



جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة ديالى

كلية العلوم

دراسة ظروف التحضير والتشيع على الخصائص التركيبية والبصرية
لجسيمات أوكسيد النيكل NiO النانوية المحضرة بطريقة السائل الهلامي

رسالة مقدمة الى
مجلس كلية العلوم / جامعة ديالى
وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء

من قبل
سندس أحمد محمد
(بكالوريوس علوم فيزياء 2000)

بإشراف

أ.م.د عمر أحمد موفق

أ.م.د جاسم محمد منصور

1444هـ

2022 م

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿يَا أَيُّهَا فَضْلُ اللَّهِ بِؤْتِيهِ مِنْ بَشَاءٍ وَاللَّهُ بِذُو الْفَضْلِ

الْعَظِيمِ﴾

صدق الله العلي العظيم

(سورة الجمعة/ الآية الرابعة) . .

الإهداء

إلى المُقدِّسِ وجمهِ من الإِمامِ... العِراقِ وِطَنِي

إلى ساريةِ العِلمِ والعُلْمِ... أَساتِزِي

إلى سراجِ الضياءِ في وِطَنِي... التَّهْدِيَةِ

إلى بَعضِ الحِجاةِ وِنعمةِ رَبِّي... أُمِّي

إلى زهرةِ الحِجاةِ... رُوحِ سَقِيئِي

إلى فُخْمِي وِعموئِي وسُنْدِي... عائلَتِي

إلى كلِّ صديقٍ أُرادُ في التَّجَمُّعِ... ووِجاءِي

الشكر والتقدير

الحمد لله رب العالمين حمداً كثيراً طيباً مباركاً تطيب به الحياة، حتى يبلغ الحمد منتهاه، والحمد لله حمداً تستديم به النعم، إذ فتح لي أبواب العلم ورزقني الصبر والإرادة والصلاة والسلام على سيدنا ومعلمنا محمد وآله الطيبين الطاهرين وأصحابه المنتجبين.

أقدم شكري وتقديري إلى عمادة كلية العلوم/ جامعة ديالى ورئاسة قسم الفيزياء لأتاحتهم الفرصة لي لإكمال مسيرتي العلمية. وبعد فضل الله سبحانه وتعالى وتوفيقه لي في إتمام هذه الرسالة أتقدم بخالص شكري وامتنانني إلى الأستاذين الفاضلين المشرفين أ.م.د. جاسم محمد منصور و أ.م.د. عمراحمد موفق لاقتراحهما موضوع الرسالة، فضلاً عن الجهود الكبيرة في توجيهاتهم القيمة والمستمرة التي كان لها الأثر الكبير في إتمام البحث داعياً الله لهما بدوام الصحة والعافية

وشكري وامتنانني لأساتذتي الكرام في قسم الفيزياء، ولا سيما (أ.د. تحسين حسين مبارك و أ.د. نبيل علي بكر و أ.د. زياد طارق خضير و أ.د. صباح أنور سلمان و أ.م.د. عمار عايش حبيب و أ.د. أسعد أحمد كامل) لما بذلوه من جهد وعطاء مستمرين بهما طوال دراستي داعياً الله لهم دوام الصحة والعافية. وأتقدم بوافر شكري إلى كل من كان عوناً لي في بحثي هذا وإلى زملائي وزميلاتي في الدراسات العليا. في الختام أقدم شكري و عرفاني بالجميل لعائلتي الذين كابدوا الكثير أثناء دراستي، وأقف عاجزاً عن شكرهم لما منحوني إياه من رعاية وتشجيع طيلة مدة الدراسة والبحث داعياً الله لهم دوام الصحة والعافية والشكر موصول إلى كل من ساهم من الأصدقاء والزملاء، في إتمام هذه الدراسة ولو بكلمة طيبة.

الخلاصة

تتضمن هذه الدراسة ثلاثة أجزاء :

أولاً: تم تحضير عينات من حبيبات NiO بنسب مولارية مختلفة (1.33:1, 2:1 and 3:1) من نترات النيكل وحمض الستريك (P_1, P_2 and P_3) على توالي والمكلسنة بدرجات حرارية مختلفة (425°C , 525°C and 625°C) والمحضرة بتقنية المحلول الهلامي (Sol-Gel Technique). أظهرت أنماط حيود الأشعة السينية أن جميع العينات ذات تركيب متعدد التبلور ومن النوع المكعبي. وتبين أن الاتجاه السائد للنمو هو (200) لجميع العينات المحضرة. إضافة إلى ذلك، في العينات (P_1 and P_2) تم الكشف عن قمم أخرى تعود للنيكل (Ni)، بينما تختفي هذه القمم في العينة (P_3) ويحدث ذلك في جميع درجات الحرارة، وهذا دليل على أن العينة (P_3) أكثر تبلوراً مقارنة بالعينات الأخرى، مما يؤكد أن النسبة المولارية القليلة لحمض الستريك إلى النسبة المولارية لنترات نيكل يؤدي إلى تحسين وزيادة التبلور لأكسيد النيكل NiO. أظهرت صور (FE-SEM) للحبيبات المحضرة أن تركيب السطح قد تغير من أشكال حبيبية شبه كروية نانوية (Spherical Granules) ومعبأة نوعاً ما إلى أشكال تشبه الصخور (Nano-rocks Granules) للحبيبات النقية والمكلسنة بدرجة (625°C) مع ظهور الفراغات والفجوات بشكل واضح، ويبين الشكل أيضاً أن حجم الحبيبات ل NiO النقية يزداد بشكل ملحوظ مع ارتفاع درجة حرارة الكلسنة. ولدراسة الخواص البصرية للحبيبات المحضرة تم تسجيل طيفي الامتصاصية والنفاذية ويظهر من النتائج أنه كلما تزداد نسبة المولارية نترات النيكل إلى حمض الستريك وارتفعت درجة حرارة الكلسنة من (425°C - 625°C) تقل الامتصاصية. كما بينت نتائج (FTIR) وجود قمم الامتصاص العريضة العائدة إلى (O-H) لماء H_2O عند المنطقة المحصورة بين ($3200-3600\text{ cm}^{-1}$) في حالتها تغير المولارية والمكلسنة بدرجات حرارة مختلفة. وأظهر الطيف قمم امتصاص عند المنطقة ($2000-2100\text{ cm}^{-1}$) العائدة إلى إهتزاز المط (C=C) الأروماتية وأظهر أيضاً قمم عن المنطقة ($1000-1400\text{ cm}^{-1}$). ولوحظ وجود رابطته قوية لاصرة (H-O-H) عند 1600 cm^{-1} . وجد طيف قمم امتصاص عند منطقة ($400-500\text{ cm}^{-1}$) للأصرة (Ni-O). وأظهرت نتائج EDS تغير طيف وشكل المواد الداخلة في تركيب الحبيبات المحضرة (Ni, O)، إذ يتبين أن نسب المواد (Ni, O) في الحبيبات النقية تتناقص بشكل ملحوظ بزيادة نسبة المولارية النترات إلى حمض الستريك بينما تزداد عند درجة حرارة الكلسنة (525°C and 625°C)، لكن العينات المكلسنة عند (425°C) نلاحظ نسبة (Ni) تزداد مقارنة مع (O).

ثانياً: أظهرت نتائج فحص حيود الأشعة السينية للحبيبات النانوية NiO غير المطعمة المحضرة والمطعمة تطعياً ثنائياً بعنصري النحاس والقصدير وبنسب تطعيم ($x=0, 7.5, 5, 2.5$ and 10) (d_1, d_2, d_3, d_4, d_5) على توالي متعددة التبلور (Polycrystalline) وذات تركيب من النوع المكعب

(Cubic) وبالالاتجاه السائد والمفضل للنمو (200). وتبين من النتائج أنّ التطعيم الثنائي بأيوني النحاس والقصدير يؤدي الى زيادة في شدة القمم لنمط حيود الأشعة السينية ونقصاً في عرض منحنيات منتصف القمة العظمى (FWHM) بزيادة نسب التطعيم الثنائي (co-doping) مقارنة مع حبيبات NiO غير المطعمة. بينت صور (FE-SEM) أنّ التطعيم يزيد من حجم الحبيبات، إذ يُلاحظ أن تأثير التطعيم يبدو واضحاً للحبيبات بحيث كانت الأشكال مختلفة منها تشبه الاحجار الصخرية واخرى كروية أو شبة كروي مع ظهور التكتلات للحبيبات النانوية بالإضافة الى الفراغات والفجوات بشكل واضح. نتائج الخصائص البصرية بينت أن قيم الامتصاصية تنخفض لكافة العينات كلما ازداد الطول الموجي. وتبين أن النفاذية تزداد مع زيادة الطول الموجي. كما بينت نتائج FTIR للحبيبات النانوية المحضرة وجود قمم الامتصاص عند المنطقتين (1566 and 1332 cm^{-1}) فإنها تعود إلى الأواصر (H-O-H, C-H) على التوالي. وجد طيف قمم امتصاص عند منطقة ($400-500\text{ cm}^{-1}$) للأصرة (Ni-O). وأظهرت نتائج EDS احتواء الحبيبات على العناصر المكونة لها وان نوعية العناصر الداخلة في تركيب الحبيبات موضوعة على شكل نسب لتلك العناصر وهي (Ni, Cu, Sn, O). وبهذا تم التأكد من نجاح عملية التطعيم وظهور نسب المواد بشكل مقارب لما تم استعمالها في عملية تحضير الحبيبات. وبينت نتائج قياس التآلق الضوئي لحبيبات اوكسيد النيكل النانوية قبل وبعد التطعيم والمكاسنة بدرجة حرارة ($525\text{ }^\circ\text{C}$)، أن العينة (d_1) تسجل أعلى قيمة للتآلق الضوئي مقارنة مع العينات الاخرى.

ثالثاً: أظهرت نتائج حيود الأشعة السينية لحبيبات اوكسيد النيكل (NiO) النقية للعينات بنسب مولارية (1,33:1,2:1,3:1) ل (p_1, p_2, p_3) على توالي والمحضرة بدرجة حرارة ($525\text{ }^\circ\text{C}$) قبل وبعد تشيعها بأشعة كاما، إنها ذات تركيب متعدد التبلور ومن النوع المكعب (Cubic). وتبين نتائج (XRD) بصورة عامة أنه لم يحدث تغيير في نوع التركيب والاتجاه السائد لجميع الحبيبات المحضرة، كما تبين تحسن في تبلور الحبيبات نتيجة التشيع لكافة الحبيبات مقارنة مع قيمها قبل التشيع. ومن خلال صور (FE-SEM) للحبيبات المحضرة، لوحظ أن التشيع يقلل من حجم الحبيبات عدا العينة (P_3) فإنها تظهر عكس ذلك، وتبين من الصور نمو وتوزيع غير منتظم لحبيبات أوكسيد النيكل النقية المحضرة بدرجة حرارة ($525\text{ }^\circ\text{C}$) ام قيم الخصائص البصرية يظهر زيادة بلامتصاصية ونقصان بالنفاذية بعد التشيع وبينت نتائج FTIR للحبيبات المحضرة وجود ازاحة في جميع القمم والنتيجة عن التشيع بأشعة كاما وتزداد شدة وعرض القمم تقريبا بعد التشيع باستثناء العينة (P_2) حيث تقل الشدة وعرض القمم. وبين تحليل وجود عنصري النيكل والاكسجين (Ni, O) بنسب مختلفة. ويلحظ من النتائج ان التشيع له تأثير واضح وذلك من خلال نقصان نسبة النيكل الى الاوكسجين (EDS).

قائمة المحتويات

رقم الصفحة	العنوان	الفقرة
17-1	المقدمة والدراسات السابقة	الفصل الأول
1	المقدمة	(1-1)
1	الجسيمات النانوية	(2-1)
1	تصنيف المواد النانوية	(1-2-1)
3	تحضير المواد النانوية	(2-2-1)
4	طريقة المحلول الهلامي	(3-1)
5	تطبيقات طريقة المحلول الهلامي	(1-3-1)
5	فوائد طريقة المحلول الهلامي	(2-3-1)
5	مساوئ طريقة المحلول الهلامي	(3-3-1)
6	خصائص المواد	(4-1)
6	الخصائص الفيزيائية والكيميائية لأوكسيد النيكل NiO	(1-4-1)
7	الخصائص الفيزيائية والكيميائية لاوكسيد النحاس (CuO)	(2-4-1)
9	الخصائص الكيميائية والفيزيائية لثنائي اوكسيد القصدير (SnO ₂).	(3-4-1)
10	تطبيقات ثنائي اوكسيد القصدير.	(4-4-1)
10	التشجيع	(5-1)
10	الدراسات السابقة	(6-1)
17	الهدف من البحث	(7-1)
37-18	الجانب النظري	الفصل الثاني
18	المقدمة	(1-2)
18	طريقة المحلول الهلامي لتحضير المواد	(2-2)

18	الخطوات الأساسية في طريقة المحلول الهلامي (Sol-Gel)	(1-2-2)
20	العوامل المؤثرة في عملية تحضير الجسيمات النانوية بطريقة (Sol-Gel)	(3-2)
22	أشباه الموصلات	(4-2)
22	الخصائص التركيبية	(5-2)
23	حيود الأشعة السينية	(1-5-2)
24	المعلمات التركيبية	(1-1-5-2)
26	العوامل المؤثرة في حيود الأشعة السينية	(2-1-5-2)
27	المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال	(2-5-2)
28	التحليل الطيفي المشتت للطاقة	(3-5-2)
28	الخصائص البصرية	(6-2)
28	تفاعل الضوء مع شبه الموصل	(1-6-2)
29	النفذية	(2-6-2)
29	الامتصاصية	(3-6-2)
29	حافة الامتصاص الأساسية	(4-6-2)
29	منطقة الامتصاص العالي	(1-4-6-2)
30	المنطقة الاسية	(2-4-6-2)
30	معامل الامتصاص	(3-4-6-2)
31	الانتقالات الإلكترونية	(5-6-2)
31	الانتقالات المباشرة	(1-5-6-2)
31	الانتقالات غير المباشرة	(2-5-6-2)
33	التألق الضوئي (PL)	(6-6-2)
33	تحليلات فورييه للأشعة تحت الحمراء	(7-2)

34	تفاعلات اشعة كاما مع المادة	(8-2)
34	التأثير الكهروضوئي	(1-8-2)
35	تأثير كومبتن	(2-8-2)
36	انتاج الزوج	(3-8-2)
49-38	الجزء العملي	الفصل الثالث
38	المقدمة	(1-3)
38	المواد الكيميائية والأجهزة	(2-3)
38	المواد الكيميائية	(1-2-3)
39	الأجهزة المستعملة	(2-2-3)
40	تحضير اوكسيد النيكل النانوي NiO بطريقة المحلول الهلامي	(3-3)
43	تحضير المركب $[Ni_{90} Cu_{(10-x)} Sn_{(x)}]$ بطريقة المحلول الهلامي	(4-3)
45	القياسات التركيبية	(5-3)
45	قياس حيود الأشعة السينية	(1-5-3)
46	المجهر الالكتروني الماسح الباعث للمجال	(2-5-3)
46	القياسات البصرية	(6-3)
46	فحوصات طيفي النفاذية والامتصاصية	(1-6-3)
47	فحوصات طيف الأشعة تحت الحمراء	(2-6-3)
48	التشعيع بأشعة كاما	(7-3)
49	التلألؤ الضوئي	(8-3)
116-50	النتائج والمناقشة	الفصل الرابع
50	المقدمة	(1-4)

50	الفحوصات التركيبية والبصرية للحبيبات النانوية المحضرة بنسب مولارية مختلفة من نترات النيكل وحامض الستريك	(2-4)
50	القياسات التركيبية	(1-2-4)
50	نتائج حيود الأشعة السينية	(1-1-2-4)
62	مطيافية تحويلات فورير للأشعة تحت الحمراء	(2-1-2-4)
62	نتائج فحوصات المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال (FESEM) للحبيبات المحضرة باختلاف نسبة المولارية ودرجة حرارة الكلسنة	(3-2-4)
70	القياسات البصرية	(4-2-4)
70	الامتصاصية	(1-4-2-4)
72	النفاذية	(2-4-2-4)
73	معامل الامتصاص	(3-4-2-4)
75	فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الإلكترونية المباشرة المسموحة	(4-4-2-4)
77	الفحوصات التركيبية والبصرية للحبيبات النانوية غير المطعمة والمطعمة	(3-4)
77	القياسات التركيبية	(1-3-4)
77	نتائج حيود الأشعة السينية	(1-1-3-4)
84	مطيافية تحويلات فورير للأشعة تحت الحمراء	(2-1-3-4)
85	المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال	(3-1-3-4)
90	القياسات البصرية	(2-3-4)
90	الامتصاصية	(1-2-3-4)
91	النفاذية	(2-2-3-4)
92	معامل الامتصاص	(3-2-3-4)
92	فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الإلكترونية المباشرة المسموحة	(4-2-3-4)
95	التلألؤ الضوئي	(5-2-3-4)

97	الفحوصات التركيبية والبصرية للحبيبات النانوية غير المشعة والمشعة بأشعة كاما	(4-4)
97	القياسات التركيبية	(1-4-4)
97	نتائج حيود الأشعة السينية	(1-1-4-4)
104	مطيافية تحويلات فورير لطيف الأشعة تحت الحمراء	(2-1-4-4)
106	المجهر الالكتروني الماسح الباعث للمجال	(3-1-4-4)
111	نتائج القياسات البصرية	(2-4-4)
111	الامتصاصية	(1-2-4-4)
111	النفذية	(2-2-4-4)
113	معامل الامتصاص	(3-2-4-4)
114	فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة	(4-2-4-4)
116	الاستنتاجات	(5-4)
116-117	المشاريع المستقبلية	(6-4)

قائمة الجداول

رقم الصفحة	عنوان الجدول	رقم الجدول
	المقدمة	الفصل الاول
7	بعض خصائص أكسيد النيكل (NiO)	(1-1)
8	بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لأكسيد النحاس	(2-1)
9	بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمادة ثنائي أكسيد القصدير	(3-1)
	الجانب العملي	الفصل الثالث
38	المواد الكيميائية الرئيسية المستعملة في هذا العمل .	(1-3)
43	الاوزان والمولارية المستعملة لتحضير أكسيد النيكل النانوي بطريقة المحلول الهلامي	(2-3)
44	يوضح الاوزان المستعملة للحصول على النسب المطلوبة	(3-3)
45	مواصفات جهاز الأشعة السينية	(4-3)
	النتائج والمناقشة	الفصل الرابع
59	زوايا الحيود ومعاملات ميلر وعرض منتصف القمة العظمى والمسافات البينية وحجم البلوريات للحبيبات النانوية المحضرة.	(1-4)
62	ثابت الشبكة (a_0) وعرض منتصف القمة (β) وعامل التشكيل (T_C) والانفعال المايكروني (ϵ) وكثافة الانخلاعات (δ) التي تم جرى عليها من فحوصات حيود الأشعة السينية للحبيبات المحضرة.	(2-4)

68	قيم معدل الحجم الحبيبي للحبيبات المحضرة.	(3-4)
76	قيم فجوة الطاقة البصرية (E_g) للانتقال الإلكتروني المباشر المسموح.	(4-4)
79	زوايا الحيود ومعاملات ميلر وعرض منتصف القمة العظمى والمسافات البينية وحجم البلوريات للحبيبات النانوية المحضرة.	(5-4)
83	ثابت الشبكة (a_0) وعرض منتصف القمة (β) وحجم البلوريات (D) وعامل التشكيل (T_C) والانفعال المايكروي (ϵ) وكثافة الانخلاعات (δ) التي تم الحصول عليها من فحوصات حيود الأشعة السينية للحبيبات النانوية المحضرة.	(6-4)
86	قيم معدل الحجم الحبيبي للحبيبات المحضرة.	(7-4)
93	قيم فجوة الطاقة البصرية (E_g) للانتقال الإلكتروني المباشر المسموح.	(8-4)
96	قيم فجوة الطاقة البصرية (E_g) المحسوبة من نتائج التألؤ الضوئي لحبيبات NiO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب مختلفة بعنصري النحاس والقصدير .	(9-4)
100	زوايا الحيود ومعاملات ميلر وعرض منتصف القمة العظمى والمسافات البينية وحجم البلوريات للحبيبات المحضرة وللاتجاه السائد (200) قبل وبعد التشعيع.	(10-4)
104	بعض المعلمات التي تم الحصول عليها من فحوصات حيود الأشعة السينية للحبيبات النانوية المحضرة.	(11-4)
106	قيم معدل الحجم الحبيبي للحبيبات المحضرة.	(12-4)
115	قيم فجوة الطاقة البصرية (E_g) للانتقال الإلكتروني المباشر المسموح	(13-4)

قائمة الأشكال

رقم الصفحة	عنوان الشكل	الرقم
	المقدمة	الفصل الأول
2	مخطط توضيحي لتصنيف المواد النانوية	(1-1)
3	رسم تخطيطي يوضح طريقة تحضير المواد النانوية	(2-1)
4	رسم تخطيطي لطريقة المحلول الهلامي Sol-Gel	(3-1)
6	مادة اوكسيد النيكل	(4-1)
7	التركيب البلوري لأوكسيد النيكل	(5-1)
8	التركيب البلوري لأوكسيد النحاس أحادي الميل (CuO)	(6-1)
8	التركيب البلوري المكعبي لأوكسيد النحاس (Cu ₂ O)	(7-1)
9	التركيب البلوري لـ (SnO ₂)	(8-1)
	الجانب النظري	الفصل الثاني
20	الخطوات المتبعة بعملية Sol-Gel .	(1-2)
20	رسم تخطيطي لعملية التجفيف فوق الدرجة	(2-2)
22	تأثير الرقم الهيدروجيني على معدلات التحلل المائي والتكثيف	(3-2)
23	المستويات البلورية لقانون براك	(4-2)
27	مخطط لجهاز المجهر الالكتروني الماسح الباعث للمجال	(5-2)
32	أنواع الانتقالات الإلكترونية	(6-2)
34	الظاهرة الكهروضوئية	(7-2)
36	استطارة كومبتن	(8-2)
37	ظاهرة انتاج الزوج	(9-2)
	الجانب العملي	الفصل الثالث
39	مخطط للخطوات المتبعة في الجزء العملي لتحضير حبيبات اوكسيد النيكل النانوية النقية والمطعمة ثنائيا باوكسيدي النحاس والقصدير	(1-3)
42	يوضح خطوات تحضير اوكسيد النيكل النانوي NiO بطريقة المحلول الهلامي	(2-3)

42	صور حبيبات NiO النانوية المكلسنة بدرجات حرارة مختلفة	(3-3)
45	صور حبيبات NiO النانوية المشوبة والمكلسنة بدرجة حرارة 525	(4-3)
46	صورة لجهاز FESEM	(5-3)
47	مطياف (UV-Visible)	(6-3)
48	طيف الأشعة تحت الحمراء (FTIR)	(7-3)
49	منظومة اشعة كاما	(8-3)
49	صورة الجهاز المستخدم في عملية التلأؤ الضوئي.	(9-3)
	النتائج والمناقشة	الفصل الرابع
52	انماط حيود الاشعة السينية لحبيبات أكسيد النيكل NiO النقية المكلسنة عند درجة حرارة 425 °C.	(a1-4)
52	انماط حيود الاشعة السينية لحبيبات أكسيد النيكل NiO النقية المكلسنة عند درجة حرارة 525 °C.	(b1-4)
52	انماط حيود الاشعة السينية لحبيبات أكسيد النيكل NiO النقية المكلسنة عند درجة حرارة 625 °C.	(c1-4)
53	أنماط حيود الأشعة السينية لحبيبات NiO النقية والمكلسنة بدرجات حرارة مختلفة	(2-4)
54	انماط حيود الاشعة السينية لحبيبات أكسيد النيكل NiO النقية (P ₁) المكلسنة عند درجات حرارة مختلفة	(a3-4)
54	انماط حيود الاشعة السينية لحبيبات أكسيد النيكل NiO النقية (P ₂) المكلسنة عند درجات حرارة مختلفة	(b3-4)
54	انماط حيود الاشعة السينية لحبيبات أكسيد النيكل NiO النقية (P ₃) المكلسنة عند درجات حرارة مختلفة	(c3-4)
55	أنماط حيود الأشعة السينية لحبيبات NiO النقية (P ₁ , P ₂ and P ₃) والمكلسنة بدرجات حرارة مختلفة للاتجاه السائد (200)	(4-4)
56	البطاقة الدولية القياسية (ICDD) ذات الرقم التسلسلي (047-1049).	(a5-4)
56	البطاقة الدولية القياسية (ICDD) ذات الرقم التسلسلي (04-0850).	(b5-4)
57	العلاقة بين (D ₂₀₀) و (β ₂₀₀) كدالة نسب المولارية لحمض الستريك اسيد	(6-4)

59	عامل التشكيل كدالة لنسب المولارية للعينات المحضرة والمكلسنة عند درجات حرارية مختلفة	(7-4)
60	العلاقة بين المتغيرات التي من خلالها تم حساب معدل الحجم البلوري حسب طريقة (Williamson-Hall) لحبيبات أكسيد النيكل NiO النقية المكلسنة عند درجة حرارة 425 °C.	(8-4)
61	العلاقة بين المتغيرات التي من خلالها تم حساب معدل الحجم البلوري حسب طريقة (Williamson-Hall) لحبيبات أكسيد النيكل NiO النقية المكلسنة عند درجة حرارة 525 °C.	(9-4)
61	العلاقة بين المتغيرات التي من خلالها تم حساب معدل الحجم البلوري حسب طريقة (Williamson-Hall) لحبيبات أكسيد النيكل NiO النقية المكلسنة عند درجة حرارة 625 °C.	(10-4)
63	أطياف الأشعة تحت الحمراء لحبيبات (NiO) النقية المحضرة بتغير المولارية بدرجات حرارة كلسنة مختلفة.	(11-4)
65	صور FE-SEM لحبيبات (NiO) عند درجة حرارة كلسنة 425 °C)	(a12-4)
66	صور FE-SEM لحبيبات (NiO) عند درجة حرارة كلسنة 525 °C)	(b12-4)
67	صور FE-SEM لحبيبات (NiO) عند درجة حرارة كلسنة 625 °C)	(c12-4)
68	تحليلات (EDS) مع صور (Electron Image) للحبيبات المحضرة بمولارية مختلفة وبدرجة حرارة كلسنة 425 °C).	(a13-4)
69	تحليلات (EDS) مع صور (Electron Image) للحبيبات المحضرة بمولارية مختلفة وبدرجة حرارة كلسنة 525 °C).	(b13-4)
69	تحليلات (EDS) مع صور (Electron Image) للحبيبات المحضرة بمولارية مختلفة وبدرجة حرارة كلسنة 625 °C).	(c13-4)
71	طيف الامتصاصية لحبيبات أكسيد النيكل (NiO) النقية المحضرة بنسب مولارية مختلفة والمكلسنة عند درجة حرارة 425 °C).	(a14-4)
71	طيف الامتصاصية لحبيبات أكسيد النيكل (NiO) النقية المحضرة بنسب مولارية مختلفة والمكلسنة عند درجة حرارة 525 °C).	(b14-4)
71	طيف الامتصاصية لحبيبات أكسيد النيكل (NiO) النقية المحضرة بنسب مولارية مختلفة والمكلسنة عند درجة حرارة 625 °C).	(c14-4)

72	طيف النفاذية لحبيبات (NiO) النقية المحضرة بنسب مولارية مختلفة والمكلسنة بدرجة حرارة (425 °C)	(a15-4)
72	طيف النفاذية لحبيبات (NiO) النقية المحضرة بنسب مولارية مختلفة والمكلسنة بدرجة حرارة (525 °C)	(b15-4)
73	طيف النفاذية لحبيبات (NiO) النقية المحضرة بنسب مولارية مختلفة والمكلسنة بدرجة حرارة (625 °C)	(a15-4)
74	معامل الامتصاص (α) لحبيبات (NiO) النقية المحضرة بنسب مولارية مختلفة والمكلسنة عند درجة حرارة مختلفة.	(16-4)
75	قيم فجوة الطاقة البصرية (E_g) للانتقال المباشر المسموح الناتجة من العلاقة البيانية بين طاقة الفوتون ($h\nu$) و ($\alpha h\nu$) ² لحبيبات NiO النقية المحضرة بنسب مولارية مختلفة والمكلسنة عند درجة حرارة (625 °C).	(a17-4)
76	قيم فجوة الطاقة البصرية (E_g) للانتقال المباشر المسموح الناتجة من العلاقة البيانية بين طاقة الفوتون ($h\nu$) و ($\alpha h\nu$) ² لحبيبات NiO النقية المحضرة بنسب مولارية مختلفة والمكلسنة عند درجة حرارة (625 °C).	(b17-4)
76	قيم فجوة الطاقة البصرية (E_g) للانتقال المباشر المسموح الناتجة من العلاقة البيانية بين طاقة الفوتون ($h\nu$) و ($\alpha h\nu$) ² لحبيبات NiO النقية المحضرة بنسب مولارية مختلفة والمكلسنة عند درجة حرارة (625 °C).	(c17-4)
78	أنماط حيود الأشعة السينية لحبيبات NiO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب مختلفة بعنصري النحاس والقصدير والمكلسنة بدرجة حرارة (525 °C).	(18-4)
78	أنماط حيود الأشعة السينية لحبيبات NiO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب مختلفة بعنصري النحاس والقصدير والمكلسنة بدرجة حرارة (525 °C) للاتجاه السائد (200).	(19-4)
81	العلاقة بين (D_{222}) و (β_{222}) كدالة لنسب التطعيم لحبيبات NiO غير	(20-4)

	المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب مختلفة بالنحاس والقصدير والمكلسنة عند درجة حرارة (525 °C).	
81	العلاقة بين المتغيرات التي من خلالها تم حساب معدل الحجم البلوري حسب طريقة (Williamson-Hall) لحبيبات NiO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب مختلفة بعنصري النحاس والقصدير والمكلسنة بدرجة حرارة (525 °C)	(21-4)
82	عامل التشكيل كدالة لنسب التطعيم لحبيبات NiO غير المطعمة والمطعمة بنسب مختلفة بعنصري النحاس والقصدير والمكلسنة عند درجة حرارة (525 °C).	(22-4)
84	أطياف الأشعة تحت الحمراء لحبيبات NiO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بعنصري النحاس والقصدير	(23-4)
88	صور FE-SEM للحبيبات غير المطعمة والمطعمة بالنحاس والقصدير	(24-4)
89	تحليلات (EDS) مع صور (Electron Image) للحبيبات النانوية المحضرة.	(25-4)
90	طيف الامتصاصية لأوكسيد النيكل (NiO) غير المطعم والمطعم ثنائياً بنسب مختلفة من النحاس والقصدير.	(26-4)
91	طيف النفاذية لأوكسيد النيكل (NiO) غير المطعم والمطعم ثنائياً بنسب مختلفة بالنحاس والقصدير.	(27-4)
92	معامل الامتصاص لأوكسيد النيكل (NiO) غير المطعم والمطعم ثنائياً بنسب مختلفة بالنحاس والقصدير.	(28-4)
94	قيم فجوة الطاقة البصرية (Eg) للانتقال المباشر المسموح الناتجة من العلاقة البيانية بين طاقة الفوتون (hv) و $(\alpha hv)^2$ لحبيبات NiO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب مختلفة بعنصري النحاس والقصدير والمكلسنة عند درجة حرارة (525 °C).	(29-4)
96	قياس التلألؤ الضوئي لحبيبات NiO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب مختلفة بعنصري النحاس والقصدير والمكلسنة عند درجة حرارة (525 درجة سيليزية)	(30-4)
98	حيود الأشعة السينية لحبيبات NiO قبل و بعد التشعيع	(31-4)
99	حيود الأشعة السينية لحبيبات (a) (NiO) للاتجاه السائد (200) و	(32-4)

	(b) (Ni) قبل و بعد التشعيع	
101	العلاقة بين (D_{222}) و (β_{222}) كدالة لنسب التطعيم لحبيبات NiO غير المشعة والمشعة والمكلسنة عند درجة حرارة ($525\text{ }^{\circ}\text{C}$).	(33-4)
102	العلاقة بين المتغيرات التي من خلالها تم حساب معدل الحجم البلوري حسب طريقة (Williamson-Hall) لحبيبات NiO غير المشعة والمشعة والمكلسنة عند درجة حرارة ($525\text{ }^{\circ}\text{C}$ سيليزية).	(34-4)
103	عامل التشكيل كدالة لنسب التطعيم لحبيبات NiO غير المطعمة قبل وبعـد التشعيع والمكلسنة عند درجة حرارة ($525\text{ }^{\circ}\text{C}$ سيليزية).	(35-4)
105	صور (FTIR) لحبيبات اوكسيد النيكل قبل وبعـد التشعيع.	(36-4)
109	صور FESEM لحبيبات NiO قبل وبعـد التشعيع.	(37-4)
110	تحليلات EDS لحبيبات NiO قبل وبعـد التشعيع.	(38-4)
112	طيف الامتصاصية لحبيبات اوكسيد النيكل قبل وبعـد التشعيع.	(39-4)
112	طيف النفاذية لحبيبات اوكسيد النيكل قبل وبعـد التشعيع.	(40-4)
113	معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون لحبيبات اوكسيد النيكل قبل وبعـد التشعيع.	(41-4)
114	فجوة الطاقة للانتقال المباشر المسموح لحبيبات اوكسيد النيكل قبل وبعـد التشعيع.	(42-4)

قائمة الرموز

الرمز	المعنى	الوحدة
E_g	فجوة الطاقة الممنوعة	eV
M	عدد صحيح يسمى رتبة الحيود
θ_B	زاوية براك	degree
D_{hkl}	المسافة العمودية بين مستويين بلوريين متجاورين	Å
A_o	ثابت الشبكة	Å
V	حجم وحدة الخلية	nm ³
Hkl	معاملات ميلر
D_{av}	معدل الحجم الحبيبي	Nm
B	عرض المنحنى لمنتصف الشدة العظمى (FWHM)	Radian
B_s	العرض الناتج من المطاوعة	Radian
β_D	العرض الناتج من الحجم الحبيبي	Radian
T_c	عامل التشكيل
$I_{(hkl)}$	الشدة النسبية المقاسة للمستوي (hkl)
$I_{o(hkl)}$	الشدة القياسية للمستوي (hkl) في بطاقة (JCPDS)
Δ	كثافة الإنخلاءات	cm ⁻²
N_o	عدد البلوريات لوحدة المساحة	cm ⁻²
S_v	الكثافة السطحية (مساحة السطح خلال وحدة الحجم)	cm ⁻¹
K_{sv}	كمية ثابتة تسمى عامل الشكل وتساوي (6) بالنسبة للشكل الكروي
SSA	المساحة السطحية النوعية	(m ² .g ⁻¹)
I_x	شدة الضوء النافذ	eV/m ² .s
I_o	شدة الضوء الساقط	eV/m ² .s

eV/m ² .s	شدة الضوء الممتص	I _A
cm ⁻¹	معامل الامتصاص	A
Nm	سمك المادة	X
....	النفذية	T
....	الامتصاصية	A
....	الانعكاسية	R
eV	طاقة الفوتون	hν
....	ثابت يعتمد على نوع المادة	P
eV	فجوة الطاقة البصرية	E _g ^{opt}
....	معامل اسي يعتمد على نوع المادة ونوع الانتقال الالكتروني	R
meV	طاقة ذبول اورباخ	E _u
cm ⁻¹	متجه الموجة	K
eV	فجوة الطاقة البصرية للانتقال غير المباشر المسموح	E _g ' ^{opt}
eV	طاقة الفونون	E _{ph}
....	معامل الخمود	K _o
....	معامل الانكسار	N
....	جري	G _Y

قائمة المختصرات

TCO	Transparent Conducting Oxide
XRD	X-Ray Diffraction
FE-SEM	Field Emission Scanning Electron Microscope
0D	Zero Dimensions
1D	One Dimensions
2D	Two Dimensions
3D	Three Dimensions
JCPDS	Joint Committee of Powder Diffraction Standards
EB	Electron Beam
TGA	Thermogravimetric analysis
XPS	X-ray photoelectron spectroscopy
PLD	Pulsed laser deposition
PL	Photoluminescence
HR-TEM	High Resolution Transmission Electron Microscopy
EDX	Energy Dispersive X-Ray Analysis
UV-DR	UV-visible Diffuse Reflectance Spectroscopy
FTIR	Fourier Transform Infrared
PL	Photo luminescence

F.C.C	Face center cubic
FWHM	Full width half maximum
Gy	Gray

الفصل الأول

المقدمة والدراسات السابقة

(1-1) المقدمة

Introduction

تعد تقنية النانو واحدة من أهم المجالات وأكثرها روعة في الفيزياء والتخصصات الأخرى. لقد رفعت التوقعات بشأن الثورات العلمية الوشيكة التي من شأنها أن تغير بشكل عميق مسار التكنولوجيا. وهي تصنف اليوم بوصفها جيلاً خامساً للتطور التقني. ويمكن إرجاع تقنية النانو إلى عملية التحكم والتلاعب بالمادة على مستوى الأبعاد الذرية وعملية التحكم هذه مماثلة للهندسة في مستوى النانو، وأن عملية التصنيع النانوي (Nanofabrication) ترتبط بشكل تام بهذه الهندسة [1,2].

يعتمد مفهوم تقنية النانو على المادة التي تتركب من جسيمات نانوية ستبدي خصائص وسلوكيات جديدة تعتمد على حجم الجسيمات، فقد لوحظ كمثال لذلك، أن كل من التركيب الإلكتروني والتوصيلية والتفاعلية والخصائص الميكانيكية للمادة، تتغير جميعها عندما يصبح حجم الجسيمات ضمن المقياس النانوي، إذ إنه كلما اقترب حجم الحبيبات من المقياس النانوي سوف تخضع المادة إلى قوانين ميكانيك الكم بدلا من قوانين الفيزياء الكلاسيكية، لذلك يمكن التحكم بخصائص المادة من خلال تغيير حجمها، لذلك خلص الباحثون إلى أن هذا المفهوم له تأثير تقني كبير يشمل مجموعة واسعة من المجالات التقنية. وأن عالم النانو يفصل بين عالمين هما علم الذرات والجزيئات وبين علم المايكرو [3].

(2-1) الجسيمات النانوية

Nanoparticles (NPs)

المواد النانوية هي المواد التي تتراوح أبعادها من (1-100) نانومتر [5]. تتمتع الجسيمات النانوية بخصائص فريدة نظراً لخصائصها الميكانيكية والفيزيائية الهامة التي قد تؤدي إلى تطبيقات جديدة ومثيرة ، نظراً لحجمها الدقيق للغاية وحدود حجم الحبوب العالية [6].

تتغير خصائص المواد كثيراً وفقاً لجسيماتها النانوية فالمركبات المكونة من حبيبات بحجم النانو ، سواء كانت سيراميك أو معادن ، أقوى بكثير من نظائرها في الحجم الأكبر ، على سبيل المثال ، حجم حبيبات حوالي (10 نانومتر) أكثر صلابة بسبع مرات من المعدن [7].

(1-2-1) تصنيف المواد النانوية

Classification of Nanomaterials

يمكن تصنيف المواد النانوية وفقاً لأبعادها إلى أربعة أنواع [7]:

1- المواد ذات البعد الصفري (Zero-dimension (0-D):

وتتميز هذه المواد بان جميع ابعادها ضمن المقياس النانوي، مثال على ذلك (النقاط الكمومية Quantum dots) التي دخلت مؤخرًا في صناعة الترانزستور وبعض خلايا الطاقة الشمسية [8].

2- المواد أحادية الأبعاد (One -dimension (1-D)):

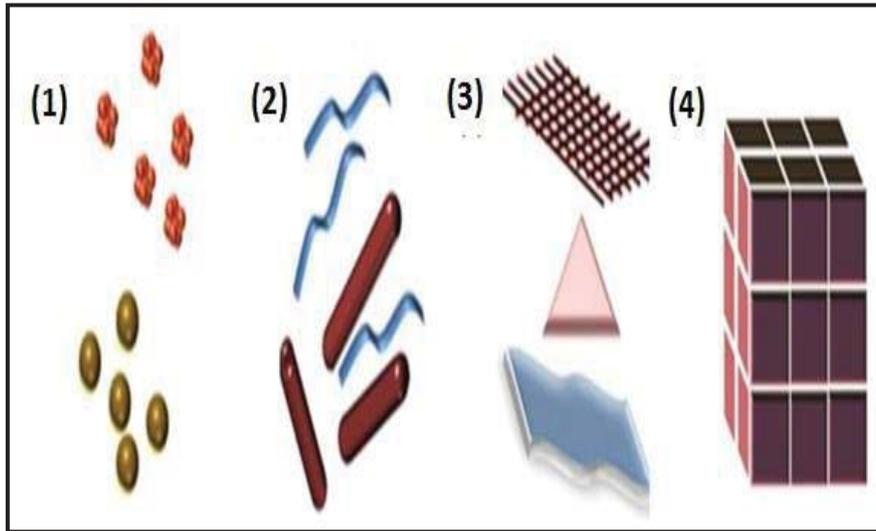
تتميز هذه المواد بأن احد أبعادها خارج نطاق المقياس النانوي .وبعدين من ابعادها ضمن المقياس النانوي .على سبيل المثال (الأسلاك النانوية والأنابيب النانوية) [8].

3 - المواد ثنائية الأبعاد (Two -dimension (2-D)):

في هذه المواد يكون بعدين خارج نطاق المقياس النانوي واحداها ضمن المقياس النانوي. تتضمن هذه الأنواع أنواعًا مختلفة من الأغشية النانوية الرقيقة ، مثل الطلاءات والاعشية الرقيقة متعددة الطبقات أو الجدران النانوية .

4 - المواد ثلاثية الأبعاد (Three -dimension (3-D)):

هي المواد التي ليس لها أي بعد ضمن المقياس النانوي وتكون أبعادها أكبر من 100 نانومتر وهذه المواد تمتلك إما تركيب بلوري نانوي (بلورات نانوية الحجم) أو بعض خصائص نطاق النانو الناتجة عن احتوائها على مواد أخرى صفرية أو أحادية أو ثنائية الأبعاد [8]. ويوضح الشكل (1-1) أنواع المواد النانوية. ويوضح الشكل (1-1) أنواع المواد النانوية.



الشكل (1-1) : مخطط توضيحي لتصنيف المواد النانوية [9].

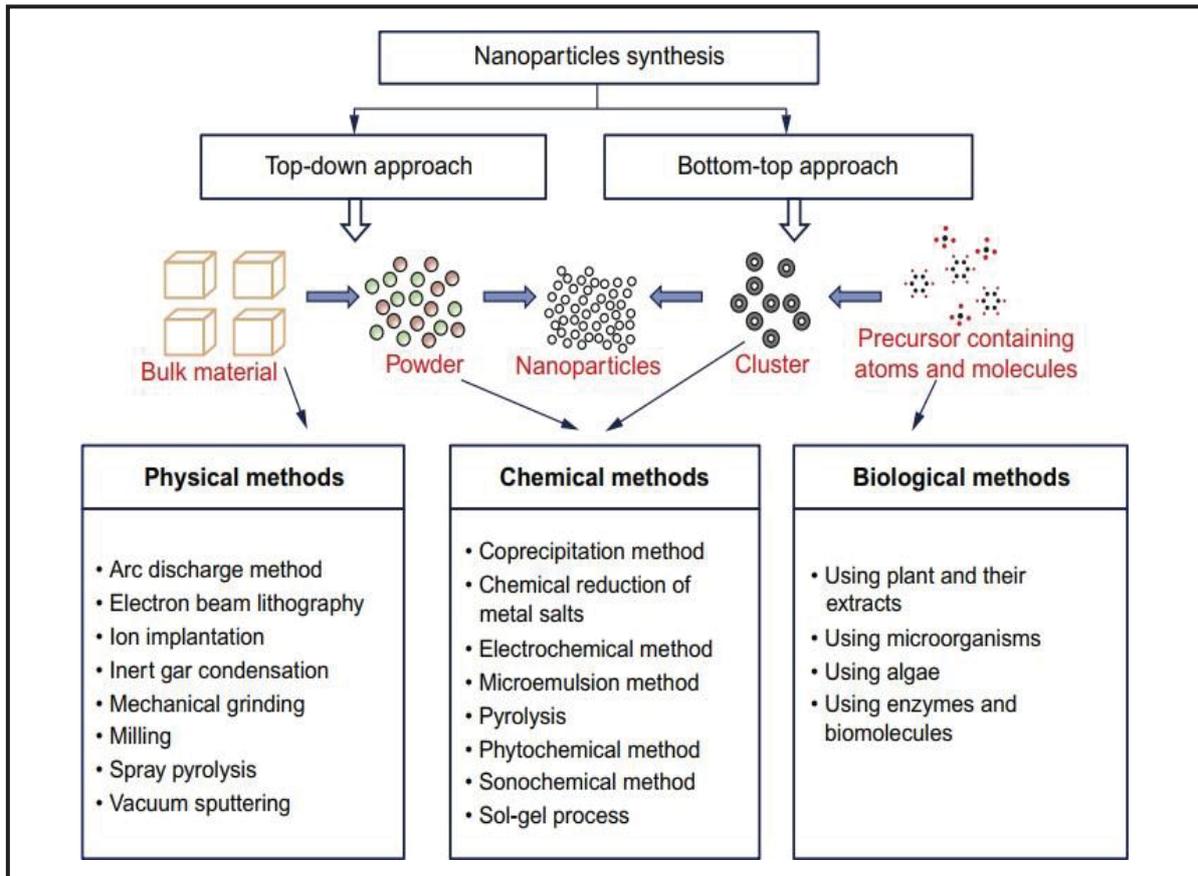
(1) (0-D): كرات وعناقيد ، (2): (1-2) ألياف وأسلاك وقضبان نانوية أحادية الأبعاد.

(3): (2-D): أغشية ثنائية الأبعاد ، (4): (3-D): مواد نانوية ثلاثية الأبعاد

Synthesis of Nanomaterial

(2-2-1) تحضير المواد النانوية

هناك العديد من التقنيات لتحضير المواد النانوية التي تنقسم على جزأين رئيسيين: الأولى تسمى من (الأعلى إلى الأسفل)، حيث يتم تكسير المادة الأصلية (الكبيرة) تدريجيًا حتى تصل إلى الحجم النانوي، ويتم ذلك من خلال عمليات مختلفة بما في ذلك الحفر والقطع البصري والطحن وما إلى ذلك، من الممكن الحصول على تطبيقات إلكترونية المركبات النانوية بتطبيقات إلكترونية مهمة، بينما تبدأ التقنية الثانية تسمى من (الأسفل إلى الأعلى)، أي على عكس التقنية الأولى، حيث أن المادة النانوية مبنية من الذرات والجزيئات بطريقة منظمة حتى نصل إلى الحجم النانوي المطلوب، وغالبًا ما تكون هذه التقنية تقنيات كيميائية، تتميز بصغر حجم المواد الناتجة، والحصول على روابط قوية [10، 11، 12]. يوضح الشكل (2-1) أهم الطرق المستخدمة لتحضير المواد النانوية مثل طريق المحلول الهلامي أو الترسيب الكيميائي أو استئصال الليزري.



الشكل (2-1) : رسم تخطيطي يوضح طريقة تحضير المواد النانوية

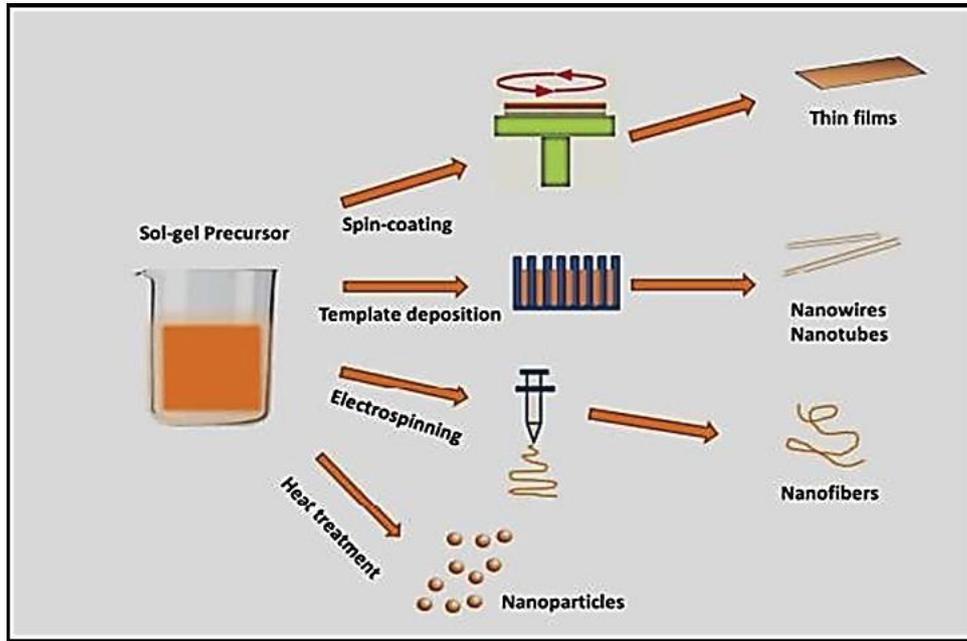
من أعلى إلى أسفل ومن أسفل إلى أعلى لتركيبة الجسيمات النانوية [13].

(Sol- Gel Methods)

(3-1) طريقة المحلول الهلامي

تعتبر طريقة المحلول الهلامي طريقة مهمة لتحضير أكاسيد المعادن ومركبات الأكاسيد المختلفة. تتميز هذا الطريقة بالتحكم في الخصائص التركيبية والسطحية للمواد المحضرة [14]. تتخذ عملية المحلول الهلامي بشكل أساسي عدة خطوات للحصول على الأوكسيد النهائي للمعدن ، وهو عملية التحلل المائي والتكثيف وعملية التجفيف [15]. يتطلب تكوين أوكسيد الفلز مراحل متتالية مختلفة على سبيل المثال ، تخضع المواد المعدنية الأولية للتحلل المائي السريع لإنشاء محلول هيدروكسيد معدني، يتبعه تكثيف فوري ينتج عنه تكوين مواد هلامية ثلاثية الأبعاد. بعد ذلك ، يخضع الجل الناتج لعملية التجفيف.

ويمكن تصنيف طريقة المحلول الهلامي إلى طريقتين ، وهي طريقة المحلول الهلامي المائي وغير المائي التي تعتمد على طبيعة المذيب المستعمل [15]. ويوضح الشكل (3-1) مسار التفاعل لإنتاج الجسيمات النانوية بطريقة المحلول الهلامي.



الشكل(3-1): رسم تخطيطي لطريقة المحلول الهلامي Sol-Gel [16].

Applications of the sol-gel

1-3-1 تطبيقات طريقة المحلول الهلامي

على الرغم من أن تقنية المحلول الغروي محدودة ، فإن تطور أنظمتها يتيح تصنيع العديد من المركبات النانوية المختلفة للعديد من التطبيقات ، ويمهد الطريق لتطوير مواد مختلفة، بما في ذلك: [14,17].

- 1 - تعتبر طريقة المحلول الهلامي بديلة لتصنيع المواد السيراميكية والزجاج.
- 2- يقدم طرقاً جديدة لتركيب المساحيق الدقيقة.
- 3- أدت القدرة على تصنيع أكاسيد معدنية نقية بشكل استثنائي إلى استعمالها لمكونات بصرية مثل الاغشية والعدسات والألياف الضوئية، وكذلك تستخدم الاكاسيد المعدنية لتحضير الاجهزة الكهربائية الانضغاطية (Piezoelectric).

Advantages of Sol-Gel Method

2-3-1 فوائد طريقة المحلول الهلامي

- 1- يمكن التحكم في تركيب المواد بدقة.
- 2- ارتفاع درجة التجانس.
- 3 - درجة الحرارة منخفضة أثناء التحضير.
- 4- من السهل التحكم في اللزوجة ، عن طريق الاختيار المناسب للمذيبات [14]
- 5- يمكن الحصول على الطلاء بمساحة كبيرة من السماكة والتركيب المطلوب.
- 6- يتم استعمالها لترسيب الطلاءات على أسطح الركيزة من خلال عملية غمس واحدة [18].
- 7- يمكن التحكم في تجانس نواتج التفاعل والبنية المجهرية.
- 8- يمكن الحصول على المنتجات النانوية.
- 9 - تكلفتها منخفضة ولا تتطلب معدات معقدة [19].

Advantages of Sol-Gel Meth

3-3-1 مساوئ طريقة المحلول الهلامي

- 1- تستخدم المذيبات السامة في بعض الأحيان.
- 2- المواد الخام غالية الثمن وتستهلك وقتاً طويلاً في المعالجة والتجفيف [18]
- 3- مشاكل في تغير الابعاد اثناء التكتيف والانكماش [19].

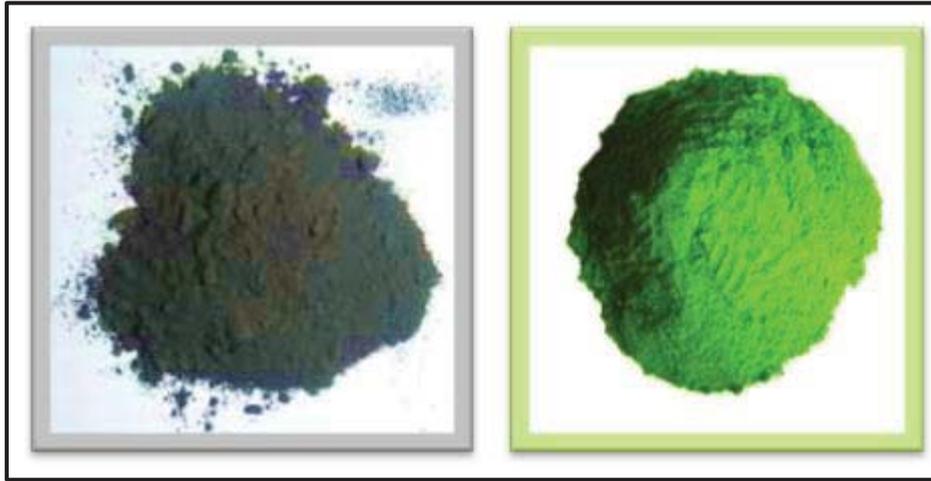
(Material properties)

(4-1) خصائص المواد

(1-4-1) الخصائص الفيزيائية والكيميائية لأوكسيد النيكل NiO

Chemical and physical properties of NiO

إن اوكسيد النيكل مادة شبه موصلة يكون على شكل مسحوق بلوري إما اخضر (NiO) او اسود (Ni₂O₃) اللون [20] كما في الشكل التالي (4-1):

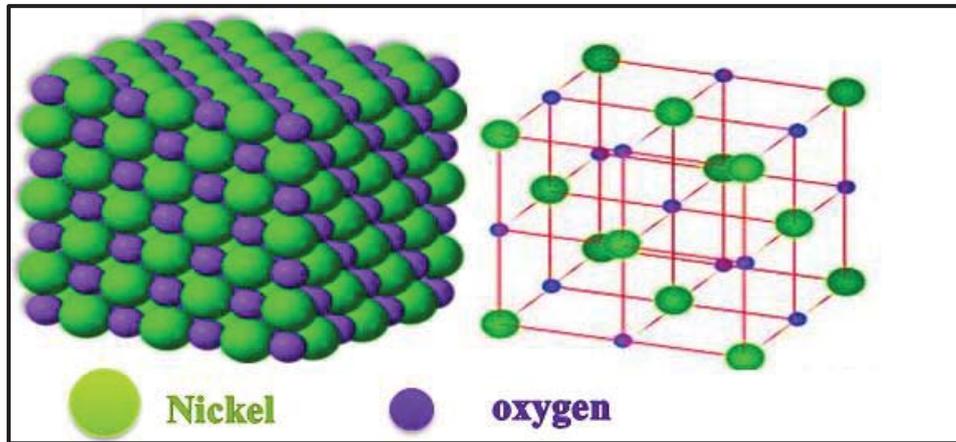


الشكل (4-1): مادة اوكسيد النيكل

وتعتبر مادة اوكسيد النيكل NiO من مركبات أشباه الموصلات ويتشكل من المجموعة (II-VI) من الجدول الدوري [21]. ويمتلك تركيب بلوري لمخ صخري اي من نوع تركيب ملح كلوريد الصوديوم (NaCl) [22,23]، كما هو موضح بالشكل (5-1) . إن بلورة NiO لها لون رصاصي مائل إلى السواد [24] تكون وحدة الخلية من النوع المكعبي متمركز الوجة (F.C.C) والاصرة التي تربط بين ايونات اوكسيد النيكل هي اصرة تساهمية ناتجة عن اشتراك الكترونين بين ذرة النيكل وذرة الاوكسجين [25]. إن مادة أوكسيد النيكل من الأكاسيد الموصلة الشفافة (TCO) لذلك تمتلك توصيلية ضوئية عالية وفجوة طاقة مباشرة وهي من نوع (P-type)، إذ يبلغ عرض الفجوة (3.5eV) عند (33K) لذلك إن الطول الموجي يبلغ (344nm) في منطقة اللون البنفسجي من الطيف [20]، نستنتج من ذلك ان امتصاصية الجسيمات النانوية تكون عند الطول الموجي البنفسجي في حين الاطوال الموجية الطويلة تكون نافذة، والجدول (1-1) يبين بعض خصائص أوكسيد النيكل (NiO). [20]:

جدول (1-1) يبين بعض خصائص أوكسيد النيكل (NiO) [20].

Molecular formula	Melting point (°C)	Density (g/cm ³)	Molecular weight (g/mol)	Energy gap (eV)	Colour
NiO	1984	6.67	842.84	3.6–4.0	مسحوق أخضر



الشكل (5-1) التركيب البلوري لأوكسيد النيكل [26].

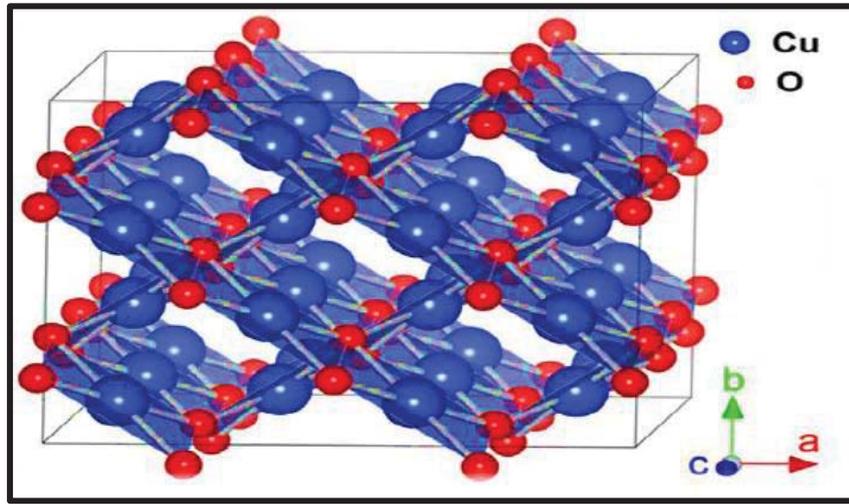
(2-4-1) الخصائص الفيزيائية والكيميائية لأوكسيد النحاس (CuO)

Chemical and Physical Properties of CuO

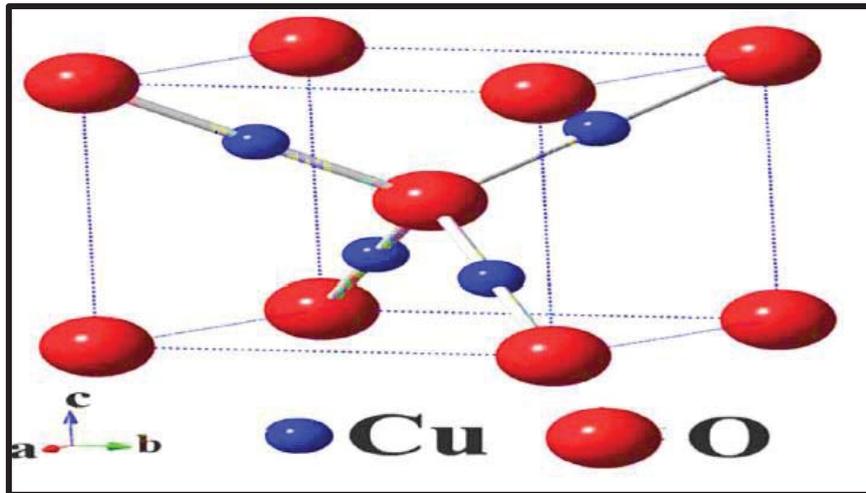
أوكسيد النحاس من المواد شبه الموصلة المهمة وذلك لكونه احد مركبات النحاس الكيميائية، لا يذوب في الماء او القواعد ويمكن الحصول عليه من اكسدة النحاس (CuO)، ويتميز بتركيبه البلوري الاحادي الميل [20]، والشكل (6-1) يمثل التركيب البلوري لأوكسيد النحاس احادي الميل [21]، اما الشكل (7-1) يمثل التركيب البلوري لأوكسيد النحاس المكعبي (Cu₂O) [22]. يمتاز أوكسيد النحاس باللون القهوائي الغامق، وهو عديم الرائحة وبالنظر لامتلاك أوكسيد النحاس فجوة طاقة كبيرة نسبياً وهي من نوع ومعامل امتصاص عالٍ في المنطقة المرئية لذلك يستخدم في التطبيقات الشمسية وخاصة الخلايا الضوئية-الحرارية الشمسية (Solar photo-thermal)، حيث يتطلب امتصاصية ذات كفاءة عالية ومدى جيد من الاستقرار وكذا تتطلب امتصاصية عالية في مدى الطول الموجي المرئي [23]. الجدول (2-1) يبين بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لأوكسيد النحاس [21].

الجدول (2-1) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لأوكسيد النحاس [21].

Compounds	Appearance	Density (g/cm ³)	Melting point and Boiling point	Solubility in water	Band gap (eV)	Crystal structure
CuO	black to brown powder	6.315	1326°C(1599 K) 2000°C (2270 K)	insoluble	1.2	monoclinic
Cu ₂ O	brownish-red solid	6.0	1232°C (1505 K) 1800°C (2070 K)	Insoluble	2.137	cubic



شكل (6-1): التركيب البلوري لأوكسيد النحاس أحادي الميل (CuO) [28].



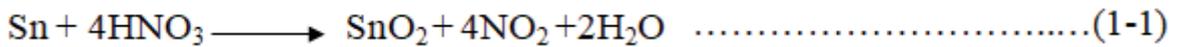
شكل (7-1): التركيب البلوري المكعبي لأوكسيد النحاس (Cu₂O) [29].

(2-4-1) الخصائص الكيميائية والفيزيائية لثنائي اوكسيد القصدير (SnO₂)

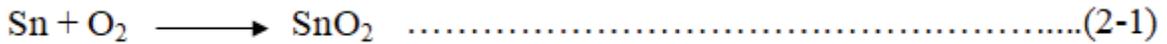
Chemical and Physical Properties of Tin –Oxide (SnO₂)

تعد مادة ثنائي اوكسيد القصدير SnO₂ من المواد شبه الموصلة التي تنتمي إلى مجموعة الأكاسيد الموصلة الشفافة (Transparent Conducting Oxides (TCO)) التي تمتاز بنفاذية عالية في المنطقة المرئية وامتصاصية في المنطقة فوق البنفسجية وتوصيلية جيدة من النوع السالب (n –type)، وهي مادة ذات لون أبيض يميل الى الرمادي، وأن التركيب البلوري لثنائي اوكسيد القصدير هو تركيب بلوري رباعي كما في الشكل(8-1)، والجدول (3-1) يوضح بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمادة ثنائي اوكسيد القصدير [27]. وتعدّ أكاسيد القصدير أمفوتيرية أي أنها تتفاعل مع الحوامض والقواعد وتكون ملحاً [28].

وتم تحضير (SnO₂) بإذابة القصدير في حامض النتريك وحسب المعادلة التالية [28]:

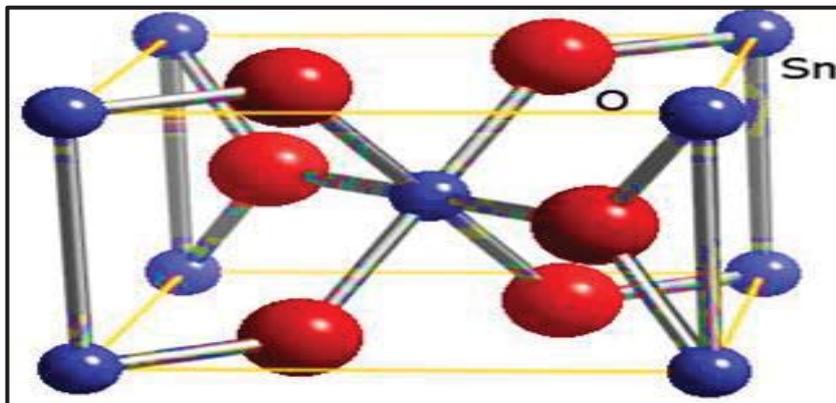


ويمكن الحصول على (SnO₂) وذلك بتسخين القصدير النقي في الهواء، وحسب المعادلة الاتية [29]:



الجدول (3-1): بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمادة ثنائي اوكسيد القصدير [29].

Symples	Colour	Crystal structure	M.Wight (g/mol)	Density (g/cm ³)	Melting Point (K)	Boiling Point (K)
SnO ₂	White	Tetragonal	150.69	6.95	2673	2903



شكل (8-1): التركيب البلوري لـ (SnO₂) [30]

(2-4-1) تطبيقات ثنائي اوكسيد القصدير Applications of (SnO₂)

يستخدم SnO₂ في الخلايا الشمسية والأجهزة الكهرو بصرية فضلاً عن أجهزة التحسس والكشف عن الغازات، وكذلك تطلّى به الادوات الزجاجية ونوافذ السيارات والطائرات لأنه يمتلك استقرارية حرارية عالية، وهو يمتلك صلابة ميكانيكية عالية وأكثر من صلابة الزجاج لذلك يستعمل لزيادة متانة بعض الاواني الزجاجية، وكذلك يمكن ان يستخدم في تصميم الاجهزة الباعثة للضوء فوق البنفسجي (UV) ودايود الليزر، كما يمكن استخدامه كمرشحات في المدى تحت الحمراء وتبقى شفافة في المدى المرئي [30,29].

(5-1) التشعيع Irradiation

هو عملية تعرض الجسم للإشعاع من مصادر مختلفة بما في ذلك المصادر الطبيعية. ويمكن أن يكون التشعيع باستخدام الاشعاعات المؤينة أو غير المؤينة، إذ يستعمل التشعيع بالاشعاع المؤين بشكل واسع لتحسين الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمواد والمنتجات التجارية. وكذلك في كثير من التطبيقات وخصوصاً في تعقيم الاغذية والسيطرة على تكاثر الحشرات والكائنات المسببة للأمراض. وتعدّ أشعة كاما الصادرة من النويدات المشعة، والإلكترونات النشطة من مسرعات الجسيمات، والأشعة السينية المنبعثة من حزم الإلكترونات ذات الطاقة العالية هي المصادر المناسبة من الاشعاعات المؤينة لهذه التطبيقات، لأنها يمكن أن تخترق سمكاً كبيراً من المواد الصلبة [32].

(5-1) الدراسات السابقة Previous studies

❖ حضر الباحث (Patil Vikas) وآخرون (2011) أوكسيد النيكل البلوري النانوي بتقنية الطلاء الدوراني الهلامي. تم تحضير أغشية NiO بدرجات حرارة مختلفة تتراوح من 400 إلى 700 درجة مئوية. أوضحت نتائج XRD أن اغشية NiO لها تركيب مكعبي بلوري نانوي جيد. بينت نتائج SEM أن سطح الاغشية لها شكل موحد والجسيمات النانوية، ويتراوح حجم الحبيبات حوالي (40-60 نانومتر) [33].

❖ حضر الباحث (Xia Wan) وآخرون (2013) سلسلة من عينات NiO على نطاق النانو مع أشكال وأحجام مختلفة من خلال طريقة (Hydrothermal)، جرى فحص تأثيرات ظروف التركيب بما في ذلك استخدام مواد متفاعلة قلوية مختلفة والمكلسنة عند درجات حرارة مختلفة على خصائص عينات

NiO. تم العثور على تكامل التركيب البلوري وبلورة NiO ليصبحا العوامل المحددة التي تؤثر على نشاط التحفيز الضوئي وعملية محفز NiO في تحلل الميثيلين الأزرق (MB). تحتوي عينة NiO بانها ذات التبلور الجيد وتبين ان حجم الحبيبات كان حوالي (100 نانومتر) [34].

❖ تمكن الباحث (W. Gang) وآخرون (2013) من تحضير حبيبات NiO النانوية باستخدام طريقة المحلول الهلامي عن طريق تغيير نسبة حمض الستريك إلى نترات النيكل. تم فحص العينات باستخدام تقنيات باستخدام (XRD, FTIR, TEM and XPS). وتبين أن النسبة المولية لحمض الستريك إلى نترات النيكل لها تأثير كبير على البنية البلورية وحجم الجسيمات في NiO. زيادة النسبة المولية لحمض الستريك إلى نترات النيكل مواتية لتشكيل جزيئات NiO الأصغر ضمن النطاق الذي تم اختياره. وتبين ان جسيمات NiO النانوية تمتلك المزيد من أنواع الأوكسجين السطحية O⁻. يشير اختبار النشاط إلى أن أنواع الأوكسجين السطحي O⁻ تلعب دورا حاسما في هيدروكسيل البنزين إلى الفينول مع بيروكسيد الهيدروجين كمؤكسد. قد ينشأ الموقع النشط من Ni²⁺ على سطح العينات، في حين أن NiO لا يساهم في تفاعل الهيدروكسيل [35].

❖ حضر الباحثان (K. Mahendraprabhu and P. Elumalai) (2014) المركب (Ni / NiO) النانوي بتقنية المحلول الهلامي sol-gel، باستخدام نترات النيكل وحامض الستريك كعامل تبلور. تم فحص العينات باستخدام تقنيات باستخدام (XRD, SEM, EDS and FTIR) تميزت العينات التي تم الحصول عليها من حيود الأشعة السينية (XRD)، وصور المجهر الإلكتروني الماسح، تأثير حامض الستريك على تكوين تركيبة Ni / NiO بشكل أساسي من خلال تغيير نسب الخلط لنترات النيكل وحمض الستريك (N:C) (1:1, 1:2, 1:4, 1:6 and 1:8) أكدت نتائج XRD أن العينات المركبة على خليط من Ni و NiO أو طور واحد من NiO. وبينت صور SEM أن المركبات كانت كروية في الشكل بمتوسط حجم حوالي 70 نانومتر لنسبة 1:1 مول وحوالي 40 نانومتر لعينات نسبة 1:8 مول. كانت العينات التي تم الحصول عليها تحتوي على خليط من النيكل والمغنطيس الحديدي والنيتروجين، بينما في نسب عالية من N: C مول، تتكون العينة من طور واحد تقريبا من NiO. يُعزى تكوين النيكل المغنطيسي إلى تقليل بعض كمية NiO بواسطة الكربون المتبقي [36].

❖ تمكن الباحث (Rahimi) وآخرون (2014) من تحضير حبيبات NiO النانوية بتقنية المحلول الهلامي sol-gel. المكلسنة عند 550 درجة مئوية لمدة 5 ساعات. تم تشخيص العينات المحضرة باستخدام تقنيات XRD و SEM، وتبين ان حبيبات NiO النانوية ذات تركيب متعدد التبلور ومن النوع المكعبي، ثم تمت دراسة Ni-porphyrin المثبت على سطح NiO وإمكانية استخدام المحفزات الضوئية التي تم الحصول عليها في تحلل صبغة الميثيلين الزرقاء تحت إشعاع مرئي. على التوالي [37].

❖ درست الباحثة (SHEENA, P.A) وآخرون (2015) تأثير التشعيع شعاع الإلكترون Electron Beam (EB) على الخصائص التركيبية و البصرية لحبيبات أكسيد النيكل النانوي (NiO). تم تصنيع الأنابيب النانوية بطريقة الترسيب الكيميائي. تم فحص العينات باستخدام تقنيات استخدام XRD، SEM ، FT-IR ورامان والتألق الضوئي (PL). وتبين أن القياس غير المتكافئ والعيوب وتغير حجم الجسيمات الناتج عن إشعاع EB الذي له تأثير كبير على فجوة الطاقة. علاوة على ذلك تبين أن تشعيع EB يؤدي إلى تحسين أداء الامتصاص البصري والنشاط الضوئي في أنابيب NiO النانوية لتطبيقات الإلكترونيات الضوئية والتطبيقات التحفيزية الضوئية. وتبين أنه يمكن تطوير NiO كمادة فوسفورية مناسبة للتطبيق في مصابيح LED ملونة قريبة من الأشعة فوق البنفسجية [38].

❖ استطاع الباحث (Shahzad. F) وآخرون (2015) من تحضير حبيبات NiO النانوية بواسطة تقنية المحلول الهلامي (sol-gel) تم إجراء تغيير في معاملات التحضير مثل درجة حرارة الكلسنة ووقت الكلسنة وقيمة الأس الهيدروجيني من أجل دراسة التأثير على حجم البلورات. تم تشخيص العينات المحضرة باستخدام XRD، SEM، FT-IR ورامان. اتضح أن حجم البلورات يعتمد بشكل أساسي على درجة حرارة الكلسنة بدلاً من قيمة الاس الهيدروجيني أو وقت الكلسنة [39].

❖ حضر الباحث (B. Kavitha) وآخرون (2016) حبيبات Nio النانوية بطريقة المحلول الهلامي Sol-Gel وتم صلب الجسيمات النانوية المركبة في درجات حرارة مختلفة. تم تحليل وتشخيص الحبيبات باستخدام تقنية حيود الأشعة السينية والمجهر الإلكتروني الماسح و (TGA). وقد تبين ان الحبيبات المحضرة ذات تركيب متعدد التبلور ومن النوع المكعب. مكن تحليل SEM للأغشية من استنتاج مفاده أن الأغشية المحضرة هي بلورات موحدة وخشنة وكبيرة وتكتل الجسيمات. تم فحص

الاستقرار الحراري للعينة من خلال التحليل الحراري الوزني Thermogravimetric analysis (TGA) الذي أظهر أن جسيمات NiO النانوية تشكلت بين 130-720 درجة مئوية.[40].

❖ درس الباحثان (S. Senobarria and A. Nezamzadeh) (2018) تأثيرات الاقتران ودرجة حرارة الكلسنة على نشاط التحفيز الضوئي لجسيمات النيكل والنحاس النانوية المحضرة بطريقة (sol-gel). المحلول الهلامي أظهر نظام CuO-NiO المقترن نشاط تحفيزي ضوئي أفضل من أشباه الموصلات NiO و CuO أحادية المكون. تم دراسة العينات المحضرة باستخدام تقنيات (FESEM، EDX، XRD، DRS و FT-IR) وتقنيات التحليل الطيفي للمقاومة الكهروكيميائية (EIS). تبين ان المحفز NiO-CuO وبنسبة مولية (1:1) والمكلسنة عند 800 درجة مئوية لمدة 4 ساعات ، أظهر أفضل نشاط تحفيزي ضوئي[41].

❖ حضر الباحثان (R. Sharma and K.Yadav) (2018) حبيبات (Ni_{1-x}Ag_xO) النانوية باستخدام تقنية المحلول الهلامي (sol-gel). لقد تم التحقيق من تأثير التطعيم على الخصائص التركيبية والبصرية لحبيبات NiO النانوية المطعمة بـ (Ag). وتبين من نتائج XRD ،تناقص حجم وحدة الخلية (Ag). عند زيادة نسبة التطعيم إلى X = 0.10 ، ويتقلص الحجم البلوري من (23 إلى 19) نانومتر. كما أظهرت صور FE-SEM أن الشكل الكروي لحبيبات NiO النقية سوف يتغير مع زيادة تركيز مادة التطعم (Ag) ، مما يؤدي إلى تكون اشكال غير منظمة. أظهرت نتائج فحص UV-Visible أن فجوة الطاقة الضوئية لعينة NiO النقية تبلغ (3.70 eV) [42].

❖ تمكن الباحث (Jafari) وآخرون (2019) من تحضير جزيئات أكسيد النيكل (NiO) النانوية (NPs) باستخدام طريقة محلول الهلامي sol-gel. تم دراسة تأثير الكلسنة بما في ذلك الهواء والأكسجين ودرجة حرارة الكلسنة (TA) على الخصائص التركيبية والمورفولوجية والمغناطيسية لـ NiO NPs باستخدام (XRD) (TEM)، ومقياس المغناطيسية لعينة الاهتزاز (VSM) ، حيث تم كلسنة NiO NPs عند درجات (400, 500, 600, 700 and 800 °C) تتغير الخصائص المغناطيسية لـ NPs نتيجة لزيادة حجم البلورات من حيث TA في كلا الوسيطين مختلفين. هذه الاختلافات تختلف حسب نوع الغلاف الجوي الصلب. في درجات الحرارة المنخفضة (TA < 600 درجة مئوية) ، فإن NPs التي تلدنت في الغلاف الجوي O₂ لها تبلور أعلى ومغنطة أقل. اما في درجات الحرارة المرتفعة ، تكون الخصائص الهيكلية والمغناطيسية للعينات في كلا الغلافين الجويين أكثر تشابهاً [43].

❖ حضر الباحث (P. Srinivasa Subbarao) واخرون (2020) جسيمات SnO_2 المطعمة بالنيكل (Ni) بطريقة المحلول الهلامي (Sol-gel). تم دراسة حبيبات SnO_2 النانوية المحضرة بالنيكل باستخدام XRD و (EDS). تم تقدير معدل الحجم البلوري باستخدام (TEM). تم إجراء الدراسات البصرية بواسطة مطياف UV-Vis. تم إجراء تحليل الاهتزازات باستخدام دراسات Raman الطيفية و FTIR. بينت فحوصات (SEM) ان متوسط حجم البلورات يتراوح من 6 إلى 9 نانومتر. [44].

❖ حضر الباحث (Bhaskar Varshney) واخرون (2020) المركبات النانوية SnO_2 و NiO و عند درجة حرارة منخفضة بطريقة المحلول الهلامي sol-gel المعدلة باستخدام الموجات فوق الصوتية. تم فحص العينات المحضرة لخصائصها باستخدام تقنيات توصيف مختلفة. بينت أنماط حيود الأشعة السينية (XRD) عن نقاوة العينات وطورها. وتبين ان معدل الحجم البلوري للمركبات النانوية يتناقص من 19.24 إلى 4.53 نانومتر مع زيادة تركيز NiO. اكدت صور المجهر الالكتروني الماسح SEM أن المادة لها مورفولوجيا مسامية، وأدى هذا التشكل المسامي إلى زيادة نسبة السطح إلى كتلة المادة. أظهرت أطياف الأشعة فوق البنفسجية المرئية التباين في فجوة الطاقة لـ SnO_2 / NiO / بنسب وزن مختلفة تتراوح من 3.49 إلى 3.25 فولت عند زيادة تركيز NiO في العينات. بينت نتائج التحليل الطيفي FT-IR تحولاً في القمم المتمركزة عند (545 cm) في أطياف مركب NiO/ SnO_2 النانوي [45].

❖ حضر الباحث (Adiba) واخرون (2020) جسيمات اوكسيد نيكل النانوية المكعبة الشكل بمتوسط حجم بلوري 21 نانومتر بطريقة (Sol-gel). تم تشخيص العينات باستخدام تقنية (XRD) و (FT-IR) (UV-Vis) لتحديد الخصائص التركيبية والبصرية للجسيمات النانوية المركبة. أكد تحليل XRD تكوين طور بلوري نقي للغاية، والتركيب البلوري لجزيئات NiO النانوية مكعب متمركز الوجة (F.c.c) وتبين من نتائج فجوة الطاقة البصرية أن حافة الامتصاص لهذه الجسيمات النانوية تقع ضمن المنطقة فوق البنفسجية ، مما يؤكد إمكانية استخدام هذه الجسيمات النانوية كمتصات انتقائية للطاقة الشمسية ومرايا حرارية شفافة [46].

❖ حضر الباحث (Lei Xu) واخرون (2020) مركب SnO_2/NiO ذو البنية النانوية بطريقة (Hdrothermal). وبينت نتائج التحليل الطيفي الكهروضوئي للأشعة السينية X-ray

photoelectron spectroscopy (XPS) ان اعلى قمة كانت (532.4 eV)، وأن وجود المركب SnO_2/NiO زاد من كمية الأوكسجين الممتص بشكل ملحوظ. أظهرت نتائج استشعار الغاز أن هذه الأطوار المختلطة SnO_2/NiO واعدة للغاية لتطبيقات مستشعر الغاز، حيث تم تحسين استجابة الغاز للفورمالديهايد بشكل كبير في استجابة الغاز والانتقائية عند درجة حرارة تشغيل تبلغ (230°C) يمكن أن يكتشف المستشعر المصنوع بواسطة مركب SnO_2/NiO ما يصل إلى 1 جزء في المليون من الفورمالديهايد عند 230°C ، والاستجابة المقابلة هي 1.57. أظهرت نتائج اختبارات الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعينات أن زيادة الحساسية والانتقائية تُعزى إلى شواغر الأوكسجين والترابط غير المتجانس بين SnO_2 و NiO [47].

❖ درست الباحثة (Rasha H. Ahmed) وآخرون (2021) تأثير تطعيم أغشية أكسيد النيكل (NPs) بنسبة (2 %) لكل من الزنك والقصدير والحديد والكوبالت والمغنيسيوم باستخدام تقنية الترسيب بالليزر النبضي Pulsed laser deposition (PLD) على ركائز زجاجية، واستخدم ليزر Nd-YAG النبضي بطول موجة (1064 nm). تم كلسنة جميع الأغشية بدرجة حرارة واحدة (573 K). تمت دراسة الخواص الكهربائية للأغشية المحضرة مثل التوصيل الكهربائي المستمر وطاقة التنشيط، وتبين أن زيادة درجة الحرارة تزيد من قيم التوصيل الكهربائي، كما أن قيمة التوصيل الكهربائي وتغير طاقة التنشيط حسب نوع مادة التطعيم المضافة. وتبين ان قيم طاقة التنشيط في بين درجات الحرارة (428 K - 308) ، وتم ايضا دراسة سلوك التطعيم بأوكسيد الجسيمات النانوية مع معادن مختلفة لدرجات الحرارة (308 - 428 K) [48].

❖ تمكن الباحث (Nosheen Shaukat) وآخرون (2021) من تحضير مزيج حبيبات أكسيد الفضة وأكسيد النيكل المطعمة بالنحاس. تم دراسة العينات المحضرة باستخدام تقنيات XRD. كشفت نتائج XRD أن حجم الجسيمات النانوية انخفض دون أي تغيير في التبلور بعد التطعيم. وتبين من خلال نتائج (UV-Vis) ان فجوة الطاقة تقل مع زيادة نسبة النحاس، فقلت من (1.50 eV إلى 1.17 eV) بالنسبة لاوكسيد الفضة (Ag_2O) ومن (2.29 eV إلى 2.08 eV) بالنسبة لاوكسيد النيكل (NiO) [49].

❖ تمكن الباحث (Ahmed M. Shano) وآخرون (2022) من تحضير حبيبات اوكسيد النحاس المطعمة بالنيكل باستخدام طريقة (Hydrothermal). تم دراسة العينات المحضرة باستخدام تقنيات XRD،

SEM و FT-IR. أكدت أطياف FTIR تكون جسيمات CuO النانوية. تم قياس أطياف الامتصاص البصري للجسيمات النانوية المحضرة باستخدام التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية-المرئية ودراسات للمعان الضوئي Photoluminescence (PL). يكشف الفحص الشامل لثابت العازل المعتمد على التردد عن التأثير الفريد للاستقطابات المختلفة. وفقاً للتجارب المغناطيسية ، كان للجسيمات النانوية المنتجة قيمة عزم مغناطيسية قصوى تبلغ (5.0 wt%) لحبيبات CuO المطعمة بالنيكل Ni. [50].

❖ تمكن الباحث (Alaa A.Sery) وآخرون (2022) من تحضير جزيئات SnO₂ و NiO النانوية. بالإضافة إلى ذلك تم دراسة تأثير النشاط التحفيزي الضوئي على الخواص التركيبية والبصرية للأكاسيد المُصنَّعة. كشفت نتائج XRD عن درجة نقاء عالية للأكاسيد المحضرة. أظهرت نتائج High Resolution Transmission Electron Microscopy (HR-TEM) جسيمات نانوية متناهية الصغر بمتوسط حجم (<10 nm) للأكاسيد المكلسنة عند (250 °C) زاد حجم الجسيمات حوالي (30–40 nm) للعينات المكلسة عند (750 °C). ونتائج مطيافية تشتت الطاقة بالأشعة السينية (EDX) Energy Dispersive X-Ray Analysis للعينات المطعمة وجود بدون أي شوائب. نتيجة التحليل الطيفي للانعكاس UV-visible Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV-DR) لأوكسيد القصدير المطعم بشكل مضاعف (Sn_{0.094}Ti_{0.03}Ni_{0.03}O₂) وأكسيد النيكل (Ni_{0.094}Ti_{0.03}Sn_{0.03}O) وفجوة الطاقة أقل (3.24 eV , 3.27 eV) على التوالي. وبينت نتائج طريقة (The fluorescence) probe لصبغة ((Coomassie Brilliant Blue dye R) CBBR) معدل تحلل ضوئي أعلى من الأكاسيد المحضرة بواسطة (Sonochemical) من طرق المحلول الهلامي. تم استكشاف النشاط التحفيزي الذي تم عرضه من عينات الصرف الصناعي والأفراد ، والأهم من ذلك أن هذه الأكاسيد قد تكون مرشحة مجدية للتحلل للملوثات العضوية [51].

Aim of The Work

(7-1) هدف البحث

تهدف الدراسة الحالية الى:

- 1- تحضير حبيبات أوكسيد النيكل النانوية غير المطعمة والمطعمة باوكسيد القصدير واوكسيد النحاس باستخدام طريقة المحلول الهلامي (Sol-Gel).
- 2- دراسة تأثير التطعيم باوكسيد القصدير واوكسيد النحاس على الخصائص التركيبية والبصرية للحبيبات المحضرة.
- 3- دراسة تأثير التشعيع على الخواص التركيبية والبصرية للعينات المحضرة . وذلك سعياً للحصول على حبيبات نانوية بمواصفات جيدة من خلال تحسين صفاتها الفيزيائية.
- 4- دراسة الخصائص التركيبية والبصرية لحبيبات أوكسيد النيكل NiO والنيكل Ni المحضرة بنسب مولارية مختلفة من نترات نيكل وحامض الستريك والمكلسنة بدرجات حرارة مختلفة والمحضرة بتقنية المحلول الهلامي (Sol-Gel) ولاستعمالها في صناعة السيراميك وفي شكل اللبيدات في إنتاج سبائك الصلب والنيكل ،وفي تحضير العديد من أملاح النيكل ومحفزات النيكل .