جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة ديالى
كلية العلوم
قسم الفيزياء

تحضير ودراسة بعض الخواص الفيزيائية لأغشية $Zn_{1-x}Al_xO$ الرقيقة ذات التراكيب النانوية

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

من قبل

رشا سامان محمد
بكالوريوس علوم فيزياء 2015 م

بإشراف

أ.م.د. جاسم محمد منصور أ.م.د. عمار عايش حبيب

1441 هـ 2020م

Republic of Iraq
Ministry of Higher Education and Scientific Research
University of Diyala
College of Science
Department of Physics

Preparation and characterization of some physical properties of $Zn_{1-x}Al_xO$ Nanostructures

A Thesis
Submitted to the Council of the College of Science-University of Diyala in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Physics

by

Rasha Saman Mohammed

B. Sc. in Physics (2015)

Supervised by

Asst.Prof. Dr.
Jasim Mohammed Mansoor

Asst.Prof. Dr.
Ammar Ayesh Habeeb

2020 A.D. **1441 A.H.**

(1-1) المقدمة (Introduction)

يعد الإشعاع الشمسي أحد أكثر مصادر الطاقة المتجددة المتاحة على الأرض، إلى جانب طاقة الرياح، الأمواج، الطاقة الكهرومائية، الكتلة الحيوية. تم تقريب كمية الإشعاع الشمسي التي تصل إلى الأرض كل عام تعادل ضعف الطاقة التي يتم الحصول عليها من جميع موارد الأرض غير المتجددة، يتم استخدام جزء ضئيل للغاية من الطاقة الشمسية المتاحة. زاد الطلب على مصادر الطاقة النظيفة في السنوات الأخيرة من تصنيع الخلايا الشمسية لتحويل الطاقة الشمسية مباشرة إلى كهرباء. تم أجراء الأبحاث في جميع أنحاء العالم لجعل تكنولوجيا الخلايا الشمسية أرخص وأكثر كفاءة من خلال استخدام تصميمات معمارية جديدة وتطوير مواد جديدة لتكون بمثابة ماصات ضوئية وناقلات شحن. تستخدم أغشية رقيقة من الأكاسيد الموصلة الشفافة (TCO) كقطب شفاف في الخلايا الشمسية وفي معظم الأجهزة الالكترونية مثل شاشات اللوحة المسطحة. يتم استخدام هذه الأغشية الرقيقة ذات فجوة الطاقة الواسعة، والمقاومة المنخفضة والشفافية العالية كمادة نافذة. ان أوكسيد الأنديوم المشوب بالقصدير كان يستخدم عمليا لمعظم تطبيقات الأقطاب الكهربائية الشفافة. الخواص الكهربائية والبصرية الجيدة لأوكسيد قصدير الأنديوم جعلته يستخدم بشكل واسع في التطبيقات العملية ولكن نظرا لقلة توفر الانديوم في الطبيعة فقد ارتفع أنتاج منتجات (ITO) لحل هذه المشكلة تم استخدام مركبات ثنائية مثل (ZnO, CdO, In_2O_3,SnO_2) كأغشية موصلة شفافة. لكن عدم استقرار هذه المركبات في درجات الحرارة المرتفعة يمنع استخدام القطب الكهربائي الشفاف للتطبيقات العملية [1]. لذا يتم تشويب هذه المركبات بسهولة ويتم التحكم في تركيبها الكيميائي في الطبقة الرقيقة للحصول على قطب شفاف أفضل[2,3]. تم استخدام أوكسيد الخارصين (ZnO) لكونه غير سام وغير مكلف ومتوفر بكثرة ولقدرته على أظهار خواص مشابهة لـ (ITO) يجعله مادة بديلة مناسبة [1]. يتأثرتركيب أغشية أوكسيد الخارصين بالعديد من العوامل منها: طبيعة مادة القاعدة المرسبة عليها الغشاء، إذ تم ترسيب أغشية أوكسيد الخارصين على قواعد مختلفة مثل السليكون، والياقوت الأزرق، وزرنيخ الكاليوم، الكوارتز، الزجاج، الفولاذ، وشرائح الالومينا، والمولبدنيوم، وأوكسيد المغنيسيوم [4,5]. ومن العوامل الأخرى المؤثرة على خواص هذه الأغشية وجود الشائبة، لذلك أغشية ZnO تشوب بعناصر مثل الألمنيوم (Al)، الانديوم (In)، والكاليوم (Ga)، والنحاس (Cu) لتعزيز خواصها التركيبية والبصرية والكهربائية ويعد التطعيم بالألمنيوم بصورة خاصة مناسبا لهذا الغرض. وان لأغشية ZnO المشوبة بالألمنيوم نفاذية عالية في المنطقة المرئية، ومقاوميه اقل من أغشية ZnO غير المشوبة، وفجوة طاقة بصرية يمكن إن يسيطر عليها بتغير كمية الألمنيوم [6] .

(2-1) الأغشية الرقيقة:- (Thin Films)

تعتمد الأجهزة الالكترونية الحديثة في عملها على مواد ذات خصائص فيزيائية وكيميائية خاصة بالمواد شبه الموصلة التي تمتلك خواص العوازل عند درجات الحرارة المنخفضة (الصفر المطلق) ولها القابلية على التوصيل الكهربائي عندما ترتفع درجة حرارتها إلى حد معين، كما إن دراسة خواص أية مادة على شكل أغشية رقيقة من المواضيع المهمة إذ يستخدم مصطلح الأغشية الرقيقة لوصف طبقة أو طبقات عدة (Layers) من ذرات المادة لا يتعدى سمكها مايكرو متر واحد أو عدة نانومترات، لأنها رقيقة وهشة (سهلة الكسر) لذا يجب ترسيبها على مادة صلبة مثل الزجاج أو السيلكون أو بعض الأملاح أو البوليمرات، إذ تمتلك الأغشية الرقيقة خصائص ومميزات لا تكون متوفرة بتركيب المواد الأخرى، فحقيقة سمكها المتناهي في الصغر وكبر نسبة السطح إلى الحجم منحتها تركيبا فيزياويا فريدآ ايضا هو تركيب أحادية البلورة أحيانا [7].

تعد فيزياء الأغشية الرقيقة إحدى الفروع المهمة في فيزياء الحالة الصلبة التي أسهمت في تطوير ودراسة أشباه الموصلات وأعطت فكرة واضحة عن العديد من الخصائص الفيزيائية للمواد. إذ تتكون المادة الصلبة بهيئة غشاء رقيق عند تحضيرها على شكل طبقات مرسبة على أساس صلب بإحدى الطرق الفيزيائية أو التفاعلات الكيميائية أو الكهروكيميائية[8]. تحظى الأغشية الرقيقة بعناية كبيرة لاستعمالها في عدة مجالات إذ تدخل في تصنيع العديد من مكونات الأجهزة الالكترونية الرقيقة، مرشحات التداخل والكواشف (Detectors)، وتستعمل في المجالات البصرية كتصنيع المرايا والألواح الزجاجية الحساسة للموجات الكهرومغناطيسية وتدخل في صناعة الدوائر الكهربائية المتكاملة، وتمتلك الأغشية الرقيقة خواص ومميزات قد لا تكون موجودة في الأنواع الأخرى من المواد، إن تركيب المادة بشكل غشاء رقيق يختلف عن تركيبها بشكلها الاعتيادي بعدة نقاط منها[9]:

- إن حجم البلورات في الأغشية الرقيقة أصغر من حجمها الطبيعي في المادة.
- الأغشية الرقيقة ممكن إن تحتوي على نسبة شوائب أعلى بكثير مما هو عليه في المادة بشكلها الطبيعي ناتجة من طريقة التحضير .
- الأغشية الرقيقة لها عيوب نقطية أكثر من بلورات المادة الطبيعية خصوصا عند درجات حرارة أعلى من (T=0k) بسبب الحركة الاهتزازية لذرات المادة في مواقعها محدثة بذالك عيوبا نقطية.

(3-1) اكاسيد التوصيل الشفافة (TCO):- (Transparent conductive oxides)

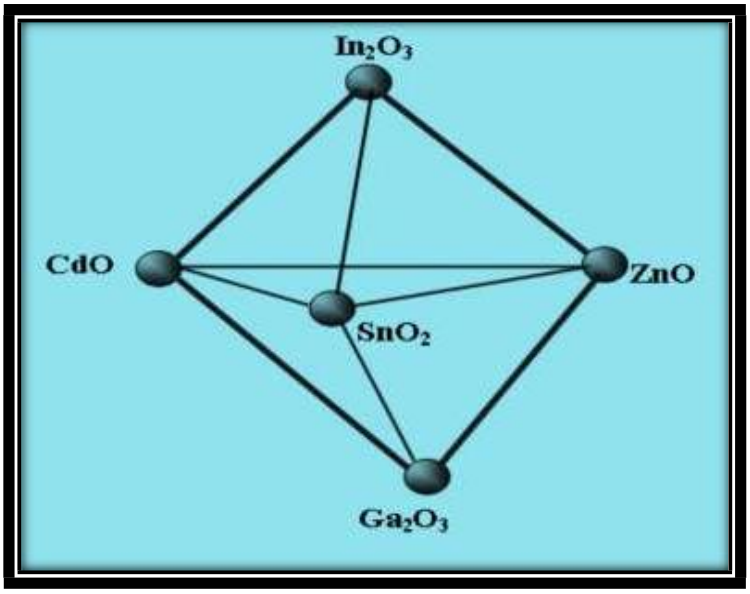
إحدى أهم أشباه الموصلات هي ما يسمى بأكاسيد التوصيل الشفافة (TCO) وهي مختصر لـ (Transparent conductive oxides)، هي عبارة عن أشباه موصلات مركبة مكونة من معدن متحد مع الأوكسجين أي أنها أشباه موصلات اوكسيدية إذ تجمع هذه المواد بين صفتين من أهم صفات الأجهزة الالكترونية إذ تتميز بارتفاع توصيليتها ونفاذيتها البصرية (شفافة) فيمتد طيف النفاذية فيها مابين nm(1500-400) بالرغم من كبر فجوة طاقتها إلا إن حزمة التوصيل تكون مليئة بالالكترونات الحرة بسبب الفراغات الأوكسجينية (Oxygen Vacancies) الناتجة عن عدم التوافق الجزيئي [10,11]. اكتشفت اكاسيد التوصيل الشفافة (TCO) في بداية القرن العشرين من قبل العالم Baedeker سنة 1907 إذ قام بتشكيل طبقة رقيقة من وكسيد الكادميوم (CdO)[12]، وكانت هذه الطبقة تمتاز بكونها موصلة وشفافة، كانت هذه أول ملاحظة ساهمت في ظهور موضوع جديد في البحث بحيث أدت البحوث إلى اكتشاف العديد من مواد (TCO)، منها (In_2O_3, ZnO:Al, $CdSnO_2$, ZnO:Sn) وأصبح الحصول على هذه المواد التي تمتلك أفضل شفافية للضوء المرئي وفي الوقت نفسه توصيلية جيدة هو التحدي الصناعي المهم [13]. تم تحضير طبقات رقيقة من أوكسيد الخارصين أول مرة في اليابان في عام1968، وبعدها تم تحسين الخواص الكهربائية والفيزيائية [12].

ان الاكاسيد الموصلة الشفافة هي مركبات ثنائية أو ثلاثية تحتوي على واحد أو اثنين من العناصر المعدنية. وهي عبارة عن أشباه موصلات لها فجوة طاقة تساوي أو تفوق (3 eV)، تكون جيدة التوصيل بحيث يكون توصيلها بحدود $10^3(\Omega.cm)^{-1}$، بالإضافة إلى الشفافية العالية 80%، ضمن المدى المرئي أي معامل خمود K يقارب 0.0001 [13].

(4-1)الخصائص الفيزيائية والكيميائية لأوكسيد الخارصين (ZnO)

(Chemical and Physical Properties of Zince Oxide (ZnO))

أوكسيد الخارصين النقي (ZnO) هو مادة شبه موصلة وأحد مركبات الخارصين الكيميائية، ينتمي إلى مجموعة أكاسيد التوصيل الشفافة يتميز بنفاذية عالية في المنطقة المرئية للطيف وانعكاسية في المنطقة تحت الحمراء، ويمتلك توصيلية كهربائية من النوع السالب (n-Type) [14,15]، والشكل (1-1) يبين المخطط التوضيحي لمجموعة من الأكاسيد الشفافة [16].



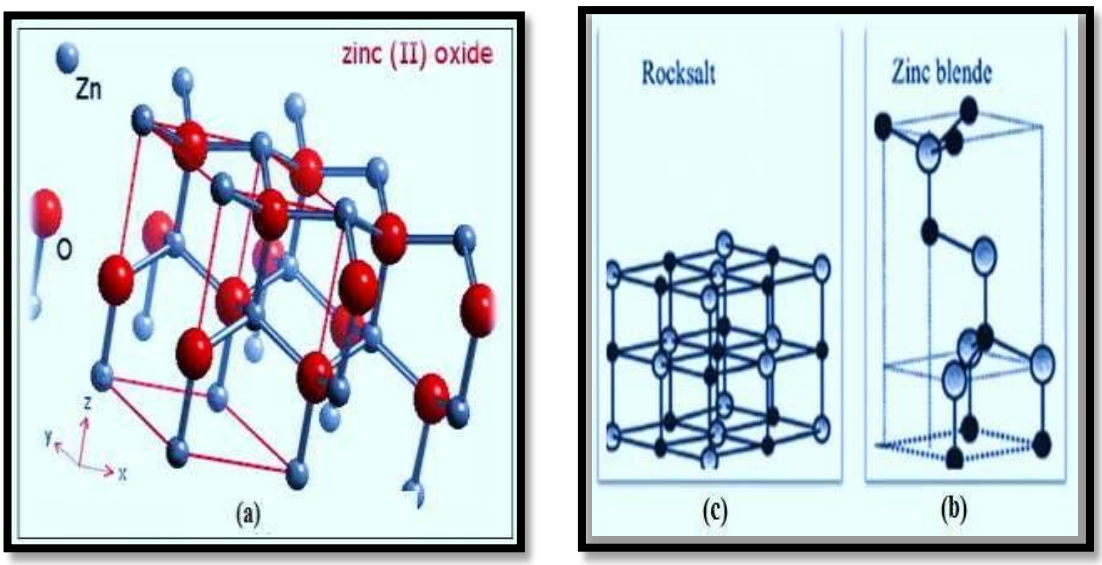
الشكل (1-1): مخطط توضيحي لمجموعة من اكاسيد الشفافة [16]

أوكسيد الخارصين (ZnO) هو مركب صلب أبيض اللون يصفر عند التسخين بسبب تشوهات الشبيكة، وهو مادة غير سامة بعكس مركبات الكادميوم، يحضر من حرق عنصر الخارصين في الهواء أو بواسطة التهشم الحراري لكاربوناته أو نتراته [17]. ويستعمل أوكسيد الخارصين (ZnO) في صناعة الخزف ويستخدم سائلا او كريما لتجميل البشرة او الشعر ويستخدم كمرهم طبي في تعجيل التئام الجروح [18]. ان التركيب البلوري لأوكسيد الخارصين يكون على ثلاثة أنواع:

a- سداسي متراص (Wurtzite Hexagonal) كما في الشكل (a 1-2).

b- مكعب من النوع ركائز الخارصين (Zinc Blende) كما في الشكل (1b-2).

c- مكعب ملح صخري (Rock Salt) كما في الشكل (1c-2). والشكل(1-2) يبين التراكيب البلورية لأغشية (ZnO) [19,20].



الشكل (1-2): التراكيب البلورية لأكاسيد الخارصين (ZnO).(a) تركيب بلوري السداسي [19].
(b) مكعب ركائز الخارصين[17].(c) مكعب ملح صخري [20].

يكون التركيب السداسي المتراص أكثر استقرارا (الاستقرار الكيميائي) ويشبه في تركيبه التركيب البلوري للمجموعة (الثانية – السادسة) [II-VI] لأشباه الموصلات [19]، إذ يمكن جعل مركب ركائز الخارصين مستقرا عند تنميته على قواعد ذات تركيب مكعب[20]. للتركيب السداسي المتراص لأوكسيد الخارصين وحدة خلية ذات ثوابت شبيكة(a=3.24°A) و(c= 5.19°A) [21]. الجدول (1-1) يبين الخصائص الفيزيائية والكيميائية لأوكسيد الخارصين (ZnO)[22].

الجدول (1-1): الخصائص الفيزيائية والكيميائية لأوكسيد الخارصين (ZnO) [22].

Properties	**Value**
Formula Weight(g)	81.389
Crystal Structure	Hexagonal & Cubic
Melting Point (°C)	1975
Density (g/cm^3)	5.60
Color	White
Ionic Radius (Å)	0.74

(1-5) الخواص الفيزيائية والكيميائية للألمنيوم:-

(Chemical and Physical Properties of Aluminum)

يستعمل الألمنيوم في تقنية الأغشية الرقيقة كمادة شائبة للأغشية المحضرة، وكذلك لصنع الأقطاب الكهربائية لغرض التوصيل الأومي مع الدائرة الخارجية. الألمنيوم عنصر ثلاثي التكافؤ وعند درجة حرارة الغرفة فأن الألمنيوم ذو النقاوة (99.995%) يمتلك مقاومية كهربائية مقدارها($2.65x10^{-8}\Omega.m$)، تعتمد التوصيلية الكهربائية بقوة على طبيعة الشوائب داخل المادة وتركيزها، انعكاسية سطح الألمنيوم الصقيل للضوء تكون أكثر من (95%) للأطوال الموجية من (0.9-12)µm وأنها تقل إلى (70%) للأطوال الموجية الأقل من (0.2µm). يعد عنصر الألمنيوم ثالث أكثر العناصر وفرة على الأرض بعد الأوكسجين والسليكون ويمتلك خواص فريدة فهو خفيف الوزن وقوي ومقاوم للتأكل. يرمز له بالرمز (Al) ويقع في المجموعة الثالثة من الجدول الدوري. وأن العدد الذري له (13)، وهو مقاوم للتأكل يتبلور الألمنيوم بصيغة (Fcc) وأن كل ذرة تمتلك العدد نفسه من ذرات الجوار الأول، طول الآصرة بين ذرتين متجاورتين مقدارها (2.863Å) وعامل الرص يساوي (0.74). وهو ذو لون (فضي - ابيض) اعتمادا على نسبة الشوائب إذ يصنف الألمنيوم إلى نوعين هما فائق النقاوة والأخر يسمى الألمنيوم التجاري، إذ يمكن تحويل النوع الثاني إلى الأول عن طريق التنقية. كثافة الألمنيوم قليلة تقدر بنحو ($2.7\ g/cm^3$) ذات انعكاسية وتوصيلة وكهربائية وحرارية عالية [23].

الجدول (1-2) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعنصر الألمنيوم[23].

Properties	Value
Atomic weight(g/mol)	26.981
Phase	Solid
Melting point	933.47K (660.32 °C)
Boiling Point	2743 K (2470 °C)
Density (Solid) $g.cm^{-3}$	2.70 (at 0°C,101.325 KPa)
Density (liquid)	2357 $kg.m^{-3}$ at 973K
Molar heat capacity	24.20
Crystal structure	Fcc
Electrical resistivity Ωm	$2.655x10^{-8}$

(6-1) الدراسات السابقة: (Literature Review)

* درس الباحث (Shrestha) واخرون في عام 2010 الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لأغشية (ZnO) غيرالمشوبة والمشوبة بـ (Al) بنسب تشويب (0, 1, 2,and % 4) والمرسبة على قواعد زجاجية بطريقة السائل الهلامي تقنية الطلاء المغزلي وبينت فحوصات (XRD) إن ألأغشية متعددة التبلور بشكل سداسي وبإتجاه تفضيلي (002) وتبين من خلال الفحص البصري أن فجوة الطاقة تزداد بزيادة نسبة التطعيم (3.11eV – 3.05 eV) وتبين من خلال فحص (SEM) أن مسامية الأغشية تزداد مع زيادة عدد الطبقات والحجم الحبيبي يقل بزيادة التطعيم [24].
* درست الباحثة (Agili) واخرون في عام 2010 الخواص التركيبية والبصرية لأغشية أوكسيد الخارصين (ZnO) غيرالمشوبة والمشوبة بـ (Al) بنسب تطعيم (1, 2, 3%) بتقنية التحلل الكيميائي الحراري على قواعد زجاجية بدرجة حرارة (420 ºC) ولقد تبين من خلال فحص (XRD) إن هذه الأغشية متعددة التبلور وبتركيب سداسي متراص بالاتجاه السائد (002) وقد تبين من خلال الفحص البصري أن معدل النفاذية (80%) في المنطقة المرئية وفجوة الطاقة تزداد بزيادة نسبة التركيز لـ (Al) من (3.28 eV) إلى (3.3 eV)[25] .
* حضر الباحث (Tewari) وآخرون في عام 2011 أغشية (ZnO) غيرالمشوبة والمشوبة بـ (Al) بتقنية التحلل الكيميائي الحراري وبنسب تشويب (0, 0.5, 1, 1.5%) ورسبت على قواعد زجاجية بدرجة حرارة (410 ºC) وبينت نتائج (XRD) أن الأغشية المحضرة متعددة التبلور ومن النوع السداسي المتراص وبالاتجاه السائد (101) ماعدا نسبة التشويب (0.5%) يكون الاتجاه السائد هو (002) ووجد من خلال الفحوصات البصرية أن نفاذية الأغشية المحضرة تزداد بزيادة التشويب بينما الامتصاصية تقل وأن قيم فجوة الطاقة البصرية تزداد بزيادة نسبة التشويب (3.1 eV-3.20 eV)[26] .
* حضر الباحث (Aggarwal) واخرون في عام 2012 أغشية (ZnO) غيرالمشوبة والمشوبة بـ (Al) بطريقة (Sol-Gel) تقنية الطلاء المغزلي ورسبت على زجاج البايركس وجد من خلال الفحوصات التركيبية أن الأغشية متعددة التبلور بشكل سداسي ولها اتجاه تفضيلي (002) ووجد من خلال الفحوصات البصرية أن النفاذية لأغشية (ZnO) النقية (96%) ولكن عند التشويب تقل النفاذية إلى (72%) ضمن المدى nm(800-400) والامتصاصية تتجه نحو الأطوال الموجية القصيرة وفجوة الطاقة تزداد بزيادة التشويب[27].

* حضر الباحث (Lakshmipriya) في عام 2012 أغشية رقيقة من (ZnO) ورسبت على قواعد زجاجية بطريقة(Sol-Gel) بتقنية الطلاء المغزلي وبتراكيز مختلفة لـ(Zn) وبمعدلات دوران مختلفة وتم فحص الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية (ZnO) ووجد أن الأغشية المحضرة متعددة التبلور وله اتجاه تفضيلي (002) والحجم الحبيبي يقل بزيادة سرعة الدوران، ووجد إن فجوة الطاقة تزداد بنقصان تركيز (Zn) وزيادة سرعة الدوران ووجد أن النفاذية البصرية (80%)[28].
* درس الباحث (Li) وآخرون في عام 2012 الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية (ZnO) غيرالمشوبة والمشوبة بالألمنيوم(Al)، وبينت النتائج أن الأغشية لها تركيب سداسي متراص (Hexagonal Wurtzite) وبالأتجاه التفضيلي (002)، وان النفاذية البصرية للأغشية المحضرة اكبرمن (90%) [29].
* قام الباحث (Salam) واخرون في عام 2013 بتحضير أغشية أوكسيد الخارصين غيرالمشوبة والمشوبة بالألمنيوم بنسب تشويب (0, 1, 2%) بتقنية الطلاء المغزلي ووجد من خلال فحوصات البصرية أن فجوة الطاقة تزداد بزيادة التشويب (3.35eV – 3.41eV) والنفاذية تقل بزيادة التشويب [30].
* قام الباحث (Pohrebnjak) واخرون في عام 2013 بترسيب أغشية (ZnO) غيرالمشوبة والمشوبة بـ(Al) بنسب تشويب (% 1,3,5) على قواعد زجاجية بتقنية الطلاء المغزلي بينت فحوصات (SEM) أن متوسط الحجم الحبيبي ينخفض مع زيادة تركيز Al ووجد من خلال فحوصات (XRD) أن الأغشية متعددة التبلور ولها أتجاه تفضيلي (002) ويلاحظ النقصان في شدة القمم مع زيادة تركيز (Al)، وتبين من خلال الفحوصات البصرية أن قيم فجوة الطاقة تزداد بالتطعيم بين (3.42 eV- 3.18 eV)، والنفاذية أعلى من (80%) [31].
* درس الباحث (Ganesh) وأخرون في سنة 2013 الخواص التركيبة والبصرية لأغشية Zno غير المشوبة والمشوبة بـ(Al) بنسب تشويب (0, 1.5, 2, 4,and 5%) والمرسبة على قواعد زجاجية بتقنية الطلاء المغزلي حيث بينت نتائج فحوصات XRD أن الأغشية متعددة التبلور بتركيب سداسي له اتجاه (002) ومعدل الحجم الحبيبي يقل بالتشويب، وبينت الفحوصات البصرية أن الامتصاصية تزداد عند التشويب بنسبة (1.5%) وتبدأ تقل بزيادة التراكيز بـ Al وفجوة الطاقة تزداد بزيادة تركيز التشويب[32].

* درس الباحث (Foo) وآخرون في عام 2014 باستخدام مذيبات مختلفة لتحضير أوكسيد الخارصين بتقنية الطلاء المغزلي ودراسة تغير المذيبات على الخواص التركيبة والبصرية إذ استخدم الميثانول (MeOH)، الايثانول (EtOH)، ايزوبروبيل الكحول (IPA)، 2- ميثوكسي أيثانول وكان لتأثير تغير المذيبات المختلفة هو أن الغشاء المحضر باستخدام 2-ميثوكسي أيثانول له أقل حجم حبيبي ومتعدد التبلور وله اتجاه على طول المحور(C – axis) (002) وأقل خشونة وأعلى فجوة طاقة eV (3.28) وله أعلى نفاذية أكبر من (90%) أما الغشاء المحضر باستخدام الكحول له اتجاه تفضيلي للمحور (101)[33].
* درس الباحث (Mohroug) وأخرون في عام 2014 الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية (ZnO) غير المشوبة والمشوبة بالألمنيوم (Al) بنسب تشويب (0, 1, 5, 7%) المحضرة بطريقة (Sol-Gel) تقنية الطلاء المغزلي، بينت فحوصات (XRD) أن الأغشية المحضرة لها تركيب سداسي متراص (Hexagonal Wurtzite) وبأتجاه تفضيلي (002)، ووجد ان الحجم البلوري 25nm للأغشية غير المشوبة، وبينت الفحوصات البصرية أن نفاذية الأغشية المحضرة حوالي (95%) في المنطقة المرئية وفجوة الطاقة تزداد (3.25 eV - 3.29 eV) بزيادة نسبة التشويب[34].
* قام الباحث (Vidap) وآخرون في عام 2015 بتحضير أغشية (ZnO) المشوبة بـ(Al) باستخدام تقنية الطلاء المغزلي، بينت فحوصات (XRD) إن الأغشية لها تركيب سداسي بأتجاه تفضيلي (002) وكانت معلمات الشبيكة (a,c) تقل بزيادة تركيز (Al)[35].
* درس الباحث (Raghu) واخرون في سنة 2017 الخواص التركيبة والبصرية لأغشية(ZnO) غيرالمشوبة والمشوبة بـ (Al) ووجد من خلال فحوصات التركيبية أن ألأغشية متعددة التبلور ولها شكل سداسي باتجاه تفضيلي (002) على طول المحور (C – axis) وتبين من خلال الفحوصات البصرية أن فجوة الطاقة تزداد بالتشويب بـ (Al) [36].
* درس الباحث (Maache) واخرون في عام (2017) الخواص التركيبية والبصرية لأغشية (ZnO) غيرالمشوبة والمشوبة بـــ (Al) بنسبة تطعيم (0, 1, 2, and 3%) المرسبة على قواعد من الزجاج بتقنية الطلاء المغزلي وبينت فحوصات (XRD) أن الأغشية لها تركيب سداسي واتجاه تفضيلي (002) وبينت الفحوصات البصرية أن النفاذية أكبر من (75%) وفجوة الطاقة تقل عند إضافة (Al)، وأن الحجم الحبيبي لهذه الأغشية nm (27.66) ولها سطح متجانس[37].
* درس الباحث (Jannane) واخرون في عام 2017 الخواص التركيبية والبصرية والكهربائية لأغشية (ZnO) غيرالمشوبة والمشوبة بـــ(Al) بنسب تشويب (0, 1, 2, 3, 4, and 5%)

المرسبة على قواعد زجاجية بتقنية الطلاء المغزلي وبينت فحوصات (XRD) أنها متعددة التبلور بشكل سداسي لها أتجاه تفضيلي (002) وعند زيادة التشويب بـــ Al فأن الحجم البلوري يقل ووجد من خلال الفحوصات البصرية أن النفاذية (85%) وهي تقل بزيادة التشويب وفجوة الطاقة تزداد بزيادة تركيز الألمنيوم[38] .

* قام الباحث (Muchuweni) وآخرون في عام 2017 بدراسة الخواص التركيبية والبصرية لأغشية (ZnO) المحضرة بطريقة رذاذ الأنحلال، بينت فحوصات XRD ان الأغشية المحضرة لها تركيب سداسي بأتجاه تفضيلي (002) ومعدل الحجم الحبيبي (24nm) وكثافة انخلاعات ($1.7x10^{-3}nm^{-2}$) وبينت فحوصات (SEM) طبيعة الاغشية الحبيبية المكونة من جسيمات متناهية الصغر بشكل قضيب وكرة متكتلة[39].
* قام الباحث (Tonny) وآخرون في عام 2018 بتصنيع أغشية رقيقة من (ZnO) المشوبة بـ (Al) باستخدام طريقة (Sol-Gel) بتقنية الطلاء المغزلي ودراسة التغيرات في الخصائص البصرية والهيكلية وتم دراسة السمك. إذ وجد من خلال فحص XRD إن للأغشية المحضرة اتجاه تفضيلي على طول المحور (C – axis) (002). النفاذية (T) لأغشية ZnO:Al تنخفض من حوالي (82٪ إلى 62٪) في المنطقة المرئية بزيادة السمك. وقد وجد أن الحجم الحبيبي (D) لأغشية ZnO المشوبة بـ(Al) يزداد من nm(25.25 - 19.9) مع زيادة سماكة الأغشية[40].
* درس الباحث (Lee) وأخرون في عام 2018 بدراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية (ZnO) غير المشوبة والمشوبة بـ (AL) بتقنية الطلاء المغزلي، بينت فحوصات (XRD) أن الحجم البلوري وثوابت الشبيكة تتناقص بزيادة تركيز (Al) وبينت فحوصات (FE-SEM) أن الحجم الحبيبي يتناقص بزيادة تركيز (Al)، وبينت الفحوصات البصرية أن الأمتصاصية البصرية تزداد بزيادة تركيز (Al) [41].

(7-1) الهدف من الدراسة:- (Aim of the study)

يهدف البحث الحالي إلى تحضير أغشية رقيقة من أوكسيد الخارصين (ZnO) غير المشوبة والمشوبة بالألمنيوم (Al) وبنسب تشويب مختلفة (2, 4, 6, and 8%) بطريقة الـ(Sol-Gel) تقنية الطلاء المغزلي ومن ثم دراسة تأثير التشويب والسمك على الخصائص التركيبية والبصرية للأغشية المحضرة كافة وذلك للحصول على غشاء ذو موصفات جيدة وخصوصا في منطقة الطيف المرئي لما تتمتع بها هذه المنطقة من تطبيقات عملية. ومن ثم مقارنة نتائج القياسات التركيبية والبصرية.