جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها
دكتوراه في هندسة تكنولوجيا الغزل

أسس تصنيع خيط ناقل للكهرباء معالج بالغرافين النانومتري

Principles of manufacturing a conductive filament treated with nanoscale graphene

المهندسة ميسم محمد الأحمر

المشرف الرئيسي: أ.د.م.باسل يونس

المشرف المشارك: أ.د.إبراهيم الغريبي

الملخص

تميزت مادة الغرافين بخصائص مميزة جذبت معظم الباحثين لاكتشاف طرق تصنيع هذه المادة التي لقبت بمادة القرن الواحد والعشرين من أجل إدراجها في مختلف التطبيقات وبما أن هناك حاجة دائمة للتقنيات المولدة للطاقة الكهربائية والحرارية، والحاجة لاستبدال الدوائر الالكترونية القائمة على الأحبار المعدنية الملوثة للبيئة والغير المرنة وذات الثباتية المنخفضة جدا لعمليات الغسيل، قمنا في هذا البحث بتصنيع حبر الغرافين ذو الناقلية الكهربائية العالية بطريقة مبتكرة، ومن ثم التوصيف الفيزيائي والكهربائي والبنيوي لحبر الغرافين المحضر من أجل معالجة الخيوط به و بطرق مختلفة والمقارنة بين هذه الطرق، وكما تم تصنيع نماذج أولية من هذه الخيوط المعالجة بحبر الغرافين وإدراجها في التطبيقات الحرارية والكهربائية حيث تم استبدال اسلاك الدارات الكهربائية بخيوط الغرافين، وكما تم طباعة دارات مختلفة على القماش بحبر الغرافين المحضر بمثابة دوائر الكترونية مرنة قابلة للارتداء، ولابد أن نؤكد على أهمية العمل في التنمية المستدامة، وهو الأول من نوعه في سوريا.

القسم النظري

كان الاعتقاد السائد في الأوساط العلمية "أنه لا يمكن أن توجد مواد ثنائية البعد 2Dمثل الغرافين ثابتة ترموديناميكياً في درجة حرارة الغرفة، وذلك وفق ما يطرحه Landau and Peierlsفي الثلاثينيات من القرن العشرين ،وبقيت فكرة عزل طبقة أحادية من الغرافين عملية مستحيلة لعقود عديدة، حتى عام 2004 عندما قام Geim and Novoselovبنشر طريقة جديدة وبسيطة لتقشير الغرافيت باستخدام شريط لاصق وفق القشر الميكرو ميكانيكي micromechanical cleavage.، ونتيجة لهذا العمل، فقد تم في عام 2010 منح جائزة نوبل للفيزياء للعالمين جيم ونوفوسيلوف Geim and Novoselov، وذلك لعملهما التجريبي الرائد في أبحاث الغرافين،

إن الخصائص الميكانيكية والكهربائية والحرارية غير الاعتيادية للغرافين، تجعله مادة مثيرة للاهتمام البحثي، وقد تصل الناقلية الحرارية للغرافين أحادي الطبقة عند درجة حرارة الغرفة إلى ا[$W\ mK^{-1}$]5300لتي تمثل حوالي عشرة أضعاف الناقلية الحرارية للنحاس، أما ميكانيكياً، فيعد الغرافين من أقوى المواد الموصفة المعروفة، ويصل عامل يانغ للغرافين إلى حوالي [TPa] 1وتزيد الحركية الإلكترونية في الغرافين عن[$cm^2V^{-1}s^{-1}$] 15000، وذلك في درجة حرارة الغرفة.

تم في هذا البحث العلمي تقديم دراسة معمقة عن بنية وتاريخ الغرافين وخصائصه الاستثنائية، وطرق تصنيعه المختلفة وتطبيقاته المتنوعة وخاصة في مجال الأقمشة الذكية مع تلافي العيوب التي تظهر عند استخدام المواد النانوية المشابهة له وتم تسليط الضوء على طرق معالجة الخيوط والأقمشة بحبر الغرافين من أجل مختلف التطبيقات الصناعية .

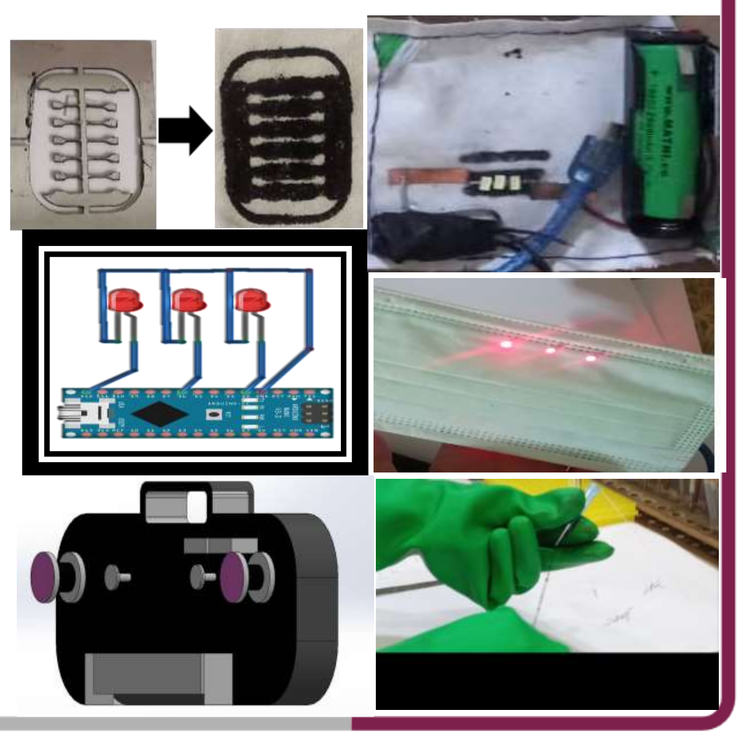
القسم العملي

تم إجراء التجارب العملية للحصول على حبر الغرافين، وهي تتضمن دراسة متغيرات عملية التقشير الكيميائي للحصول على أكسيد الغرافين المرجع، والمقارنة بين المرجعات المختلفة لأمثلة عملية الإرجاع من أجل الوصول لناقلية كهربائية عالية، وذلك من خلال توصيف حبر الغرافين المحضر فيزيائياً وبنيوياً باستخدام جهاز مجهر القوة الذرية (AFM)،والمجهر الالكتروني الماسح(SEM) وجهاز مطيافية تحت الأحمر (FTIIR)، وجهاز مطيافية تشتت طاقة الأشعة السينية(EDX)، وجهاز انعراج الأشعة السينية(XRD)، وجهاز مطيافية الرامان (RAMAN)، وجهاز مطيافية الأشعة الفوق البنفسجية (UV)، وتوصيف الخصائص الكهربائية بطريقة تسلسل النقاط الأربعة.

كما تم تطبيق حبر الغرافين على الخيوط من خلال طريقة الطلاء السطحي وطريقة الإرجاع على الموقع، وتم استخدام النمذجة الإحصائية لأمثلة بارامترات عملية الإرجاع على الموقع أثناء معالجة الخيوط بحبر الغرافين، وتصميم ميكانزيم تطبيقي لعملية معالجة الخيوط بحبر الغرافين بطريقة الطلاء السطحي ومن ثم إجراء اختبارات ميكانيكية وكهربائية على الخيوط المعالجة بحبر الغرافين بكلتا الطريقتين للمقارنة فيما بينهما، واختبار ثباتية الخيوط المعالجة بحبر الغرافين لعمليات الغسيل.

القسم العملي

وأخيراً تم ابتكار نماذج أولية تطبيقية حرارية وكهربائية من الخيوط المعالجة بحبر الغرافين ذات الخواص الأفضل ومقارنتها في الدارات المطبوعة بحبر الغرافين على الأقمشة لاستنتاج الجدوى الاقتصادية والخصائص الأفضل في حال معالجة القماش وفي حال معالجة الخيوط بحبر الغرافين من أجل أن تفتح هذه التطبيقات آفاقاً للدوائر الالكترونية المرنة القابلة للارتداء والقائمة على حبر الغرافين مع مراعاة صراع العصر بين الجودة والكلفة.



النتائج والمناقشة

تبين وبالمقارنة مع الدراسات المرجعية ذا الصلة بموضوع البحث تميز نتائجه وعيناته خاصةً في الحصول على شرائح أكسيد الغرافين المرجع بأبعاد من مرتبة النانو متر والتي بدورها تمثل ناقلية كهربائية عالية لحبر الغرافين المحضر وذلك من خلال اعتماد الطريقة المزدوجة (دمج الطريقة الكيميائية مع الهيدروحرارية)، وهي طريقة جديدة غير متبعة في الأدبيات، حيث أعطت كفاءة في عملية الارجاع لأكسيد الغرافين وخاصةً عند استخدام المرجع محلول هيدرات الهيدرايزين، كما أن ابتكار منظومة أولية لمعالجة الخيوط بحبر الغرافين وإدراج الخيوط المعالجة في نماذج أولية للتطبيقات الحرارية والكهربائية تعد بوابة فرص واسعة لتوطين صناعة الدوائر الالكترونية المرنة القابلة للارتداء والقائمة على حبر الغرافين ذو الموصلية العالية والتي تؤدي وظائف مختلفة، وبالتالي التغلب على احتكار الشركات الخارجية لصناعة الأحبار الناقلة للكهرباء والمنتجات القائمة عليها والتي تعد باهظة الثمن وهي من أهم متطلبات الواقع التكنولوجي والصناعي .

المراجع

- Nayak , A.Mishra,S.Pradhan and J.Agarwal, (2021), **Two-different ways of synthesis for EG: Study of mechanical, thermal and electrical properties of epoxy composite for TIM**, Original Article, 127-145.
- Agarwal Vipul,(2021), **Strategies for reduction of graphene oxide – A comprehensive review**, Chemical Engineering Journal, February.
- Krishna. R, Chandraprabha.M and others. (2023). **Carbon nanotubes and graphene-based materials for adsorptive removal of metal ions –A review on surface functionalization and related adsorption mechanism**. Applied Surface Science Advances ,Volume 16, 10043.
- Liu. W and Speranza.G. (2022).**Chemical Reduction of GO: Comparing Hydroiodic Acid and Sodium Borohydride Chemical Approaches by X-ray Photoelectron Spectroscopy.**Journal of carbon research.
- Agarwal Vipul, (2021), **Strategies for reduction of graphene oxide – A comprehensive review**, Chemical Engineering Journal, February.