهزة البحث:

3-2-1 جهاز الأمواج فوق الصوتية:

جهاز الأمواج فوق الصوتية من النوع (Digital Ultrasonic Cleaner Jeken PS-40A) الموجود في محابر كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية في جامعة حمص، يقوم بمبدأه على توليد أمواج فوق صوتية يبلغ ترددها

حوالي (40 KHz)، إذ تقوم هذه الأمواج ببعثرة تجمعات دقائق المواد الصلبة ضمن السوائل وذلك للحصول على التبعثر الجيد في المزاج الغروية أو لزيادة سرعة الانحلال [6]

3-2-2- جهاز الخلط والمجانسة:

هو جهاز يعمل بسرعات عالية تصل إلى (25000 rpm) والموجود في مخابر كلية الهندسة الكيميائية والبترولية في جامعة حمص، يطبق طاقة عالية على الطلاء، فيقلل من حجم قطيراته إلى الحجم المكروي أو النانوي ويقوم بخلطها ومجانستها بشكل جيد. حيث يعمل محرك الجهاز بسرعة (25000 دورة/ دقيقة) بتوتر (220 فولت) واستطاعة (500 واط) وتردد (50- 60 Hz) [15]

3-2-3- جهاز المطيافية للأشعة تحت الحمراء infrared spectroscopy :

هو جهاز (FTIR Thermos Nicolet 6700) المزود بتقنية الانعكاس الكلي المخفف (Attenuation Total Reflection) ATR لتحديد المجموعات الوظيفية في البودرة المحضرة والتحقق من الصيغة الكيميائية لأكسيد النحاس. اعتمدت التقنية على مبدأ الانعكاس الكلي للأشعة تحت الحمراء، حيث تم إجراء 64 مسحاً ضمن المجال العدد الموجي ($400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$). يعود سبب اختيار هذا المدى إلى أن كل مجموعة وظيفية تمتلك عدداً موجياً مميزاً [16] إذ يتواجد هذا الجهاز في (هيئة الطاقة الذرية - دمشق).

3-2-4- المجهر الالكتروني الماسح:

تم توصيف الجسيمات النانوية التي تم الحصول عليها باستخدام المجهر الالكتروني الماسح (Scanning Electron Microscope) والذي يشار له اختصاراً ب SEM حيث تم تحديد قطر الجسيمات النانوية باستخدام برنامج Image ، وتقوم فكرة عمل المجهر على استخدام حزمة من الالكترونات عالية الطاقة وذات طول موجي قصير جداً تصطدم عمودياً بسطح العينة ومن ثم يتم جمع الإشارات المنعكسة والصادرة عن العينة باستخدام الكاشف Detector وبعد ذلك يتم معالجة هذه الإشارات ليتم إظهارها كصور. مكان تواجد المجهر

الالكتروني الماسح في هيئة الطاقة الذرية-دمشق، أما محلل EDX فهو تابع للمجهر بجهاز حاسب آخر [6].

3-2-5- جهاز طيف الانعراج بالأشعة السينية (X-ray diffraction spectrum):

جهاز من نوع PW(840) ذو مصعد من النحاس من انتاج شركة (Philips) الموجود في هيئة الطاقة الذرية في دمشق، وطول موجة الأشعة سينية التي يعطيها ($\lambda=1.54060\text{\AA}$)، مبدأ عمل الانعراج: يقوم الكاشف بتسجيل الزاوية التي تعرج عندها المستويات البلورية الأشعة السينية وشدات هذه الأشعة، وكي يتمكن الكاشف من تجميع كل الأشعة المنعرجة يتحرك الكاشف حول محور الشكل على دائرة حيث تولد المواضع الزاوية 2θ وشدات القمم المنعرجة مخططاً ثنائي البعد يدعى بمخطط الأشعة السينية المنعرجة، تمثل كل قمة على هذا المخطط ممیزاً للمادة [6].

3-2-6- جهاز الناقلية الكهربائية:

جهاز المسابر الأربعة المصنع من قبل شركة (SIGNATURE) الموضح مبدأ عمله في الشكل (2) والموجود في المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا في دمشق، يتكون هذا الجهاز من أربعة مسابر (مساري) تعمل كمجسات لقياس قيمة المقاومة الكهربائية، عند القياس يربط المجسين خارجيين بمولد تيار (KEITHLY-220) لتقديم تيار للعيينة، ويوصل المجسيين الداخليين بمقياس جهد (KEITHLY-617) لقياس قيم الفولط في العينة وعلى أساسها يتم حساب قيمة المقاومة النوعية والناقلية الكهربائية مع الأخذ بالحسبان سماكة العينة وطول وعرض المنطقة المطلوبة ومسافة القياس للمسابر الأربعة ولكن أولاً يتم كبس البودرة على شكل قرص بقطر (1.3cm) باستخدام المكبس الهيدروليكي ومنه تم حساب القيم تبعاً للعلاقات التالية [17] (1)، (2):

$$\rho = s * t * \frac{V}{I} \dots \dots \dots (1)$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \dots \dots \dots (2)$$

حيث أن:

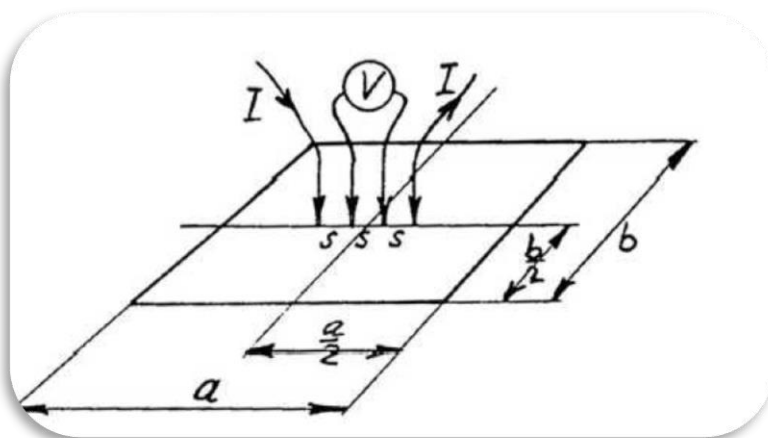
ρ : مقاومة النوعية الكهربائية وتقدر ($\Omega \cdot \text{cm}$) .

S: سماكة العينة تقدر ب (cm).

V: قيمة الجهد المقابل لقيم التيار المدخلة ويقدر ب (volt).

I: قيمة التيار المدخلة منى قبل الجهاز ويقدر ب أمبير (A) .

σ : الناقلية الكهربائية وتقدر ($\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) .



الشكل (2) مخطط جهاز المسابر الأربعة

3-2-7- جهاز قياس الانعكاسية الضوئية:

جهاز قياس الانعكاسية الضوئية (سيكتروفوتومتر) (Triax-550-Jobin

Yvon)الموضح في الشكل (3) والمتواجد في هيئة طاقة الذرية في دمشق، إذ أنه

مجهز بمصباح هالوجين تنغستين كمصدر للضوء ، كاشف سيلكون، وعدسات ومرايا

وتم معايرة النظام باستخدام مرآة فضة [18]، تستخدم قيم الانعكاسية للقماش المعالج من أجل حساب نسبة التغلغل الطلاء ضمن العينة إذ تم حساب الانعكاسية لكل عينة على ثلاثة أوجه للقماش (الوجه الخلفي للقماش المطبوع (R)، الوجه المطلي للقماش (Rmin)، والوجه الأبيض غير المطلي (Rmax)، ومن ثم تم أخذ قيمة الانعكاسية لكل وجه من القماش وتطبيقه في العلاقة (3):

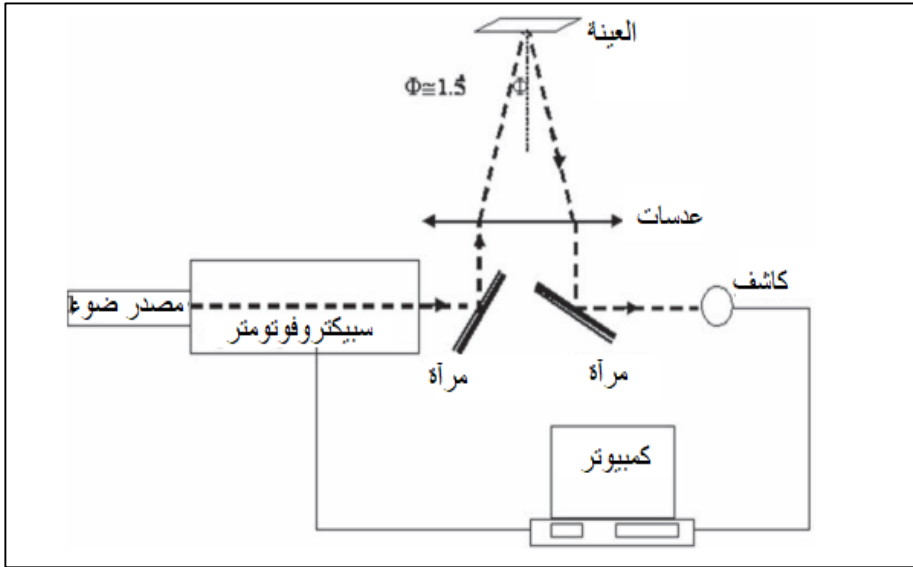
$$p = \frac{R_{\max} - R}{R_{\max} - R_{\min}} * 100 \dots \dots (3)$$

R: معامل الانعكاس على الوجه الخلفي للقماش المطبوع.

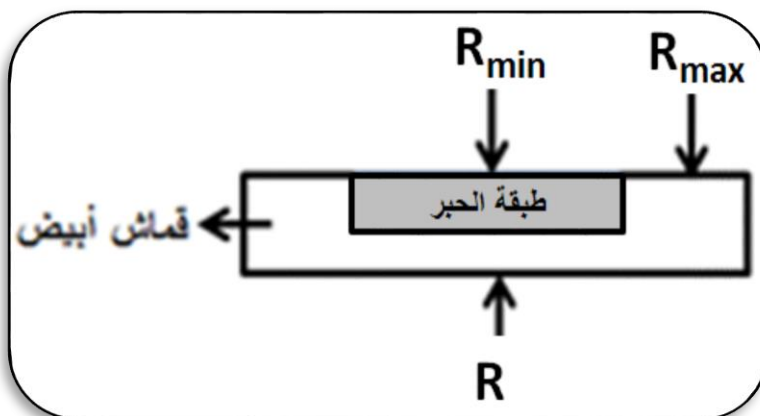
R_{max}: معامل الانعكاس للقماش غير المطبوع.

R_{min}: معامل الانعكاس على الوجه الملون للقماش.

والشكل (4) يوضح أماكن قياس الانعكاسية في الأقمشة المطلوبة



الشكل (3) جهاز قياس الانعكاسية الضوئية



الشكل (4) أماكن قياس الانعكاسية في الأقمشة المطلية

عندما تكون ($R=R_{min}$) فإن كمية الطلاء على الوجه الخلفي تساوي كميتها على الوجه العلوي المطبوع، ويكون التغلغل كاملاً ($P=100\%$)، أما عندما تكون ($R=R_{max}$) فذلك يعني أن طبقة الطلاء بقيت على السطح المطبوع، ولا يوجد فيه تغلغل، ويبقى الوجه الخلفي أبيض ($P=0$) [19].

3-2-8 - جهاز قوة التمزق:

جهاز اختبار قوة التمزق (Elmendorf test) المكون من فكين أحدهما ثابت والآخر متحرك إذ يتم تحضير عينات المراد اختبارها بأبعاد ($75 \times 100 \text{ mm}$) ومن ثم يتم إحداث شق في العينة بمقدار 2cm ثم يوضع طرفا العينة الممزقة بين فكي الجهاز، ومن ثم تحرير نواس مثبت عليه قرص ثقل محدد حيث تم اختيار الوزن المناسب للعينات بناءً على وزن المتر المربع للعينة، وعند تحرير النواس يقوم بتمزيق العينة ويتم قراءة الجهاز لقيمة قوة التمزق المقدرة بالنيوتن (N)، حيث أنه تم إجراء الاختبار ثلاث قراءات لكل عينة من ثم تم حساب قيمة متوسط القوة وذلك حسب المواصفة القياسية -ASTM D5587 (2019).15 [16] وكان تواجهه في مخبر كلية الهندسة الكيميائية والبترولية في جامعة حمص.

3-3- طرائق العمل:

3-3-1- تحضير أكسيد النحاس النانوي:

تم تحضير أكسيد النحاس باستخدام طريقة سول-جل وفق الدراسة المرجعية [20] إذ بدأت العملية بإذابة خلات النحاس في الماء المقطر لتكوين محلول حجمه (200 ml) و بتركيز (0.2M) ، ثم أضيف (1ml) من حمض الخل إلى المحلول ، الذي تم تسخينه حتى الدرجة (100c) ، عند الوصول للدرجة (100c°) أضيف (1g) من ماءات الصوديوم مع التحريك المغناطيسي المستمر ، مما أدى إلى تغير لون المحلول من الأزرق إلى الأسود المائل للبني، وبعدها يتم التبريد إلى درجة حرارة الغرفة، ثم غسل الراسب الناتج عدة مرات بالماء ، وجفف في فرن عند درجة حرارة (150C°) لمدة 5 ساعات ، وبعدها يتم طحنه ليتحول إلى مسحوق ناعم من أكسيد النحاس.

3-3-2- تحضير الطلاء الناقل الحاوي على أكسيد النحاس:

تم تحضير طلاء ناقل يحتوي على الأكسيد النحاس المحضر بطريقة السول جل، مع الحفاظ على تركيز ثابت للأكسيد ويوجد ضمن مكونات الطلاء الأساسية وهي مثخن طبيعي (ألجينات الصوديوم) ومادة مرطبة (يوريا) وماء مقطر، حيث تظهر نسب المكونات المستخدمة في الجدول (2) ، ثم تمت عملية الخلط على عدة مراحل متتالية لضمان التجانس ومنع التكتل، بدايةً مرحلة التحريك بالخلط المغناطيسي لمدة (15 min) من ثم التحريك بالأمواج فوق الصوتية لمدة (15 min) تليها مرحلة الخلط، باستخدام جهاز الخلط و المجانسة بسرعة (8000 rpm) لمدة (3 min) للحصول على طلاء متجانس وذو لزوجة معينة.

الجدول (2) نسب مكونات الطلاء الناقل

نوع المادة	مادة ناقله (CuO)	مشتت المادة الناقله (ماء مقطر)	مادة متخنة (ألجينات الصوديوم)	مادة مرطبة (يوريا)	تكمّل النسبة إلى 100% بالماء مقطر
النسبة المئوية الوزنية	5%	10%	0.5%	10%	74.50%

3-4-3- تطبيق الطلاء الناقل على القماش:

أُجريت عملية طلاء القماش الناقل للكهرباء باستخدام تقنية الطلاء بالسكين، وذلك بواسطة جهاز مخبري محلي الصنع متعدد السرعات، إذ ضبطت سرعة السكين على (0.2 cm/sec) وعدد أشواط للسكين ذهاباً وإياباً (8 أشواط قبل البدء بالطلاء، تم تثبيت عينة القماش بأبعاد (8× 25cm) على اللوح الزجاجي للجهاز باستخدام آلية شد وتثبيت مُحكمة. بعد ذلك، وُضع (2 ml) من الطلاء الناقل أمام السكين، ثم أُجريت عملية فرد الطلاء على كامل سطح العينة. بعد كل طبقة، جُففت العينة باستخدام الهواء الساخن لمدة (5 min).

تم تحضير خمس عينات معالجة، تختلف كل منها بعدد طبقات الطلاء، وهي كالتالي:

- عينة بطبقتين
- عينة بثلاث طبقات
- عينة بأربع طبقات
- عينة بخمس طبقات
- عينة بست طبقات

حيث تم استخدام نفس كمية الطلاء (2 ml) لكل طبقة في جميع العينات لضمان التوزيع المتجانس.

4- الاختبارات ومناقشة نتائجها:

4-1- اختبارات توصيف بودرة أكسيد النحاس المحضر:

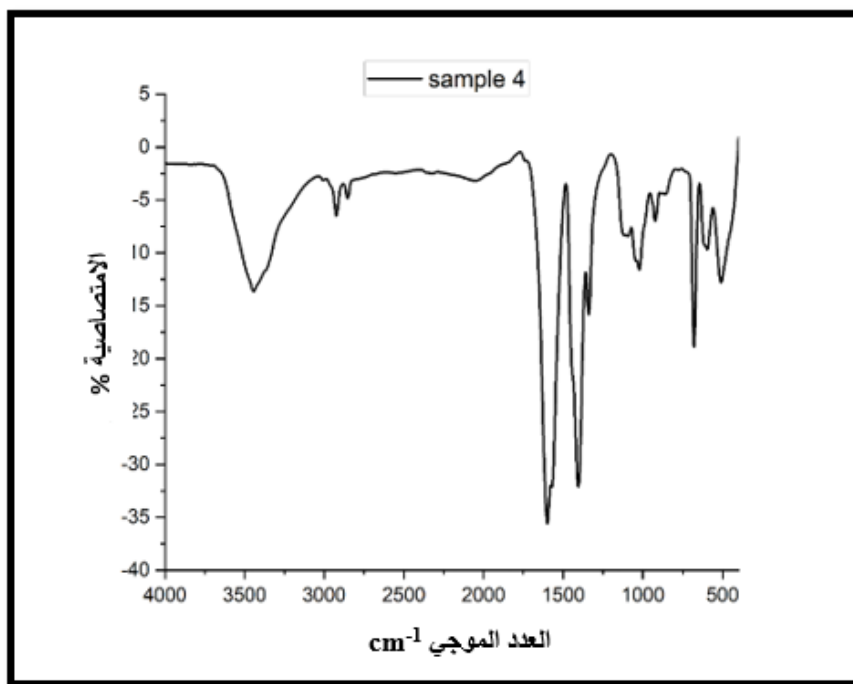
تم إجراء مجموعة اختبارات توصيف بودرة أكسيد النحاس المحضر باستخدام:

4-1-1- Attenuated Total Reflectance (ATR) FTIR Spectroscopy

FTIR) Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy

:(ATR-

أُجري التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء (FTIR) باستخدام جهاز (FTIR Thermos Nicolet 6700) مزود بتقنية الانعكاس الكلي المخفف (ATR) لتحديد المجموعات الوظيفية في البودرة المحضرة والتحقق من الصيغة الكيميائية لأكسيد النحاس.



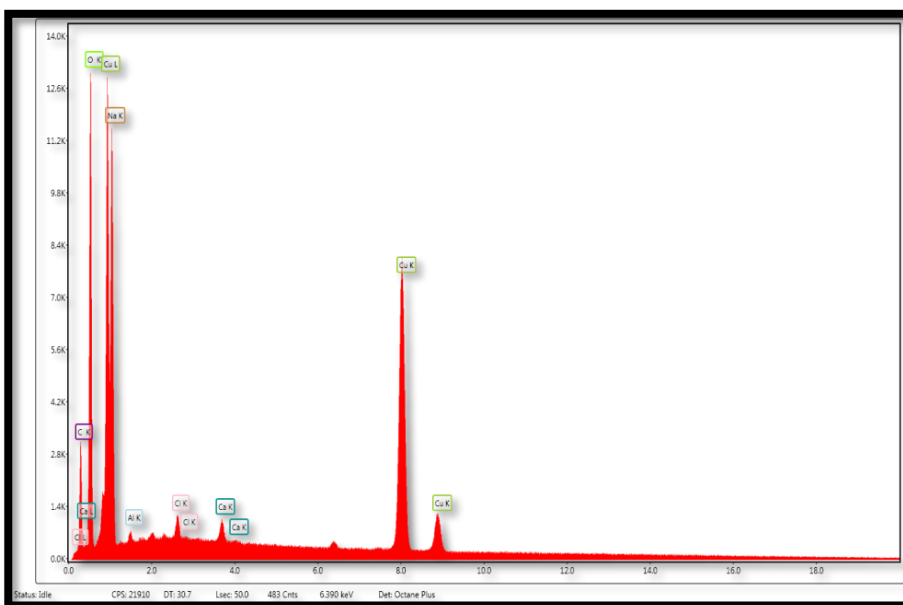
الشكل (5) طيف FTIR لعينة بودرة أكسيد النحاس

بينت نتائج التحليل باستخدام FTIR وجود قمم واضحة عند العدد الموجي (3455 cm^{-1}) تعود لاهتزازات الامتطاط للزمرة OH الناتجة عن وجود نسبة من الرطوبة في العينة المحضرة، وظهور قمة عند العدد الموجي (1602 cm^{-1}) تعود لاهتزازات الحني

للزمرة OH [22] كما، تظهر قمتين عند (2930 cm^{-1} , 2820 cm^{-1}) تعودان للامتطاط اللامتناظر والامتناظر لـ C-H(CH₃,CH₂) لمزمة الخلات في خلات النحاس، وأيضاً ظهور قمة عند (1402 cm^{-1}) وهي تعود لحني مجموعة C-H لمزمة الخلات أيضاً، وقم عند رابطة مجال عدد موجي (680-580 cm^{-1}) تعود للرابطة Cu-O وهي موافقة للدراسات المرجعية السابقة [23].

4-1-2- قياس طيف الأشعة السينية المشتت للطاقة -Energy-Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDX):

تم إجراء هذا الاختبار لمعرفة نسب النحاس والأكسجين المتواجدة ضمن عينة بودرة أكسيد النحاس المحضر وفق الجدول (3)، ويبين الشكل (6) وجود قمم واضحة للنحاس والأكسجين.



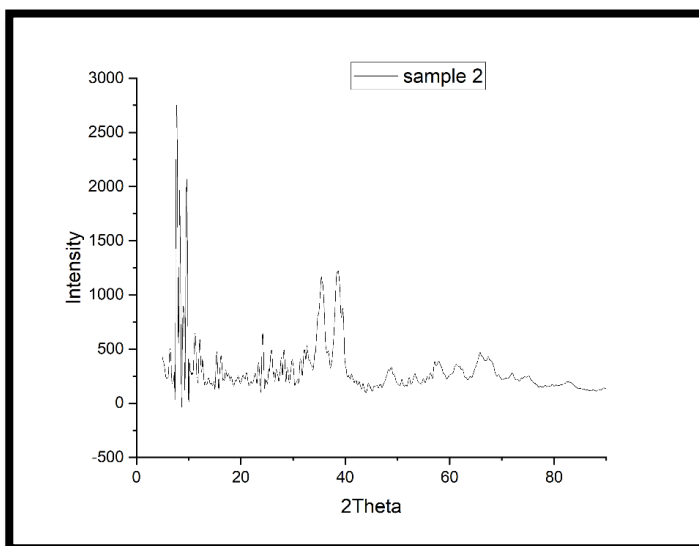
الشكل (6) طيف EdX لبودرة أكسيد النحاس

الجدول (3) نسبة العناصر المتواجدة ضمن البودرة

Element	Weight %	Atomic %
C K	6.13	18.92
O K	14.41	33.4
P K	0.48	0.58
Cl K	1.71	1.79
Ca K	0.6	0.55
Cu K	76.67	44.76

3-1-4- طيف الانعراج بالأشعة السينية (X-ray diffraction spectrum):

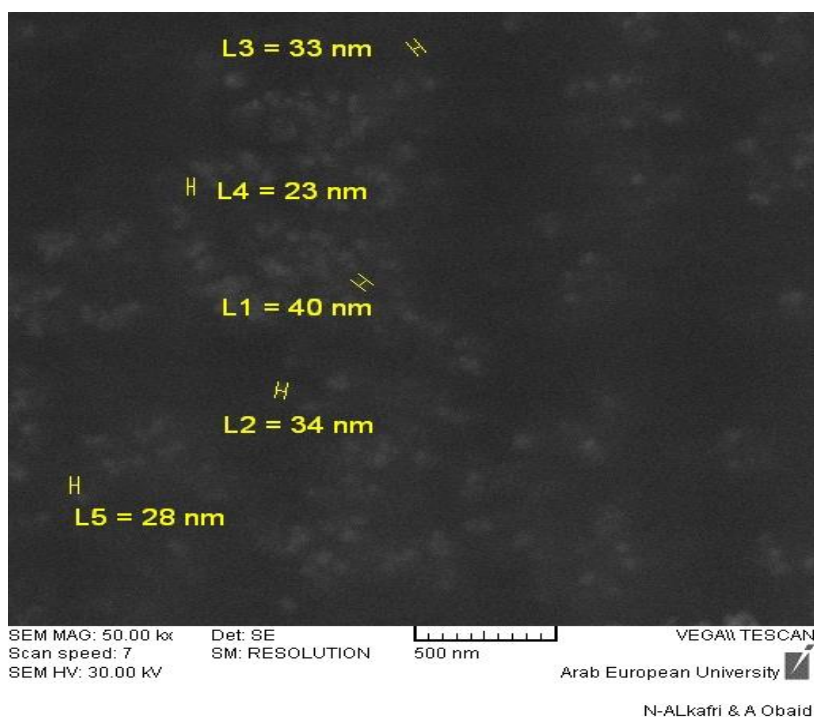
تم تسجيل طيف انعراج الاشعة السينية X-Ray لعينة أكسيد النحاس إجراء اختبار الانعراج بالأشعة السينية للعينة أكسيد النحاس محضرة لتحديد بنيته البلورية، ويبين الشكل (7) القيم التي أظهرت تطابق مع البطاقة المرجعية رقم (2-1040) وهي أن الأكسيد المحضر موافق للأكسيد من النوع (CuO) ذو تركيب أحادي الميل monoclinic.



الشكل (7) مخطط الانعراج لعينة أكسيد النحاس المحضر بطريقة السول -جل

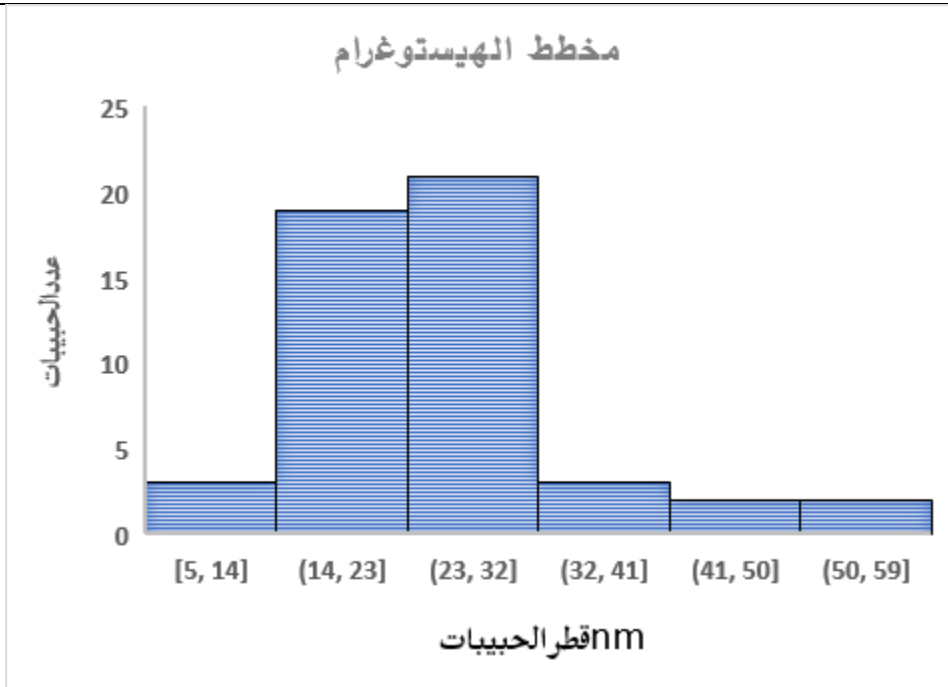
4-1-4- المجهر الالكتروني الماسح SEM:

تم توصيف جسيمات أكسيد النحاس النانوية باستخدام المجهر الالكتروني الماسح (SEM)، حيث تم تحديد حجم الجسيمات النانوية باستخدام برنامج Image ، فتيين من خلال صورة المجهر في الشكل (8) أن متوسط أحجام الحبيبات (31.5 nm) ، وقد أكدت هذه النتائج الطبيعية النانوية لأكسيد النحاس المحضر.



الشكل (8) صورة المجهر الالكتروني الماسح لبودرة أكسيد النحاس

" تحضير أكسيد النحاس النانوي وتطبيقه باستخدام تقنية الطلاء بالسكين للحصول على قماش ناقل للكهرباء "



الشكل (9) مخطط الهيستوغرام لأقطار حبيبات البودرة لأكسيد النحاس

4-1-5- قياس الناقلية الكهربائية لبودرة أكسيد النحاس (EC):

عند إجراء الاختبار لقياس الناقلية الكهربائية لبودرة أكسيد النحاس تم بداية كبس البودرة بالمكبس الهيدروليكي على شكل أقراص وقيست سماكتها تبين أن (0.234 cm)، ومن ثم بناء على العلاقات (1)(2) تم حسب قيمة الناقلية الكهربائية للعينة 1.35×10^{-7} (Sm/cm).

4-2- اختبارات توصيف القماش المعالج:

4-1-2- حساب نسبة تغلغل الطلاء ضمن القماش:

يعد حساب نسبة تغلغل الطلاء ضمن القماش خطوة ضرورية لمعرفة نسبة الطلاء التي تغلغلت ضمن القماش وتلك المتبقية على السطح، وهذا المؤشر مهم في البحث لأن الهدف الأساسي من تقنية المعالجة المطبقة على العينات هي معالجة سطحية أي يجب أن يبقى الطلاء على السطح وتغلغله أقل ما يمكن ضمن بنية القماش ولا ينفذ للوجه الآخر، وأيضاً

لأن قياس الناقلية الكهربائية يكون سطحياً وهذا يتطلب بقاء أكبر قدر ممكن من الطلاء الحاوي على جزيئات المادة الناقلة على سطح القماش ليتمكن الجهاز من قراءتها بشكل صحيح وبالتالي كلما كان التغلغل أقل ، كلما كانت الطبقة سطحية ذات ناقلية أعلى.

ويتم حساب نسبة التغلغل إذ تم حساب الانعكاسية لكل عينة على ثلاثة أوجه للقماش (الوجه الخلفي للقماش المطبوع (R)، الوجه المطلي للقماش (R_{min})، والوجه الأبيض غير المطلي (R_{max})، ومن ثم تم أخذ قيمة الانعكاسية لكل وجه من القماش وتطبيقه في العلاقة (3)، و يوضح الجدول (4) قيم نسبة التغلغل للعينات المعالجة،

الجدول (4) قيم نسبة التغلغل للعينات المعالجة

رقم العينة	عدد طبقات الطلاء	Rmin	Rmax	R	P%
1	2	0.001490	0.01019	0.00796	25.63%
2	3	0.000961	0.01019	0.00719	32.50%
3	4	0.000951	0.01019	0.0082	21.53%
4	5	0.000833	0.01019	0.00825	20.73%
5	6	0.00062	0.01019	0.00828	19%

يلاحظ من الجدول (4) أن العينات المعالجة بالطلاء الحاوي على أكسيد النحاس ازدادت نسبة التغلغل لها مع ازدياد عدد الطبقات المطلية ولكن إلى حد معين من عدد الطبقات، من ثم بدأت بالانخفاض ويمكن أن يعود ذلك إلى أنه أصبح هناك تشبع للقماش عند ثلاث طبقات وبعدها لم يمتص القماش الطلاء بل شكل تراكب للطبقات على السطح، وبالتالي أبقت المعالجة سطحية وكمية الطلاء الناقل على السطح أكبر وهذه النتيجة إيجابية للبحث لأن هدفه معالجة سطحية للقماش وبالتالي ازدياد كمية الطلاء الناقل على سطح أي كثافة للمادة الناقلة أعلى وهذا بدوره أدى إلى ناقلية أعلى على السطح.

4-2-2- قياس الناقلية الكهربائية باستخدام جهاز المسابر الأربعة للقماش المطلي:

تم قياس قيم المقاومة الكهربائية للعينات المعالجة باستخدام جهاز المسابر الموضح في الشكل (2) والذي تم شرح مبدأ عمله في الفقرة (3-2-6) ولكن وفقاً للعلاقات التالية [17]:

$$\rho = G * t * \frac{V}{I} \dots \dots \dots (4)$$

ρ : هي قيمة المقاومة النوعية وتقدر ب ($\Omega \cdot \text{cm}$)

G: قيمة ثابت تؤخذ من الجدول المرفق مع الجهاز وفقاً لطول وعرض العينة ومسافة القياس للمسابر.

V/I : قيمة المقاومة المتوسطة والتي تؤخذ من ميل المستقيم المتشكل من قيم الفولط الناتجة عن شدة التيار المدخلة وتقدر (Ω).

t: سماكة العينة تقدر (cm).

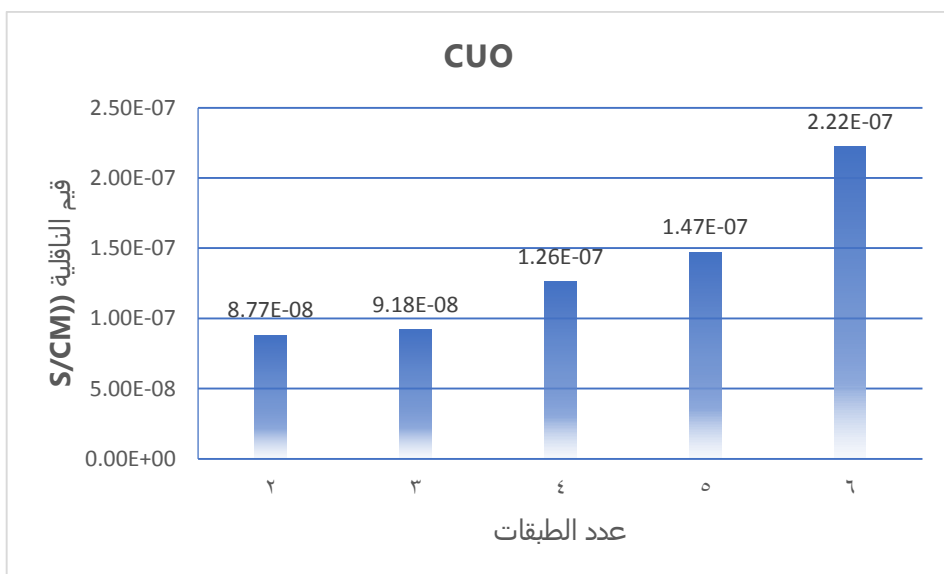
$$\sigma = 1/\rho \dots \dots \dots (5)$$

σ : قيمة الناقلية الكهربائية تقدر ب ($\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)

تم أخذ خمس قراءات للعينة بتيارات مختلفة ومن ثم أخذ قيمة متوسطة للمقاومة الناتجة عن قراءات الفولط المقاسة مع الأخذ بعين الاعتبار سماكة الطبقة والمسافة بين المسابر، يشار إلى النتائج الجدول (5) والمخطط الموضح في الشكل (10).

الجدول (5) نتائج قياس الناقلية الكهربائية للعينات

عدد الطبقات	المقاومة الكهربائية $R \times 10^{11}$ (Ω)	سماعة الطلاء ضمن العينة $t \times 10^{-2}$ (cm)	معامل التصحيح G	المقاومة النوعية $P \times 10^{+7}$ ($\Omega \cdot \text{cm}$)	الناقلية الكهربائية $\sigma \times 10^{-8}$ ($\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)
2	3.32	1.05	3.2721	1	8.77
3	2.35	1.416	3.2721	1	9.18
4	2	1.217	3.2721	0.8	12.6
5	1.62	1.3132	3.2721	0.7	14.7
6	1	1.3752	3.2721	0.4	22.2



الشكل (10) مخطط الناقلية الكهربائية للعينات المعالجة

يلاحظ من خلال نتائج في الجدول (5) أن العينات المعالجة بأكسيد النحاس أكسبت القماش خاصية الناقلية الكهربائية، وإن زيادة عدد طبقات الطلاء الحاوي على أكسيد النحاس خفض من قيمة المقاومة الكهربائية وبالتالي ازدادت قيمة الناقلية الكهربائية النوعية للعينات المعالجة وصولاً إلى قيمة $(22.2 \times 10^{-7} \text{ S/cm})$ وهذه النتيجة منطقية لأن نسبة التغلغل تنخفض مع ازدياد عدد الطبقات وذلك بعد ثلاث طبقات، وبالتالي زيادة كثافة المادة الناقلة على السطح القماش وهذا ما أدى إلى زيادة الناقلية الكهربائية للعينات المعالجة ووجب التنويه أن الناقلية المقاسة هي ناقلية سطحية.

4-2-3- دراسة الانتقالات الالكترونية (حساب المجال المحظور):

تم دراسة الانتقالات الالكترونية للعينات المعالجة من أجل حساب قيمة المجال المحظور لها إذ أن المجال المحظور يمثل المنطقة الفاصلة بين حزمتي التكافؤ والناقلة، وفيها يتواجد الالكترون أقل فترة زمنية ممكنة ثم ينتقل الالكترون من حزمة التكافؤ إلى حزمة الناقلة بعد امتصاصه الطاقة الحركية [2] ، ويتم ذلك بطريقتين (الانتقالات الالكترونية المباشرة الانتقالات الالكترونية غير المباشرة [2,23] . ويتم إجراء ذلك من خلال أخذ قيم الانعكاسية للعينات عند مجال طيفي بين $(400-700 \text{ cm}^{-1})$ ، من ثم يتم حساب المجال المحظور في هذه الدراسة من أجل الانتقالات المباشرة المسموحة، عن طريق رسم علاقة بين تغيرات $((\alpha h\nu)^2 (\text{m. eV}^2))$ بدلالة $((h\nu) (\text{eV}))$ ، ويتم رسم الجزء الخطي للمنحنى فتكون نقطة تقاطع مع المحور $(h\nu)$ هي قيمة المجال المحظور للانتقالات الالكترونية الأساسية بين حزمة التكافؤ والناقلة (eV)، إذ أن h هو ثابت بلانك $(h=6.26 \times 10^{-34} \text{ J.sec})$ [2].

فبالنسبة لمعامل الامتصاص α كون العينات المدروسة معتمة وانعكاسيتها منخفضة فكان من الصعب حساب النفوذية لها حيث تم محاولة إجراء اختبار قياس النفوذية كانت النتيجة أن قيمة النفوذية صفر، ولكي نحسب معامل الامتصاص من خلال علاقة النفوذية، لذلك توجد علاقة ثانية تحسب من خلالها معامل الامتصاص كالتالي: [24]

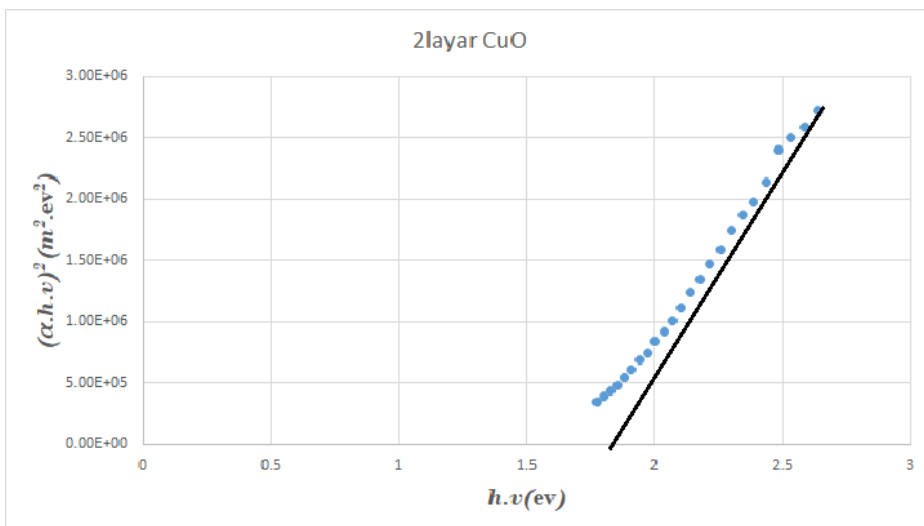
$$\alpha \approx F(R) = \frac{(1-R)^2}{2R} = \frac{K}{S} \dots \dots \dots (6)$$

حيث أن:

R: قيمة الانعكاسية للعينة في الوجه المطلي.

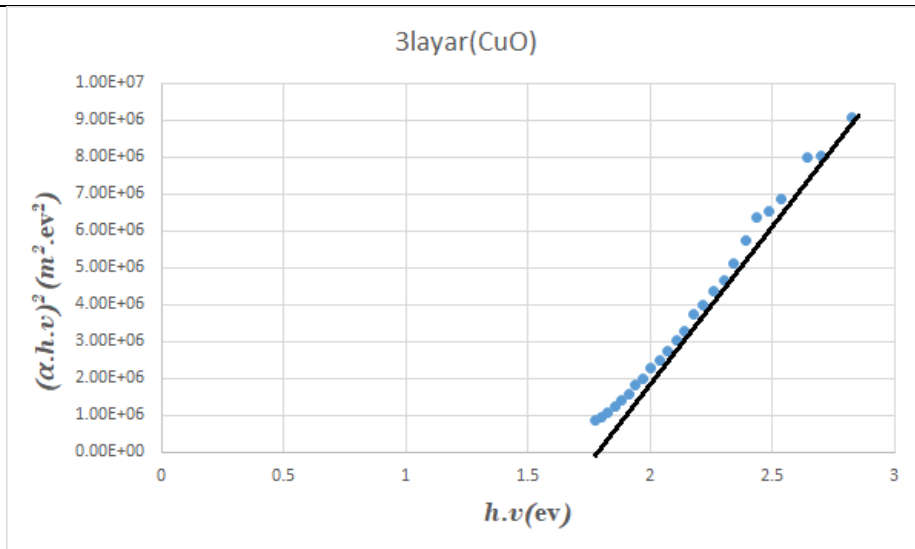
K/S: نسبة قوة اللون.

توضح الاشكال (11-a,11-b,11-c,11-d,11-e) مخططات الانتقالات الالكترونية للعينات المعالجة بأكسيد النحاس وكيفية حساب قيمة المجال محظور لكل عينة إذ تم رسم مخطط يوضح العلاقة بين تغيرات $((\alpha h\nu)^2 (m. eV^2))$ بدلالة $((h\nu)(eV))$ ، من ثم تم رسم الجزء الخطي للمنحني وذلك باستخدام برنامج origin، فتكون نقطة تقاطع مع المحور $(h\nu)$ هي قيمة المجال المحظور للانتقالات الالكترونية الأساسية بين حزمة التكافؤ والناقلية.

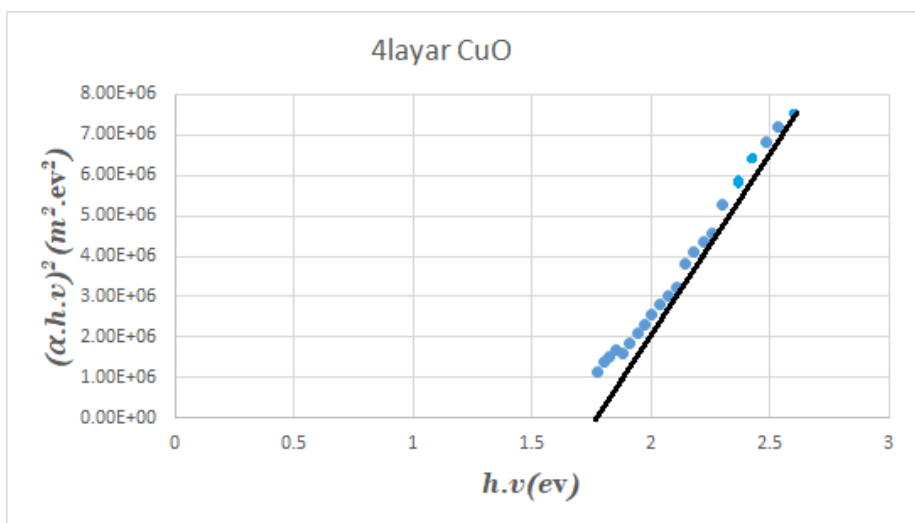


الشكل (11-a) المجال المحظور من أجل قماش مطلي بطبقتين

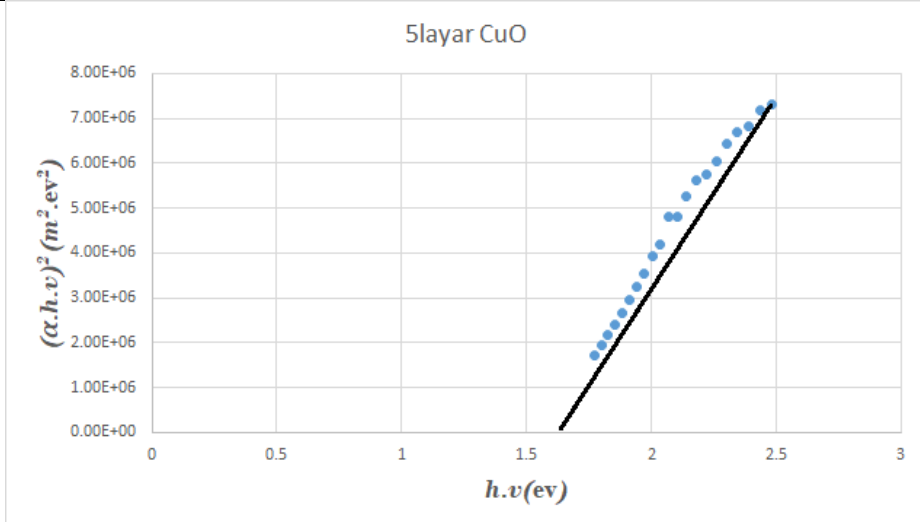
" تحضير أكسيد النحاس النانوي وتطبيقه باستخدام تقنية الطلاء بالسكين للحصول على قماش ناقل للكهرباء "



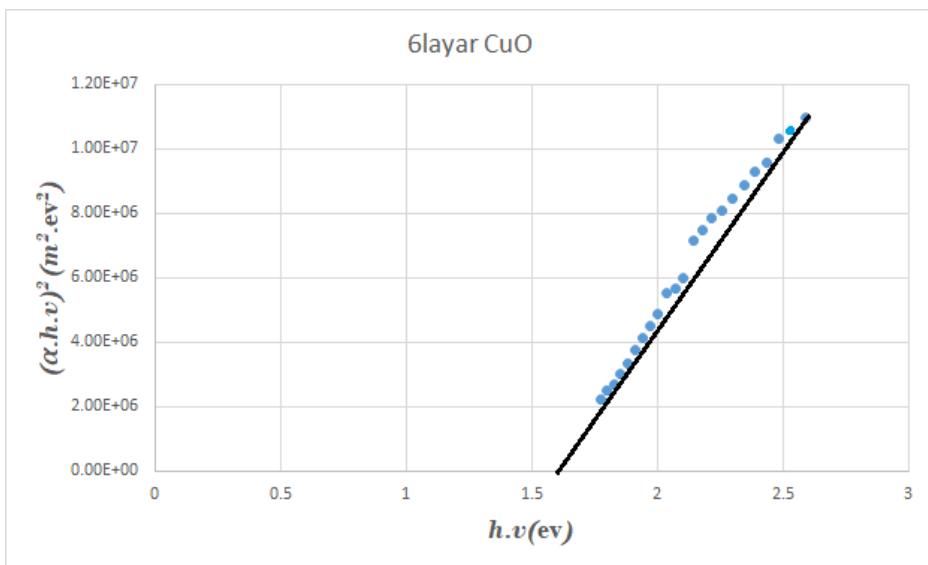
الشكل(11-b) المجال المحظور من أجل قماش مطلي بثلاث طبقات



الشكل(11-c) المجال المحظور من أجل قماش مطلي بأربع طبقات



الشكل (11-d) المجال المحظور من أجل قماش مطلي بخمس طبقات



الشكل (11-e) المجال المحظور من أجل قماش مطلي بست طبقات

ولوحظ من خلال المخططات الموضحة في الأشكال السابقة أن قيمة المجال المحظور للعينات تتراوح ما بين (1.6-1.87)، وهذه النتائج تطابق قيم المقاومة الكهربائية للعينات

" تحضير أكسيد النحاس النانوي وتطبيقه باستخدام تقنية الطلاء بالسكين للحصول على قماش ناقل للكهرباء "

على السطح حيث لوحظ مع زيادة عدد الطبقات انخفضت قيمة المقاومة الكهربائية وبالتالي ازدادت الناقلية الكهربائية، وهذا بدوره يؤدي إلى انخفاض قيمة المجال المحظور، وإن هدف الأساسي من هذا الاختبار إمكانية دراسة مجال حركة الإلكترونات لمعرفة هل من الممكن تطبيقها في صناعة الخلايا الشمسية، وبناء على النتائج الموضحة في الجدول تبين أن المجال المحظور صغير وبالتالي يمكن تطبيقها في إحدى طبقات الخلايا الشمسية كطبقة ناقلة وماصة للضوء.

الجدول (6) قيم المجال المحظور للعينات المعالجة

العيينة	طبقتين	ثلاث طبقات	أربع طبقات	خمس طبقات	ست طبقات
قيمة المجال المحظور (e.v)	1.87	1.8	1.77	1.65	1.6

4-2-4- حساب نسبة تحميل الطلاء على القماش:

يتم في هذا الاختبار حساب نسبة التحميل الجاف للطلاء على القماش ويكون ذلك من خلال وزن العينة قبل تطبيق الطلاء وبعده بمساحة محددة، ومن ثم تطبيق العلاقة (7)

$$\text{نسبة التحميل الجاف} = \frac{\text{وزن العينة قبل التحميل} - \text{وزن العينة بعد التحميل}}{\text{وزن العينة قبل التحميل}} \times 100 \dots\dots\dots (7)$$

يوضح الجدول (7) نتائج حساب نسبة التحميل الجاف للطلاء على العينات (القطن والممزوج)

الجدول (7) نتائج حساب نسبة تحميل الجاف للطلاء على العينات المعالجة

العينة	وزن العينة بعد التحميل (g)	وزن العينة قبل التحميل (g)	نسبة التحميل %
طبقتين	0.303	0.251	20.7%
ثلاث طبقات	0.31	0.251	23.50%
أربع طبقات	0.323	0.251	28.68%
خمس طبقات	0.332	0.251	32.27%
ست طبقات	0.343	0.251	36.65%

لوحظ من خلال النتائج المبينة في الجدول (7) أن مع زيادة عدد الطبقات زادت نسبة تحميل الطلاء على السطح وهذا الشيء منطقي بسبب ازدياد كمية الطلاء المطبقة وبالتالي ازداد وزن العينة بعد التحميل.

4-2-5- اختبار قوة التمزق:

تم إجراء اختبار قوة التمزق للعينات لقياس متانة القماش بعد المعالجة من أجل دراسة مدى تأثير المعالجة المطبقة على متانة التمزق للعينات، يبين الجدول (8) نتائج اختبار قوة التمزق للعينات المعالجة ومقارنتها مع العينة المرجعية غير المعالجة، إذ تم إجراء ثلاث قراءات لكل عينة على جهاز قوة التمزق وحساب المتوسط لقوة التمزق.

الجدول (8) نتائج اختبار قوة التمزق

العيونة	Nمتوسط قوة التمزق	قيمة الانحراف المعياري
المرجعية(غير معالجة)	10.01	0.25
طبقتين أكسيد النحاس	12.79	0.37
3 طبقات أكسيد النحاس	11.22	0.43
4 طبقات أكسيد النحاس	10.7	0.45
5 طبقات أكسيد النحاس	10.5	0.6
6 طبقات أكسيد النحاس	10.19	0.25

لوحظ من خلال نتائج الجدول (8) أن عملية المعالجة المطبقة مع زيادة طبقات الطلاء زادت من قوة تمزق العينة المعالجة مقارنة مع العينة المرجعية إلى حد معين من الطبقات ثم سلك سلوكاً عكسياً إذ بدأت بالانخفاض لقوة لتمزق عند (3,4,5,6) طبقات ولكن لم تنخفض إلى قيمة قوة التمزق في العينة المرجعية، فقد أثرت تأثير طفيف وصل إلى قيمة (10.19 N) مقارنة مع العينة المرجعية التي كانت قيمة قوة التمزق لها (10.01 N)، ويمكن أن يعزى ذلك أنه نتيجة المعالجة السطحية للعينات وقلة تغلغلها ضمن البنية لم يؤثر الأكسيد على متانة القماش مع ازدياد عدد الطبقات ،وهذا بدوره يوضح أن هذه المعالجة لم تؤثر سلباً على قوة تمزق القماش.

4-2-6- اختبار الصلابة:

يقوم مبدأ هذا الاختبار على قدرة القماش على تشكيل دعامة كابول (دعامة مثبتة من طرف واحد) قبل أن ينحني تحت تأثير وزنه، أُجري الاختبار وفق المواصفة القياسية الأمريكية (ASTM D1388-2002)، إذ تم إجراءه من أجل دراسة مدى تأثير المعالجة على صلابة ومقاومة الانحناء لعينة القماش، إذ بناءً على الخطوات الآتية [2] :

- 1- يتم تحضير عينات بأبعاد (2.5cm×20cm) حيث تم قص ثلاث عينات من كل عينة معالجة لإجراء ثلاث قراءات لكل عينة.

2- توضع كل عينة على مستوي أفقي بحيث يتطابق حرف عينة الاختبار مع حافة المستوي الأفقي، ثم توضع مسطرة مدرجة فوق عينة الاختبار كما في الشكل (12)، يتم دفع المسطرة للأمام وتتدفع معها العينة، ويتم الاستمرار بالدفع حتى يلتقي حرف العينة مع الخط المائل بزاوية (41.5°) ثم تسجل قراءة المسطرة بعد فترة زمنية تتراوح بين (6) إلى (8) ثواني، ويعد قراءة المسطرة هي طول النثي للعينة.

3- تحسب صلابة القماش بتطبيق العلاقة الآتية [25]:

$$G = K * C^3 * W \dots\dots (8)$$

G: صلابة القماش (g.m).

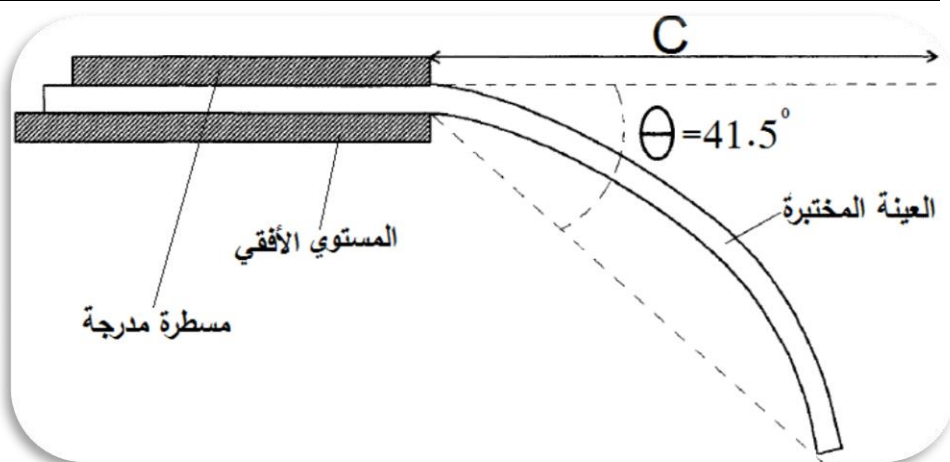
C: طول النثي (m)

W: وزن المتر المربع (g/m^2).

K: ثابت، حيث أنه يحسب من العلاقة:

$$K = \frac{\cos^{\frac{1}{2}}\theta}{8 \tan \theta} \dots\dots (9)$$

θ : زاوية الانحناء.



الشكل (12) اختبار الصلابة

يبين الجدول نتائج اختبار الصلابة للعينات المعالجة ومقارنتها مع العينة المرجعية (غير المعالجة).

الجدول (9) نتائج اختبار الصلابة

العينة	متوسط طول الثنائي (m)	K	وزن المتر المربع	معامل الصلابة G(g.m)
المرجعية	0.03	0.1328	251	0.0009
طبقتين	0.075	0.1328	303	0.0170
ثلاث طبقات	0.08	0.1328	310	0.0211
أربع طبقات	0.097	0.1328	323	0.0391
خمس طبقات	0.112	0.1328	332	0.0619
ست طبقات	0.135	0.1328	343	0.1121

لوحظ من الجدول (9) أن مع ازدياد عدد الطبقات ازدادت صلابة العينات المعالجة وذلك مع زيادة وزن المتر المربع للعينات مع زيادة الطبقات، وهذا بدوره يؤثر على قيمة معامل الصلابة لأنه يتأثر بقيمة وزن المتر المربع للعينة وبالتالي يمكن القول هذه المعالجة قد أثرت على قيمة معامل الصلابة للقماش مقارنة مع العينة المرجعية (غير المعالجة).

6- الاستنتاجات:

- ✓ تم تحضير جزيئات أكسيد النحاس النانوية (CuO) بتقنية السول-جل.
- ✓ حيث أظهرت نتائج مطيافية الأشعة تحت الحمراء (FTIR) وجود قمم مميزة للرابطة Cu-O في المجال بين ($590-680\text{cm}^{-1}$) ، بالإضافة إلى قمة عريضة لمجموعة الهيدروكسيل OH عند عدد موجي (3455cm^{-1}) وهذا يدل على أن عدد المجموعات الوظيفية متوسط في البودرة المحضرة أي أنه لم يتم تجفيف العينة بشكل جيد.
- ✓ تبين أيضاً من خلال اختبار EDX أن نسبة النحاس والأوكسجين متوافقة للدراسات المرجعية، وتبين صور المجهر الالكتروني الماسح أن حجم جزيئات الاكسيد المحضر بطريقة سول جل هي نانوية فكان متوسط الأقطار (31.6nm).
- ✓ إن الناقلية الكهربائية للبودرة المحضرة ($1.35 \times 10^{-7} \text{ Sm/cm}$) .
- ✓ أكدت نتائج XRD أن القمم التي ظهرت تطابق رقم البطاقة المرجعية (1040-2) وبالتالي أن بنية أكسيد النحاس المحضر هو CuO .
- ✓ تم تطبيق طلاء ناقل يحوي على أكسيد النحاس على قماش ممزوج (قطن 65% ،بوليستر 35%) وذلك بعدة طبقات من الطلاء لدراسة تأثيره على بعض خصائص الأقمشة المعالجة.
- ✓ تبين من خلال توصيف العينات القماش أن أكسيد النحاس أكسب القماش خاصية الناقلية الكهربائية وذلك مع زيادة عدد الطبقات وصولاً إلى ناقلية ($2.22 \times 10^{-7} \text{ S/cm}$) وعند دراسة الانتقالات الالكترونية لعينات القماش تبين أن قيم المجال المحظور تتناقص مع زيادة الناقلية للعينات المعالجة وصولاً إلى قيمة مجال محظور لعينة ذات الست طبقات من الطلاء (1.6e.v) ، قد أجري هذا الاختبار لمعرفة قيمة مجال المحظور لحركة الالكترونات للتأكد من إمكانية تطبيق العينات المعالجة في إحدى طبقات الخلية الشمسية، بما أن العينات كانت انعكاسيتها قليلة ونفوذيتها شبه معدومة لم نتمكن من قراءتها وبالتالي امتصاصيتها للضوء عالية

وناقلة للكهرباء أيضاً فبتالي أحد تطبيقات المرشحة لهذه العينات المعالجة هي تطبيقات الخلايا الشمسية.

- ✓ بالإضافة إلى أنه عند محاولة قياس النفوذية للعينات المعالجة كانت ضمن المجال الأشعة فوق البنفسجية، وبالتالي كون النفوذية معدومة وانعكاسيتها قليلة كانت امتصاصها للأشعة كبير، يمكن أن يكون التطبيق الآخر المحتمل من العينات المعالجة الناتجة هو قماش مقاوم للأشعة فوق البنفسجية.
- ✓ تم حساب نسبة تحميل الجاف الطلاء على القماش وتبينت أن النسبة ازدادت مع ازدياد عدد الطبقات وكانت النسبة التحميل لعينة الست طبقات هي (36.6%).
- ✓ عند دراسة تأثير المعالجة على خصائص القماش كقوة التمزق والصلابة تبين أن المعالجة لم تؤثر تأثيراً سلبياً على قوة التمزق للقماش مقارنة مع قوة التمزق للعينة المرجعية غير المعالجة ويعود ذلك لأن المعالجة سطحية لم يكن هناك تغلغل عميق ضمن بنية القماش لذلك لم تؤثر في خصائصه، وبالنسبة للصلابة ازدادت قيمة معامل الصلابة ولكن ذلك كان بسبب زيادة نسبة تحميل الطلاء وبالتالي زيادة وزن المتر المربع للعينات المعالجة وذلك لأن قيمة معامل الصلابة يتعلق بقيمة الوزن المتر المربع للعينات.

7-المقترحات:

هناك تطلع في المستقبل إلى إجراء دراسات جديدة تشمل تغيير في مكونات الطلاء لزيادة كفاءته بإضافة بوليمرات ناقلة كمزيج مدمجة مع أكسيد النحاس بهدف زيادة الناقلية الكهربائية أو تشكيل حلالة من أكسيد النحاس بطريقة السول جل وتطبيقها على القماش باستخدام تقنية الطلاء بالسكين لدراسة مدى تأثيرها على القماش، وأيضاً إجراء اختبارات توصيفية أخرى للعينات (مثل صور مجهر المسح الإلكتروني مجهر القوة الذرية لتوضيح كيفية توضع الطلاء على السطح، تقادم الناقلية الكهربائية، اختبار التدريع المغناطيسي (لتوظيف القماش الناقل).

- 1 Tao, X. (Ed.). (2001). **Smart fibers, fabrics and clothing: fundamentals and applications**. Elsevier
- 2 Salamon, R. (2021) **The Development of Types of Textile to be used in The Production of Solar Cells**. A Thesis Submitted for The Ph.D. in Spinning and Textile Engineering (Textile Engineering and Its Treatment). Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, Homs University.(in Arabic)
- 3 Sharouf.H, (2021) **Acomparative of the properties of cotton fabric treated with zinc oxide and nano-zinc oxide prepared bt sol-gel technology**, Publications of the Journal of the University of Homs.(in Arabic)
- 4 Sen, A. K. (2007).**Coated textiles: principles and applications**. By techonomic publishing company. Inc. pag10-224.
- 5 Fung, W.(2002) **Coated and laminated textiles**. Woodhead Publishin. 2002. (Vol. 23).
- 6 Sharouf. H (2022). **Studying the Use of Nanofinishing to Give Fabrics Electrical Conductivity and Anti-UV Properties**. A Thesis Submitted for The Ph.D. in Spinning and Textile Engineering (Textile Engineering and Its Treatment). Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, Homs University.(in Arabic)
- 7 Sharouf. H. (2021). **Study of the formation of nano copper oxide and its use in treating cotton fabrics**. Publications of the Journal of the University of Homs.(in Arabic)
- 8 Tibério, M., Calmeiro, T., Nandy, S., Nunes, D., Martins, R., Fortunato, E., & Deuermeier, J. (2020). **Orientation dependence of electrical properties of polycrystalline**

	<u>Cu₂O thin films.</u> Semiconductor Science and Technology, 35(7), 075016.
9	Aslam, M., Kalyar, M. A., & Raza, Z. A. (2021). <u>Fabrication of nano-CuO-loaded PVA composite films with enhanced optomechanical properties.</u> Polymer Bulletin, 78(3), 1551-1571
10	Zoolfakar, A. S., Rani, R. A., Morfa, A. J., O'Mullane, A. P., & Kalantar-Zadeh, K. (2014). <u>Nanostructured copper oxide semiconductors:</u> a perspective on materials, synthesis methods and applications. journal of materials chemistry c, 2(27), 5247-5270.
11	Nguyen, T. H., Nguyen, T. L., Ung, T. D. T., & Nguyen, Q. L. (2013). <u>Synthesis and characterization of nano-CuO and CuO/TiO₂ photocatalysts.</u> Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology, 4(2), 025002
12	Sahito, I. A., Khatri, A., Ahmed, S., Rasheed, A., Afzal, A., & Ahmad, f., (2017), <u>Smart and electronic textiles In Advanced textile testing Techniques.</u> (PP295-314) CRC press.
13	Palamutcu, S., Ahmet, Ö. Z. E. K., Karpuz, C., & Nermin, D. A. Ğ. (2010). <u>Electrically conductive textile surfaces and their electromagnetic shielding efficiency measurement.</u> Textile and Apparel, 20(3), 199-207.
14	AlAtrash. N, Tuhmaz. Gh, Saffour. Z, (2025)- <u>Coating Technology Treatment to Obtain a Technical Electrically Conductive Fabric.</u> Homs university journal publication.vol 47(1)2025.(in Arabic)
15	AL ALI.W,Saffour.z,(2021)- <u>Application Of Fabric Finishings Using Microcapsules,</u> A thesis Submitted

	For The Degree Master of spinning and textile engineering, Homs University(in Arabic)
16	Sreedhar, H., Varma, V. K., Nguyen, P. L., Davidson, B., Akkina, S., Guzman, G., ... & Walsh, M. J. (2015). <u>High-definition Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopic imaging of human tissue sections towards improving pathology.</u> Journal of visualized experiments: JoVE, (95), 52332.
17	Neama.M., (2016), <u>preparation of polypyrrole sensor by ultrasonic spraying.</u> A Thesis Submitted for The master in physics (polymer science and technology). Higher institute of applied sciences and technology. (in Arabic)
18	Al ali.w,Saffour.z,saloum.s,(2025) <u>Application of clod plasma technology in fabric finishing,</u> Atheis submitted for Dr.degree of spinining and textile engineering, Homs University.(in Arabic)
19	Saffour.z, (2017) <u>printing technology. Theoretical part.</u> Homs University publication. .(in Arabic)
20	Bernasconi,R., Mangogna, A., & Magagnin,L.(2018). <u>Low cost inkjet fabrication of glucose electrochemical sensors based on copper oxid.</u> Journal of the Electrochemical Society.165(8) B3178.
21	ASTMD5587-15,(2019) <u>Standrad Test Method for Tearing Strendgth of Fabrics by Trapezoid Procedure.</u> https://webstore.ansi.org/standards/astm5587152019
22	Nandiyanto,A.B.D.,oktiani,R.,&Raghadhita,R. <u>How to read and interpret FTIR spectroscope of organic material,</u> Indonesian journal if science and technology. 2019 .4(1),97-118.

23	Kanjarawi., K, Sulieman.,A (2014), <u>Studding Of The Optical Characteristics Of Sno2 Thin Films, And Calculating The Energy Gap For The Electronic Transfers</u> , Tishreen University Journal For Research And Scientific Studies - Engineering Sciences Series .2014. Vol. (36) No. (5) 4102.
24	Kortum,G.(1996) <u>Experimental Testing of the"Kubelka-Munk" theory.In Refelactance Spectroscopy</u> . springer,Berlin Heidelberg, 1969. (pp.170-216).
25	B P Saville,(1999) <u>Physical Testing Of Textiles: Chapter10: Objective Evaluation Of Fabric Handle</u> , Woodhead Publishing Limited,1999.pag[8-5]