الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر. الوادي

كلية التكنولوجيا

مذكرة نهاية الدراسة لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

مجال: العلوم والتكنولوجيا
شعبة: هندسة الطرائق
تخصص: هندسة كيميائية

إعداد الطلبة:

قيطوبي حسام

خلايفة عبد العالي

الموضوع

Préparation d'électrodes modifies par voie électrochimique

نوقشت يوم: 2018/06/17

لجنة المناقشة:

مصباحي محمد عادل	جامعة الشهيد حمه لخضر. الوادي	الرئيس
شعبية ناصر	جامعة الشهيد حمه لخضر. الوادي	المشرف
بوضياف موسى	جامعة الشهيد حمه لخضر. الوادي	المناقش

2019/2018

إلى من علمني النجاح و الصبر... إلى من علمني العطاء بدون انتظار... أبي.

إلى من علمتني و عانت الصعاب لأصل إلى ما أنا فيه... إلى من كان دعاؤها سر نجاحي و حنانها بلسم جراحي... أمي.

إلى جميع أفراد أسرتي العزيزة و الكبيرة كل باسمه أينما وجدوا.

إلى ملاكي في الحياة أينما كان.

إلى أصدقائي رفقاء دربي من داخل الجامعة و خارجها.

إلى الأستاذ المشرف الدكتور شعبية ناصر، إلى أساتذتي الكرام الذين أناروا دروبنا بالعلم و المعرفة.

إلى كل من يقتنع بفكرة فيدعو إليها و يعمل على تحقيقها، لا يبغي بها إلا وجه الله و منفعة الناس.

إليكم أهدي ثمرة هذا العمل.

شكر وتقدير

أرى لزاما علي تسجيل الشكر و إعلامه و نسبة الفضل لأصحابه، استجابة لقول النبي ﷺ: **«من لم يشكر الناس لم يشكر الله».**

و كما قيل :

علامة شكر المرء إعلان حمـده فمن كتم المعروف منهم فما شكر

فالشكر أولا لله عز و جل على أن هداني لسلوك طريق البحث و التشبه بأهل العلم و إن كان بيني و بينهم مفاوز.

كما أخص بالشكر أستاذي الكريم و معلمي الفاضل المشرف على هذا البحث الدكتور شعبية ناصر، فقد كان حريصا على قراءة كل ما أكتب ثم يوجهني إلى ما يرى بأرق عبارة و ألطف إشارة، فله مني وافر الثناء و خالص الدعاء.

كما أشكر السادة الأساتذة و كل الزملاء و كل من قدم لي فائدة أو أعانني بمرجع، أسأل الله أن يجزيهم عني خيرا و أن يجعل عملهم في ميزان حسناتهم.

.....حسام /عبد العالي.....

فهرس المحتويات

الإهداء	
الشكر والعرفان	
قائمة الأشكال	
قائمة الجداول	
قائمة الرموز	
مقدمة عامة	1
الفصل الأول : أشباه النواقل	
I -1- عموميات على أشباه الموصلات	2
I -2- تعريف أشباه الموصلات	2
I-3 - أهم استخدامات أشباه النواقل	2
I-4 - الأكاسيد الناقلة الشفافة	3
I- 5- أكسيد الزنك (ZnO)	4
I -5-1- خصائص أكسيد الزنك	4
I -5-1-1- الخصائص البنيوية	4
I -5-1-2- الخصائص الضوئية	5
I -5-1-3- الخصائص الكهربائية لأكسيد الزنك(ZnO)	6
I -5-2- تطبيقات أكسيد الزنك	7
I- 6- آليات تشكل الطبقات الرقيقة	7
I- 6-1- تمهيد	7
I- 6-2- مرحلة توضع الذرات	8
I- 6-3- مرحلة التجمع (الالتحام)	8
I- 6-4- مرحلة النمو	9
الفصل الثاني: طرق الترسيب وتقنيات التحليل	
II -1- الطبقات الرقيقة	11
II -1-1- تمهيد	11
II -1-2- مفهوم الطبقات الرقيقة	11

II -3-1- طرق توضع الطبقات الرقيقة	12
II - 2 - التقنيات الكهروكيميائية المستخدمة	12
II -1-2- الفولطامتري الحلقي Voltampérométrie cyclique	12
II -2-2- الكرونوامبيرو متري Chronoampérométrie	13
II -3-2- الأجهزة الكهروكيميائية المستخدمة	14
II -1-3-2- الخلية الكهروكيميائية المستخدمة	14
II -2-3-2- الأقطاب	15
II -1-2-3-2- قطب المرجع (ER)	15
II -2-2-3-2- قطب المساعد (AE)	15
II -3-2-3-2- قطب العمل (WE)	16
II -4-2-3-2- تحضير قطب العمال	16
II - 3 - تقنيات تحليل الأغشية الرقيقة	17
II -1-3- حيود الأشعة السينية	17
II -2-3- الأشعة تحت الحمراء (IR)	18
II -3-3- الأشعة فوق البنفسجية	19
II -1-3-3- طاقة الفجوة البصرية	21
I -2-3-3- طاقة اورباخ	22
الفصل الثالث: دراسة وتحليل النتائج	
III -1- مقدمة	23
III -2- تحضير المحاليل بطريقة كهروكيميائية	23
III-2-1-في وسط حامضي	24
III-2-2- في وسط قاعدي	24
III-2-3- في وسط ملحي	24
III-3- تحضير المحلول بطريقة كيميائية	26
III-4- طريقة الكرونوامبيرومتري (CA)	27

III-5- الدراسة البصرية	28
III-5-1- تحديد الفاصل الطاقي لطبقات الرقيقة لأكسيد الزنـك	30
III-5-2-طاقة أورباخ	31
III-6- دراسة المجموعات الوظيفية	32
III-7- دراسة الخصائص البنيوية	34
III-6-1- الحجم الحبيبي	35
III-7- دراسة ممانعة المحلول	36
III-8- اختبار لقطب محضر بطريقة الكرونوامبيرومتري	37
III-8-1- اختبار مع مشتق الفيروسان	37
III-8-2- اختبار مع محلول يحتوي على شوارد معادن ثقيلة	38
خاتمة	40

قائمة الاشكال

الشكل **(I-1):** التركيب البلوري المتراص لأغشية أكسيد الزنك.....الصفحة 5

الشكل **(I-2):** نفاذية أكسيد الزنك للأفلام مطعمة باختلاف درجات الحرارة..... الصفحة 5

الشكل **(I-3):** رسم تخطيطي لعرض فجوة أكسيد الزنك..... الصفحة 6

الشكل **(I-4):** مخطط لمرحلة التنويه لتشكل شريحة رقيقة..... الصفحة 8

الشكل **(I-5):** مخطط يوضح مرحلة التجمع (الالتحام) بين النوى..... ...الصفحة 9

الشكل **(I-6):** مخطط مرحلة نمو الطبقات الرقيقة..... الصفحة 9

الشكل **(I-7):** مخطط لمختلف أنماط نمو الطبقات الرقيقة..... الصفحة 10

الشكل **(II-1):** الطرق الفيزيائية و الكيميائية لترسيب الأغشية الرقيقة.....الصفحة 12

الشكل **(II-2):** المنحنى العام الفولطامتري الحلقي..... الصفحة 13

الشكل **(II-3):** خلية كهر وكيميائية ثلاثية الأقطاب..... الصفحة 14

الشكل **(II-4):** قطب المرجع (ER)..... الصفحة 15

الشكل **(II-5):** قطب البلاتين المساعد(AE)..... الصفحة 16

الشكل **(II-6):** قطب العمل (ITO)..... الصفحة 16

الشكل **(II-7):** صورة للجهاز Voltalab PGZ301..... الصفحة 17

الشكل **(II-8):** طيف موجة الأشعة السينية..... الصفحة 18

الشكل **(II-9):** جهاز الأشعة تحت الحمراء(IR)..... الصفحة 19

الشكل **(II-10):** يوضح جهاز الأشعة فوق البنفسجية Shimadzu 1800. ..... الصفحة 19

الشكل **(II-11):** يوضح التمثيل التخطيطي للتحليل الطيفي في المجال الفوق البنفسجي..... الصفحة 20

الشكل **(II-12):** طيف النفاذية لأكسيد الزنك الغير مطعم بدلالة الطول الموجي..... الصفحة 21

الشكل **(II-13):** منحنى يبين تحديد قيمة طاقة اورباخ لأكسيد الزنك (عملنا)..... الصفحة 22

الشكل**(III-1)**: تحضير محلول بطريقة كهروكيميائي..... الصفحة 23

الشكل**(III-2)**: منحنى الكرونوامبيرومتري للترسيب الكهروكيميائي ل ZnO على ITO لمحلول محضر بطريقة كيميائية..... الصفحة 28

الشكل**(III-3)**: منحنى الكرونوامبيرومتري للترسيب الكهروكيميائي ل ZnO على ITO لمحلول محضر بطريقة كهروكيميائية ..... الصفحة 28

الشكل**(III-4)**: أطياف النفذية لطبقة ZnO..... الصفحة 30

الشكل**(III-5)**: يوضح كيفية تحديد طاقية الفجوة لأكسيد الزنك..... الصفحة 31

الشكل**(III-6)**: منحنى يبين طاقة اورباخ..... الصفحة 32

الشكل**(III-7-8)**: طيف الاشعة تحت الحمراء (ITO/ZnO)..... الصفحة 33

الشكل**(III-9)**: طيف انعراج الأشعة السينية لغشاء(ZnO) المطعم (ITO)..... الصفحة34

الشكل**(III-10)**: تحديد عرض منتصف الارتفاع β..... الصفحة 35

الشكل**(III-11)**: منحنى الممانعة للمحلول محضر بطريقة كهروكيميائية..... الصفحة 36

الشكل**(III-12)**: دراسة محلول في مجال E=[0,1000]mV/ECS بسرعة مسح v=30mV/s..... الصفحة 37

الشكل**(III-13)**: دراسة محلول في مجال E=[0,1000]mV/ECS بسرعة مسح v=30mV/s..... الصفحة 37

الشكل**(III-14)**: منحنى فولطامتري الحلقي لقطبITO/ZnO في المحلول المحضر.....الصفحة 38

الشكل**(III-15)**: منحنى فولطامتري الحلقيITO في المجال [1000،1000-] و بسرعة V=30mV/s..... الصفحة 39

الشكل**(III-16)**: منحنى يوضح الفولطامتري الحلقي بين ITO وITO/ZnO.... الصفحة 39

الشكل**(III-17)**: : منحنى فولطامتري الحلقي 10حلقات لقطبITO/ZnO في المحلول.....الصفحة 39

قائمة الجداول

الجدول **(I-1):** الخصائص الفيزيوكيميائية لأكسيد الزنك 4

الجدول (III-1) : يوضح بعض الشروط التجريبية و نتائج الترسيب الكهروكيميائي.....28

الجدول (III-2) يمثل متوسط قيم نفاذية الطبقات الرقيقة ل ZnO في المجال المرئي.....29

الجدول(III-3) : يعرض تحديد الطاقة الفجوة للطبقات الرقيقة لأكسيد الزنك.....30

الجدول (III-4):يبين قيم طاقة اور باخ لأغشية أكسيد الزنك.....32

الجدول (III-5) : يبين ملخص النتائج المتحصل عليها من أطياف انعراج الاشعة السينية (XRD).....35

الاكاسيد الناقلة الشفافة	TCO_S
اكسيد الانديوم المطعم بالقصدير	ITO
اكسيد الزنك	ZnO
طاقة الفجوة	E_g
نطاق التكافؤ	BV
نطاق التوصيل	BC
قطب المرجع	RE
قطب المساعد	AE
قطب العمل	WE
الكتلة المولية	M
الكتلة المركب	m
الحجم	V
قطب كالومال المشبع	ECS
قطب الهيدروجين القياسي	ESH
الفولطامتري الحلقي	CV
سرعة المسح	v
النفاذية	T
طول الموجة	λ
زاوية الانعراج	θ
التيار	I
الجهد	E

مقدمة عامة

مقدمة عامة

تحتل تكنولوجيا أشباه النواقل دورا بالغ الأهمية في حياتنا اليومية ويرجع ذلك الى خواصها المميزة التي جعلتها واحدة من أهم المواد ،ومن أهم أشباه النواقل نذكر على وجه الخصوص الاكاسيد الشفافة الناقلة (TCO) التي تعدمن المواد الأساسية التي تدخل في صناعة الطبقات الرقيقة ،حيث جذبت هذه الأخيرة اهتمام العديد من الباحثين من خلال مساهمتها في تطوير عدة مجالات صناعية وبحثية نذكر منها: مجال الالكترونيات ،الالكترونيات البصرية ، ،الكواشف و المحفزات الضوئية .

بدأ العمل في مجال تحضير الأغشية الرقيقة منذ النصف الثاني من القرن السابع عشر اذ قام الكثير من العلماء بتحضير الأغشية الرقيقة لما لها من مكانة بارزة في البحوث النظرية والتطبيقية لفيزياء الحالة الصلبة و بفضل خاصيتها المزدوجة لكونها تمتلك شفافية عالية في المجال المرئي بالإضافة إلى ناقليه كهربائية جيدة[1].

الهدف من هذا العمل هو تحضير أقطاب معدلة متعددة الاستعمالات باعتماد توضع (ZnO) على قطب (ITO) بطريقة كهر وكيميائية و لتحقيق هدف هذه الدراسة سيتم عرض هذا العمل في ثلاث فصول . الفصل الأول فكان بعنوان أشباه النواقل بحيث تم التطرق فيه إلى عموميات حول أشباه الموصلات و تعريفها و أهم استخداماتها و تطرقنا أيضا إلى الاكاسيد الناقلة الشفافة وعلى وجه الخصوص أكسيد الزنك وخصائصه وتطبيقاته الذي هو محل دراستنا و ذكر آليات توضع الطبقات الرقيقة .

أما بالنسبة للفصل الثاني فكان بعنوان طرق التوضع و تقنيات التحليل حيث تطرقنا فيه الى مفهوم الطبقات الرقيقة و طرق توضعها مرورا بتقنيات الكهروكيميائية وصولا إلى تقنيات تحليل الأغشية الرقيقة المستعملة في الدراسة نذكر منها الأشعة السينية و الأشعة فوق البنفسجية و تحت الحمراء .

أما في الفصل الثالث ستتم فيه عرض أهم نتائج التوضع الكهروكيميائي للقطب (ITO/ZnO) المتحصل عليها ،ثم تحليل نتائج دراسة الخصائص الضوئية و البنيوية للقطب المعدل ، وفي الأخير مناقشة النتائج .

و في الأخير نختم هذا العمل بخلاصة عامة يتم التطرق فيها إلى أهم النتائج المتحصل عليها في هذه الدراسة .

الفصل الأول:
عموميات على أشباه النواقل

I -1- عموميات على أشباه الموصلات:

تم اكتشاف أشباه الموصلات في القرن التاسع عشر ولكن تطبيقاتها العملية بدأت في عام 1947 [1]. تعتبر أشباه الموصلات النقية (مثل الجرمانيوم , السليكون) مواد ليست جيدة التوصيل للكهرباء كما أنها ليست رديئة التوصيل للكهرباء . وتتوزع الالكترونات في أشباه الموصلات حول أنويتها في مدار و لكن تتميز أشباه الموصلات النقية بوجود أربعة الكترونات فقط في المدار الخارجي مما يجعلها مستقرة . أي أنها لا تنقل الكهرباء الا بعد تحرير إلكترون من الأربعة عن طريق الحرارة او عن طريق إضافة شوائب . كما أنها تتحول لعوازل عندما نجبرها على استقبال الكترونات أخرى في مدارها الأخير (بإضافة شوائب أيضا) [2] .

I -2- تعريف أشباه الموصلات:

هي مواد غير موصلة للتيار أو ضعيفة التوصيل في الظروف العادية و يعتمد توصيلها للكهرباء على الكثافة الحجمية للالكترونات .

و من أشهر المواد شبه الموصلة الجرمانيوم و السليكون . حيث يحتوي مستوى الطاقة الأخير لها أربعة الكترونات حيث تربط كل ذرة مع أربعة ذرات مجاورة لها لتكوين روابط تساهمية بين كل ذرتين للوصول إلى حالة التركيب الثماني .

تتميز أشباه الموصلات عند خفض درجة حرارتها يؤدي إلى جعلها غير موصلة للتيار لأن الالكترونات تصبح أكثر ترابطا بالنواة . و عند درجة الصفر المطلق يكون ارتباط الالكترونات بالنواة اكبر ما يمكن و عند ازدياد درجة الحرارة تحصل بعض الالكترونات على طاقة تكفي للتغلب على طاقة الارتباط و يؤدي تحرر الإلكترون إلى تحركه حرا داخل النواة تاركا خلفه فراغ يسمى الفجوة . و لجعل المواد شبه الموصلة يضاف إليها مواد آخر تسمى الشوائب .

الشوائب هي مواد ثلاثية التكافؤ أو خماسية التكافؤ تضاف إلى المواد شبه الموصلة لجعلها موصلة للتيار . وأشهر أنواع الشوائب الثلاثية البورون و الشوائب الخماسية الانتيمون [3]

I-3 - أهم استخدامات أشباه النواقل :

تتعدد تطبيقات أشباه الموصلات في صناعة الأجهزة الإلكترونية على مختلف وظائفها. ومنها الدارات المتكاملة، والمعالج الدقيق Microprocessor والضابط الصغير Microcontroller وغيرها. وهو يعتبر من الأدوات الأساسية في صناعة الإلكترونيات.

كما لديها حاليا اهتماما كبيرا في مجال استغلال الأشعة الشمسية لتوليد الطاقة الكهربية بواسطة الألواح الضوئية، والخلايا الضوئية. و تستخدم أيضا كعدادات وكشافات لقياس الأشعة السينية وأشعة غاما و عدادات الجسيمات الأولية المستخدمة في فيزياء.

ونظرا للتقنية الرفيعة في إنتاجها فهي تشكل الجزء الحساس في الكاميرات الرقمية، حيث يمكن صناعة عدة ملايين منها في 1 سنتيمتر مربع. واستطاع العلماء استغلالها في الحواسيب والهاتف الجوال , و أجهزة تحديد الموقع (نظام التموضع العالمي). ويستخدم النوع المنتج للضوء منها في لوحات الإعلانات الضوئية [4].

I-4 - الأكاسيد الناقلة الشفافة :

الاكاسيد الناقلة الشفافة (TCOs) تنتمي إلى أشباه الموصلات و لها خاصيتين هما التوصيلية الكهربائية و الشفافية البصرية , و هذه المجموعة لديها العديد من الخصائص المفيدة في التطبيقات الالكترونية مثل الخلايا الشمسية , أجهزة الاستشعار , شاشات العرض ... .

المواد الناقلة مثل المعادن لديها شفافية ضعيفة في حين إن الاكاسيد الشفافة تكون ذات ناقلية ضعيفة بسبب امتلاكها للخاصيتين الكهربائية و الضوئية .

(TCOs) لديها فجوة طاقة اكبرمن (3eV) [5] كبيرة بما يكفي للشفافية الضوئية و صغيرة التوصيلية الكهربائية لذالك تركزت الأبحاث الحديثة للأكسيد الناقلة الشفافة (TCOs) على تطوير الطبقات الرقيقة من هذه المواد بخصائص مرغوبة و خاصة, مثل الناقلية الكهربائية و البصرية اعتمادا على طرق التبلور و الترسيب .

تصنف جميع الاكاسيد الناقلة الشفافة الى نوعين هما النوع (n) والنوع (p) [6] ، حيث يتم التغيير بين النوعين عن طريق التطعيم [7].

1- التطعيم من النوع (p) :

تتواجد الاكاسيد الناقلة الشفافة في حالتها الطبعية على شكل نصف ناقل من النوع (n) في حين لا يزال تطعيم هذه الاكاسيد الناقلة الشفافة من نوع (p)قيد الدراسة حيث تم في السنوات الاخيرة اجراء دراسات على بعض الاكاسيد الناقلة الشفافة المطعمة من النوع (p)و يعد الكثر دراسة لهذا النوع من التطعيم [8].

2 – التطعيم من النوع (n) :

و يتم هذا النوع من التطعيم عن طريق استبدال ذرات المعدن او الاكسجين بذرات مرغوب فيها . و يعتمد هذا النوع من التطعيم على حجم الذرات المطعمة و مدى ذوبانها في شبكة الاكسيد الناقل الشفاف و على سبيل المثال من بين العناصر المناسبة لتطعيم اكسيد الزنك : الانديوم و كذالك الالمنيوم [8].

I- 5- أكسيد الزنك (ZnO):

أكسيد الزنك النقي هو مركب صلب ابيض اللون يصفر عند التسخين بسبب التشوهات الشبكية وهو مادة غير سامة لا يذوب في الماء أو الكحول بل يذوب في حامض الخليك و الحوامض المعدنية و كربونات الامونيوم. و تعتمد المختبرات في تحضير أكسيد الزنك كيميائيا على حرق عنصر الزنك في الهواء أو بواسطة التهشيم الحراري لكربوناته والجدول (I-1) يوضح بعض الخصائص الفيزيوكيميائية لأكسيد الزنك [9].

الجدول (I-1): الخصائص الفيزيوكيميائية لأكسيد الزنك.

البنية البلورية	الكتلة المولية (g/mol)	الكثافة (g/cm^3)	نقطة الانصهار (°C)	نقطة الغليان (°C)	الشكل	اللون
سداسي	81.37	5.67	1970	2360	صلب	ابيض

I -5-1- خصائص أكسيد الزنك :

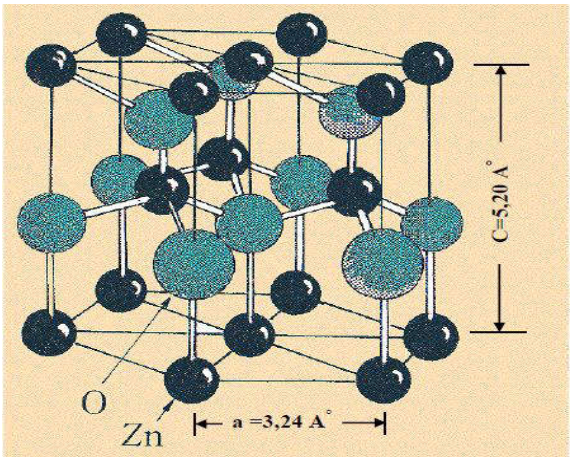
I -5-1-1- الخصائص البنيوية:

يتبلور أكسيد الزنك في شبكة سداسية حيث تحتل ذرات الأكسجين مواقع الشبكة السداسية المتراصة بينما تحتل ذرة الزنك نصف المواقع الرباعية متوسط ثوابت الشبكة هما [10] :

ومرطبة بشكل قليل عن التوافق الكيميائي : Z=0.38 (0، 2/3، 1/3) O^{-2}(Z، 2/3،1/3)

($a=3.25A^0$ $c=5.206A^0$)

التركيب البلوري لأكسيد الزنك يشبه التركيب البلوري للمجوعة (الثانية-السادسة) أي التركيب السداسي المتراص (Wurtzite) كما هوموضح في الشكل (I-1).

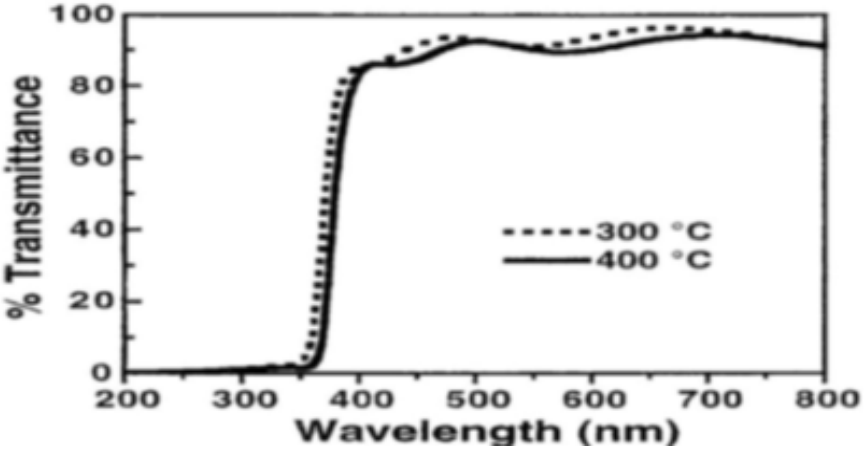


الشكل (I-1): التركيب البلوري المتراص لأغشية أكسيد الزنك [11].

I -5-1-2- الخصائص الضوئية :

يعد أكسيد الزنك مادة نافذة شفافة تمتد من المنطقة المرئية ولغاية المنطقة تحت الحمراء القريبة وانعكاسية في المنطقة تحت الحمراء،إذ إن معامل امتصاصه في الطيف المرئي بحدود ($5x10^3$ cm^-) بالإضافة إلى امتلاكه توصيلية كهربائية جيدة [12]. لأكسيد الزنك أهمية بالغة كمادة مضافة في أغشية التوصيل الشفافة،لأن اوكسيد الزنك يظهر شفافية عالية فوق (90 %) في المنطقة المرئية و مقاوميه ضعيفة بحدود (5×10^{-4} Ω.cm) وتتأثر خصائص أكسيد الزنك بطبيعة القاعدة المستخدمة.

يبين الشكل **(2-I)** نفاذية أكسيد الزنك للأفلام مطعمة باختلاف درجات الحرارة .

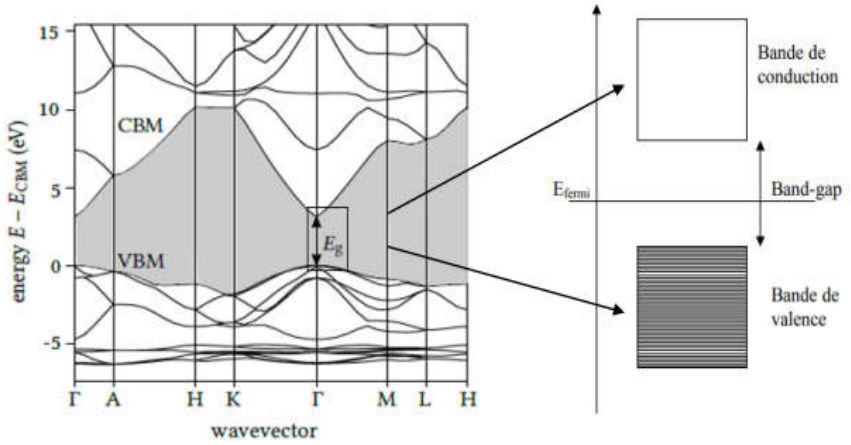


الشكل (I-2): نفاذية أكسيد الزنك للأفلام مطعمة باختلاف درجات الحرارة[13].

I -3-1-5- الخصائص الكهربائية لأكسيد الزنك(ZnO):

من خصائص أكسيد الزنك إن لديه طاقة فجوة واسعة تقدر ب (E=3.37eV) في درجة حرارة العادية (T=25°C). وهي الطاقة اللازمة لينتقل الإلكترون من نطاق التكافؤ إلى نطاق التوصيل .

كما يوضح الشكل **(3-I)** الحد الأدنى لنطاق التوصيل و الحد الأقصى لنطاق التكافؤ تقع على نفس المحور Γ [14].



الشكل (3-I): رسم تخطيطي لعرض فجوة أكسيد الزنك [15]

يمكن تغيير توصيلة كهربائية (ZnO) من النوع n إلى النوع p عن طريق عملية التطعيم و زيادة طاقة الفجوة من 3.30 eV إلى 3.39eV . حيث أظهرت النتائج أن التطعيم يؤثر على خصائص الطبقات الرقيقة و بشكل رئيسي على الخصائص الكهربائية التي يستعمل لتحسينها[16] .

I -2-5- تطبيقات أكسيد الزنك:

يستعمل أكسيد الزنك في مجالات صناعية متعددة [17-18-19] نذكر منها ما يلي:

1) صناعة الطلاء والمطاط والآلات الناسخة.

2) يدخل ضمن الصناعة الخزفية وصناعة الزجاج لأنه ذوتكلفة منخفضة مقارنة مع الأكاسيد الأخرى.

3) يضاف أكسيد الزنك إلى المنتجات الغذائية كمصدر من الزنك الذي يعتبر من المواد الغذائية الضرورية كما أنها تساعد في أداء مختلف الأنشطة الفسيولوجية مثل النمو.

4) أكسيد الزنك يحتل مكانة مهمة في صناعة الإلكترونيات بسبب الخصائص الكهروضغطية لأفلام Zno يمكن أن تستعمل كحساسات ميكانيكية.

5) صناعة المقاومات الواقية للأجهزة الإلكترونية من التلف.

6) يستخدم سائلا أو كريم للتجميل،بالإضافة إلى استعماله مرهما طبيا في تعجيل التئام الجروح.

7) يدخل ضمن صناعة الألواح الشمسية (الكترودات شفافة) و أجهزة الاستشعار .

I- 6- آليات تشكل الطبقات رقيقة :

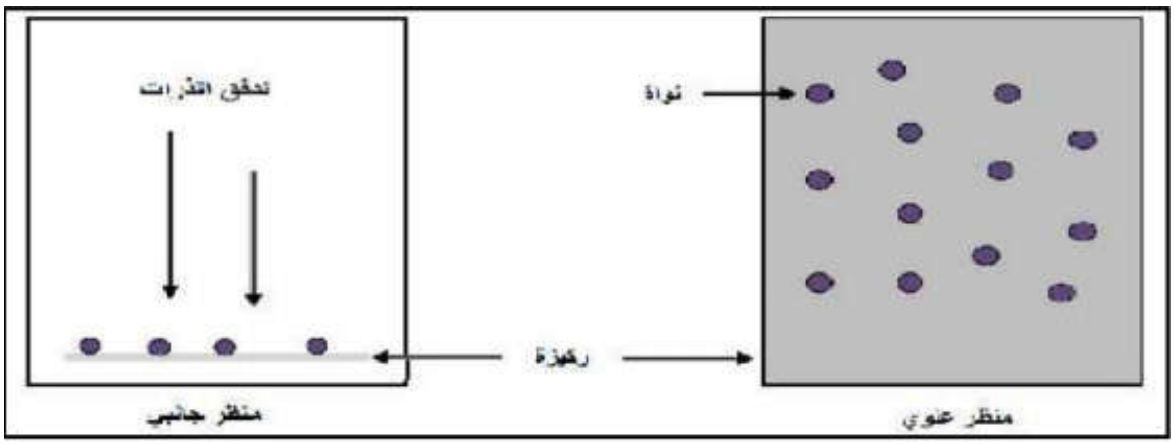
I- 6-1- تمهيد :

تعد البنية المجهرية للطبقات الرقيقة حساسة للغاية للخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة المعنية خلال تشكلها وكذلك الشروط الفيزيائية لتوضع في كل مرحلة من مراحل تطور الطبقة الرقيقة بحيث تخضع مجمل طرق تركيب الطبقات الرقيقة إلى ثلاث المراحل وهي:

- إنتاج المواد المتوضعة (الأيونات ، الجزيئات ، الذرات ...الخ) المناسبة.
- نقل هذه المواد المتوضعة (الأيونات، الجزيئات، الذرات).
- يتم تكثيف هذه المواد المتوضعة على الركيزة إما بطريقة مباشرة أو عن طريق التفاعل الكيميائي لتشكيل ترسبات صلبة على هذه الركيزة، بحيث تتشكل الطبقة الرقيقة حسب المعايير الترموديناميكية للتوضع و حالة سطح الزجاج و غالبا ما يحدث في هذه الخطوة الأخيرة المراحل ثلاث الآتية وهي: التوضع ، الالتحام و النمو [20].

I- 6-2- مرحلة توضع الذرات:

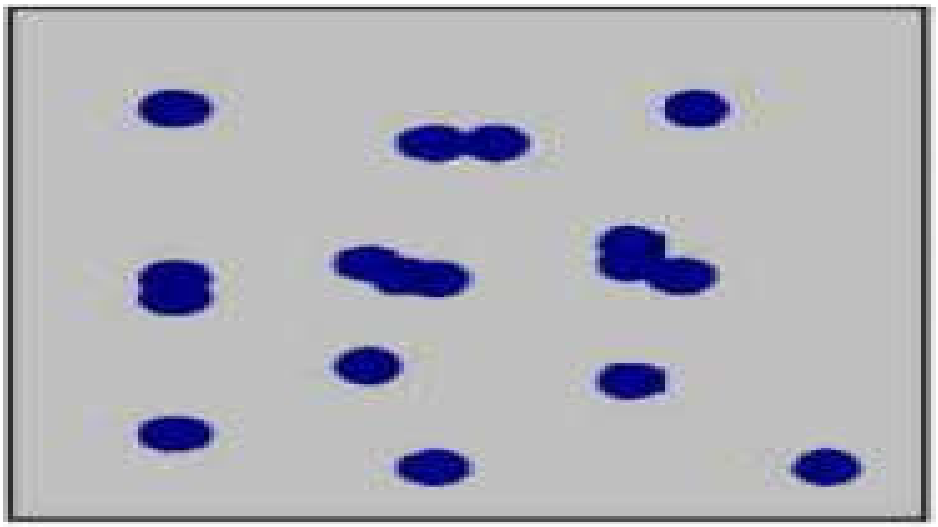
في هذه المرحلة يظهر على الواجهة العلوية للزجاج تجمعات عناصر صغيرة من المادة المترسبة .ترافق هذه الظاهرة التغيرات التي تطرأ على حالة المادة و تتمثل هذه التغيرات في نقطة التحول التي تطور حالة المادة إلى بنية فيزيائية أو كيميائية جديدة. تحول هذه المواد إلى رذاذ وترش على سطح الركيزة ويتم تكثيفها فيزيائيا من قبل سطح الركيزة بحيث تتفاعل ذرات هذه المادة مع الركيزة و تشكل ما يعرف بالمجموعات أو الناوية المنشأة [21] ، كما هو موضح في الشكل **(I-4)**.



الشكل (I-4): مخطط لمرحلة التنويه لتشكل شريحة رقيقة [22].

I- 6-3- مرحلة التجمع (الالتحام):

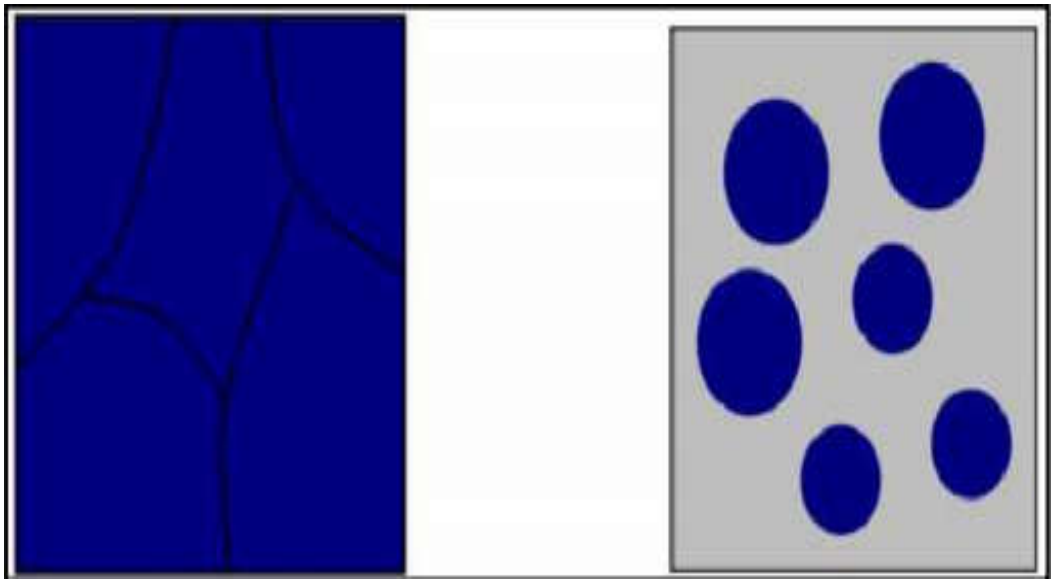
عند زيادة حجم النوى المشكلة في المرحلة السابقة تلتحم فيما بينها وتقترب من بعضها تدريجيا مشكلة جزرا على سطح الركيزة ، بحيث تتميز هذه المرحلة بالتحام المجموعات فيها بينما لتشكل طبقة تغطي تدريجيا الركيزة و يوضح الشكل **(I-5)** هذه المرحلة [23].



الشكل (I-5): مخطط يوضح مرحلة التجمع (الالتحام) بين النوى [21].

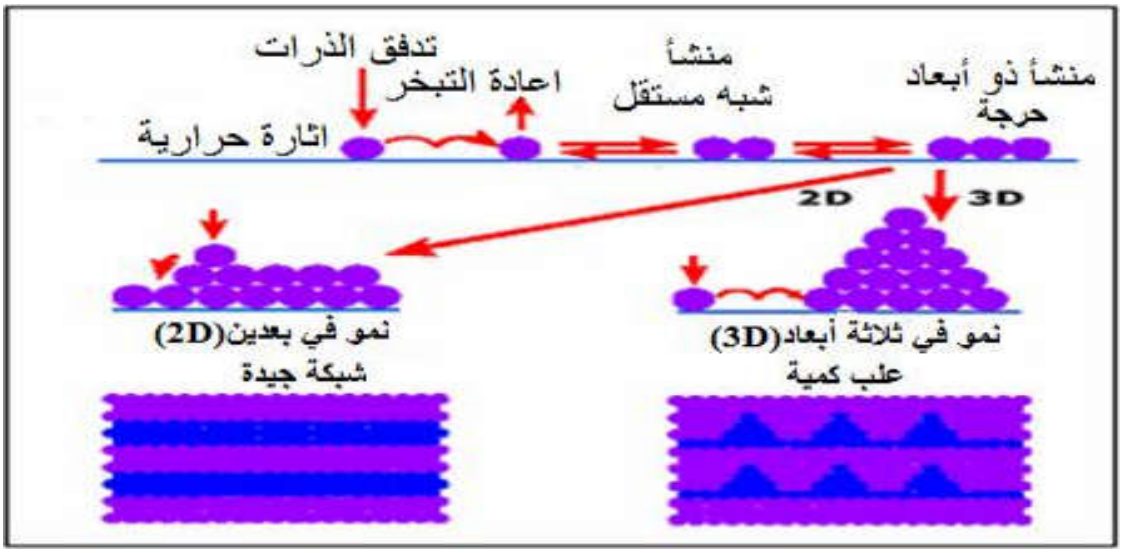
I- 6-4- مرحلة النمو:

مرحلة النمو هي الخطوة الأخيرة في تشكل الطبقة حيث يزيد حجم الجزر و يزداد من بعضها لتلتحم الجزر مشكلة طبقة رقيقة على سطح الشريحة و يفصل بين الجزر ما يسمى بحدود الحبيبات كما هو موضح في الشكل **(I-6).**



الشكل (I-6): مخطط مرحلة نمو الطبقات الرقيقة [21] .

فقد لوحظ تجريبيا ظهور ثلاثة أنماط لنمو الطبقات الرقيقة وهي: نمط نمو ثنائي الأبعاد (2D) و في هذا النمط يتم ترسيب الذرات طبقة بعد طبقة على الركيزة و يدعى عادة بنمط (Merwe der Van-Frank) ثم يليه نمط نمو ثلاثي الأبعاد (3D) و فيه تنمو الطبقات الرقيقة عموديا على سطح ركيزة على شكل مجموعات و يسمى نمط (Weber Volmer-) و أخيرا نمط المختلط و يسمى عادة نمط (Krastanov-Stranski) و هو عبارة عن مزيج بين النمطين السابقين و توضح كل هذه الأنماط في الشكل **(7-I)** [24] .



الشكل **(7-I)** مخطط لمختلف أنماط نمو الطبقات الرقيقة [25] .

الفصل الثاني:
طرق الترسيب و تقنيات التحليل

II -1- الطبقات الرقيقة :

II -1-1- تمهيد :

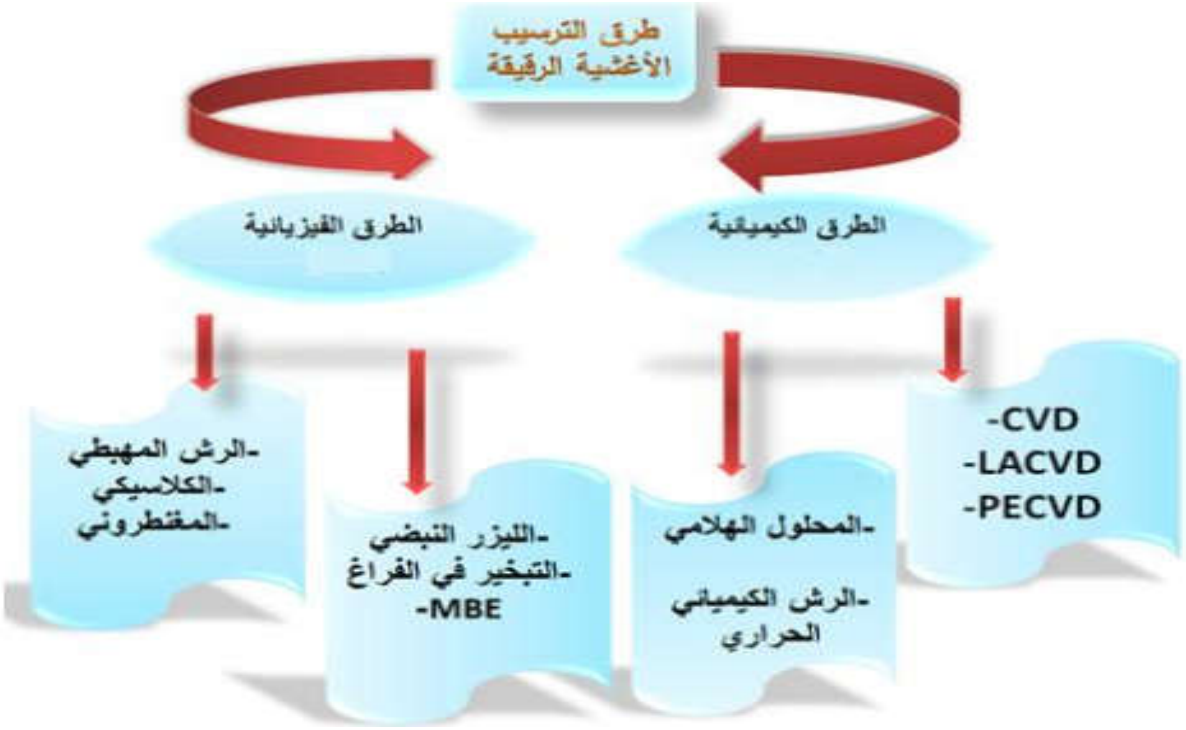
تمتلك الأغشية الرقيقة خصائص و مميزات لا تكون متوفرة في تراكيب المواد الأخر ، فحقيقة سمكها المتناهي في الصغر وكبر نسبة السطح إلى الحجم منحتها تركيبا فيزيائيا فريدا يضاهي تركيب أحادية البلورة أحيانا [26] و يفوقها أحيانا أخر ، و تتمتع الأغشية بخصائص فيزيائية تختلف عن خصائص المواد المكونة لها و هي في حالتها الحجمية (Bulk) [27], و تعتبر تقنينه الأغشية الرقيقة واحدة من أهم التقنيات التي ساهمت في تطور دراسة أشباه الموصلات و أعطت فكرة واضحة عن العديد من خواصها الفيزيائية ، هذه التقنيات تختلف عن بعضها اختلافا جوهريا ، يرجع هذا الاختلاف إلى تنوع مجالات استخدام هذه الطبقات ، ويمكن تقسيم الطرق إلى مجموعتين رئيسيتين فيزيائية و كيميائية [28]. سنتعرف في هذا الفصل على مفهوم الطبقات الرقيقة و طرق نموها و مبدأ ترسيبها إضافة إلى بعض الطرق الفيزيائية والكيميائية لصناعة الأكاسيد الشفافة. حيث من المهم اختيار طريقة الإعداد الأكثر تناسبا في التطبيق المنشود مع الأخذ بعين الاعتبار كل شروط الأعداد .

II -1-2- مفهوم الطبقات الرقيقة :

تعد تقنية الأغشية الرقيقة واحدة من أهم التقنيات التي ساهمت في تطوير دراسة أشباه الموصلات وأعطت فكرة واضحة عن العديد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية ،وهي تحويل المادة في حالتها الصلبة أو السائلة أو الغازية إلى طبقات رقيقة جدا لا يتعدى سمكها الميكرون. يطلق عادة مصطلح الطبقات الرقيقة على طبقة أو عدة طبقات من ذرات معينة ناتجة عن تكثيف الذرات أو الجزيئات على مسند حيث تمتلك خواص و مميزات هامه تختلف عما إذا كانت جسيم سميك كالخصائص البلورية و الكهربائية و الضوئية ،كما ساهمت هذه الخصائص في استعمالها في العديد من التطبيقات الصناعية والعلمية المختلفة مثل الخلايا الشمسية الكواشف ، ليزر أشباه الموصلات،الثنائيات الباعثة للضوء والنوافذ الذكية..... الخ .قد تم استخدام الأغشية الرقيقة في منتصف القرن التاسع عشر ،ففي عام 1852 توصل العالمين"Bunsen" و"Grove" إلى تحضير أغشية رقيقة باستخدام تقنية التفاعل الكيميائي [29].

II -1-3- طرق توضع الطبقات الرقيقة:

إن التطبيقات الواسعة والمهمة في مجال الأغشية الرقيقة دفعت الباحثين إلى استحداث طرق مختلفة لتحضيرها ونتيجة للتطور العلمي فقد تطورت طرائق تحضير الأغشية وأصبحت على درجة عالية من الدقة في تحديد سمك الغشاء وتجانسه وعليه يمكن تقسيم طرق التحضير إلى نوعين أساسيين كيميائية و فيزيائية [30] :



الشكل (II -1): الطرق الفيزيائية و الكيميائية لترسيب الأغشية الرقيقة [31].

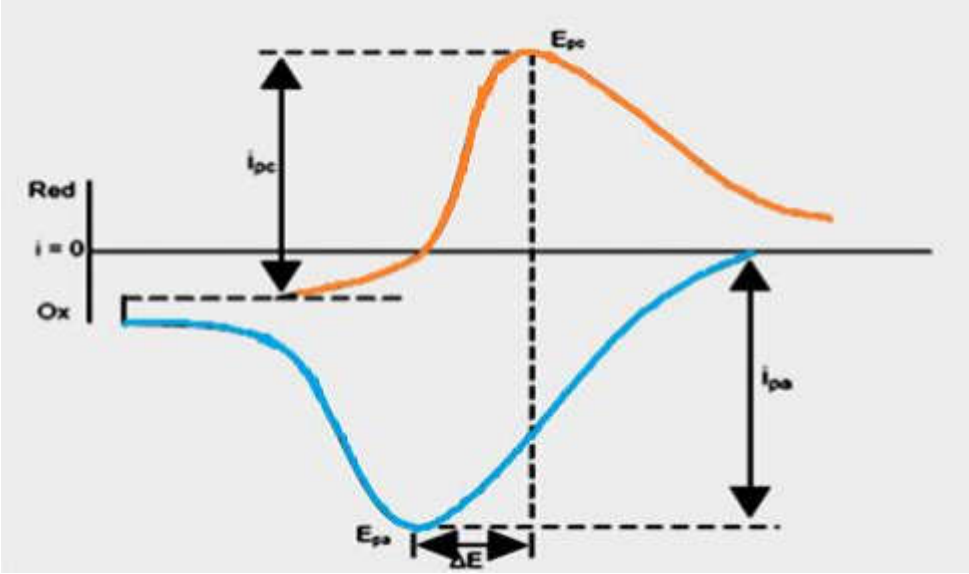
II - 2 - التقنيات الكهروكيميائية المستخدمة:

II -1-2- الفولطامتري الحلقي *voltampérométrie cyclique* :

تعد طريقة الفولطامتري الحلقية من طرق التحليل الكهروكيميائي، وفيها تقاس منحنيات التيار-الجهد التي تتم على قطب صلب ، وتسمح هذه الطريقة بتحديد لشروط التي ينجز فيها تفاعل الأكسدة و الإرجاع وكذا تقدير درجة [32] ساكن مثل البلاتين كيميائية في نقل الالكترونات فلآلية إما أن تكون الكتروكيميائي- الكتروكيميائي EE،الكتروكيميائي- كيميائي- عكوسية الجملة (أكسدة-إرجاع)، كما تسمح أحيانا بتحديد آلية التفاعل عند الالكترود خاصة عندما تشترك بتفاعلات

الكتروكيميائي ECE، الكتروكيميائي- كيميائي EC، ويظهر المخطط الفولطامتري على هيئة قمم مصعديه و مهبطيه متعاكسة [33]. تقريبا والتي تمثل عمليتي الأكسدة والإرجاع . وتعتبر الطريقة الفولطامتري واحدة من أكثر الوسائل الحديثة المستخدمة لقياس نشاط مضادات الأكسدة [34].

والشكل العام لمنحنيات الفولطامتري الحلقي موضحة في الشكل (II -2) :



الشكل (II -2): المنحنى العام الفولطامتري الحلقي.

حيث:

IPa ، IPc : تيارات النتوءات المصعدية والمهبطية .

EPa ،EPc : كمونات النتوءات المصعدية والمهبطية.

ΔEP : التغير في الكمونات بين IPc وIPa.

كما تسمح هذه الطريقة بدراسة عكوسية الانتقال الالكتروني فنتحصل على نوعين من أنظمة جمل التحويل [35].

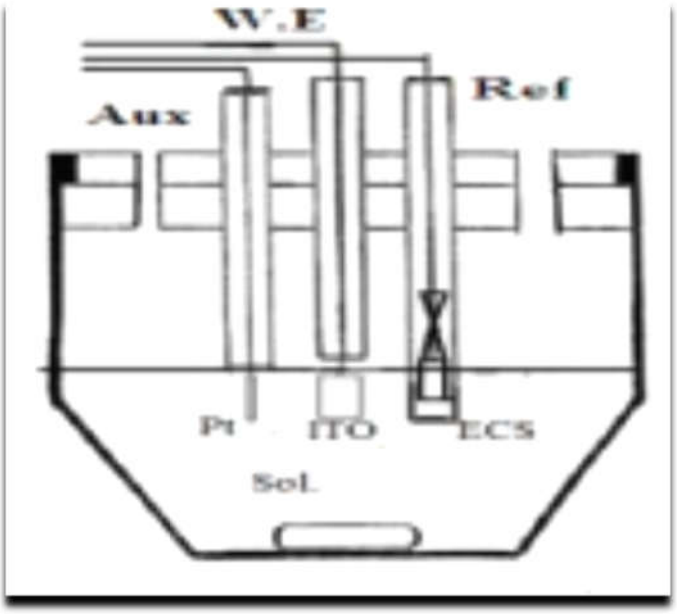
II -2-2- الكرونوامبيرو متري Chronoampérométrie:

الكرونوامبيرو متري Chronoampérométrie هي تقنية تعتمد على متابعة التغير في التيار الكهربائي بدلالة الزمن و ذالك بتثبيت قيمة الجهد عند قيمة محددة . هذه التقنية استخدمت لترسيب أكسيد الزنك على قطب العمل انديوم , و الحصول على منحنى كثافة التيار بدلالة الزمن i=f(t) من خلال عملية الترسيب , تهم هذه الطريقة بشكل أساسي بتشكل أطوار جديدة على القطب و بالتالي فهي تسلط الضوء على ظاهرة التشكل و النمو البلوري بالترسيب حيث تتم الاستجابة في وجواد أنماط نشطة كهربائيا و التي تخضع لتفاعل انتقال الالكترونات عند معدل التحكم الانتشار في ظل هذه الشروط يتم التعبير عن التيار بدلالة الزمن وفق الدالة contrell [36].

II -2-3- الأجهزة الكهروكيميائية المستخدمة :

II -2-3-1- الخلية الكهروكيميائية المستخدمة :

تتم دراسة السلوك الكهروكيميائي داخل خلية زجاجية غطاؤها يحتوي على خمس ثقب ثلاثة منها تسمح بدخول (الكترود العمل، الكترود المرجع، الكترود المساعد)، أما الثقبان الآخران فأحدهما يسمح بتزويد الوسط بالأكسجين , و الثقب الأخر لإضافة مواد .



الشكل (II -3): خلية كهر وكيميائية ثلاثية الأقطاب.

II -2-3-2- الأقطاب :

II -2-3-2-1- قطب المرجع (ER) :

يعتبر قطب المرجع من أهم مكونات الخلية الكهروكيميائية هذا القطب يجب ان تكون له قيمة ثابت و محدد , كما يسمح بتحديد جهد قطب العمل , وهذا مهم كونه يسمح بالتحقق من الفرق في الجهد بين القطبين . لاحظ ايضا انه من الضروري الإشارة الى طبيعة القطب المستخدم , مقارنة بقطب الهدرجين القياسي (E=0) [37] .

و هو اليوم النظام التجاري الأكثر (ECS) و القطب المستعمل هو قطب كالومال المشبع انتشارا للقياسات الجهد الكهروكيميائية و قيمة جهده عند 25 درجة مئوية E_{Ecs}=241mv/ES.

الشكل (II -4): قطب المرجع (ER).

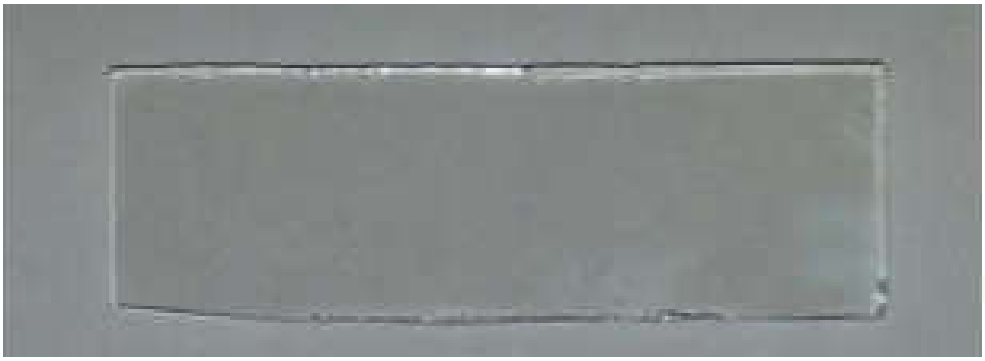
II -2-3-2-2- قطب المساعد (AE) :

هو عبارة عن الكترود مصنوع من البلاتين يضمن مرور التيار الكهربائي حيث يوضع بالتوازي مع قطب العمل للحصول على التجانس في المجال الكهربائي [38].

الشكل (II -5): قطب البلاتين المساعد(AE).

II -2-3-2-3- قطب العمل (WE) :

تم الاعتماد في هذه التجربة على قطب العمل من لوحة زجاجية مسطحة مغطية من جانب واحد بأكسيد الانديوم المطعم بالقصدير (ITO) حيث يترسب عليه أكسيد الزنك .



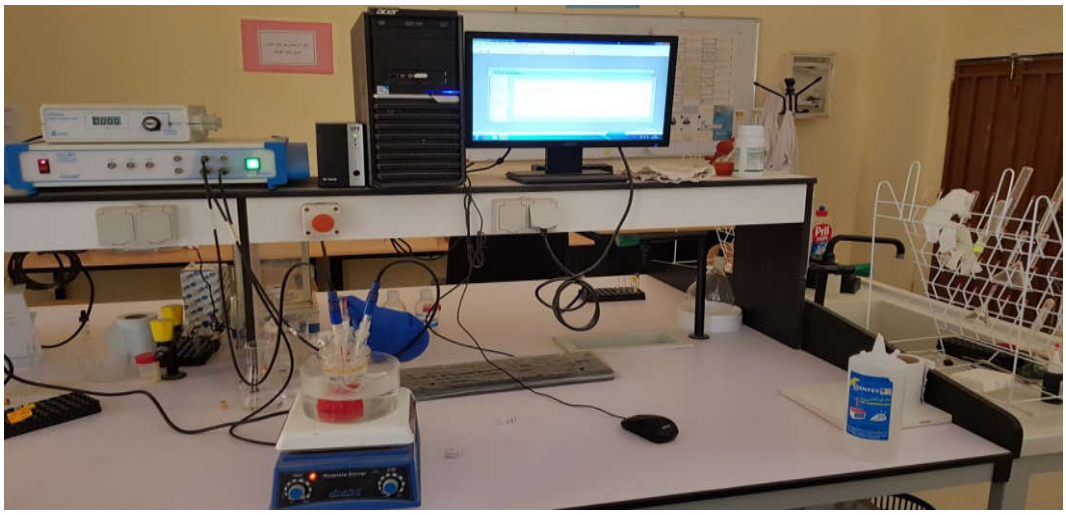
الشكل (II -6): قطب العمل (ITO).

II -2-3-2-4- تحضير قطب العمل :

من اجل الترسيب الكهروكيميائي لأكسيد الزنك تم استعمال قطب أكسيد الانديوم المطعم بالقصدير على الزجاج ITO , لكن قبل استخدام توجب علينا تنظيفه للتخلص من الشوائب لذالك قمنا باستعمال :

- الاسيتون .
- الماء المقطر.

تم انجاز التجربة الكهرو كيميائية باستعمال Voltalab PGZ301 potentiostat/galvanostat موصول بجهاز كمبيوتر لتسجيل البيانات و ذالك باستعمال برنامج Volta Master 4 و الذي يمكن من رسم منحنيات الترسيب الكهروكيميائي . هذه المعدات توصل بخلية كهروكيميائية مكونة من ثلاثة أقطاب .



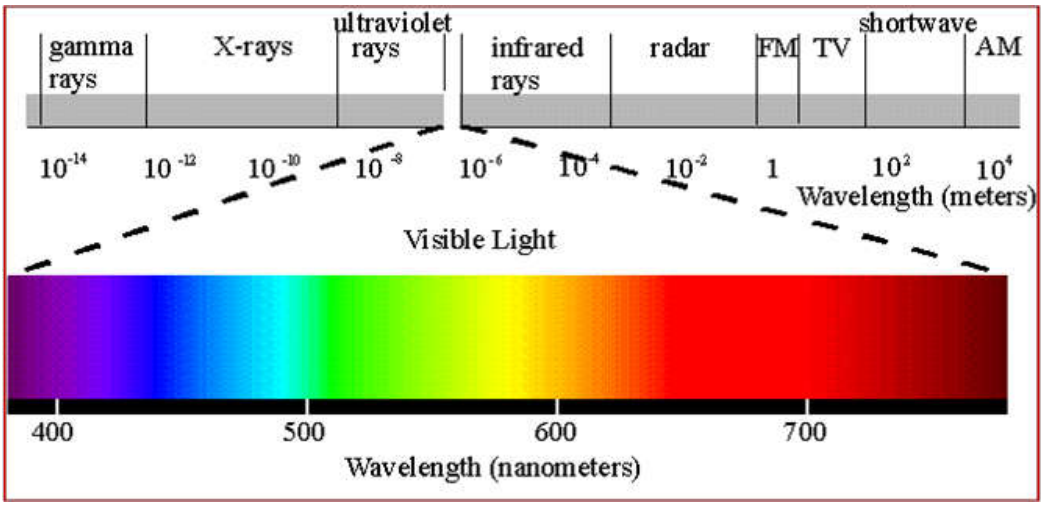
الشكل (II -7): صورة للجهاز Voltalab PGZ301.

II - 3 - تقنيات تحليل الأغشية الرقيقة:

II -3-1- حيود الأشعة السينية :

لدراسة الشكل البلوري لمادة ما يلزم استخدام حيود موجات أشعة مناسبة بحيث يلائم طولها الموجي أبعاد الفجوات الدقيقة بين المستويات الذرية لذلك تستخدم الأشعة السينية وبدرجة اقل النيترونات والإلكترونات.عندما تكون الموجات طويلة بالمقارنة بالمسافة بين الذرات فان تفاصيل المعلومات الدقيقة عن بنية المادة لا تتضح، اما اذا كانت قصيرة أكثر من اللازم فان زاوية الحيود تكون صغيرة وغير ملائمة لذلك يتم اختيار موجات اشعة مناسبة. وفي كل الحالات تسلط موجة الأشعة السينية على سطح البلورة ثم تستقبل الموجات المنعكسة من السطح بعد حيودها على جهاز كشاف مناسب .

هي موجات كهرومغناطيسية ذات طول موجي بين(0.1 و 10.1) نانومتر أي طاقة أشعتها بين(120 و120 ألف إلكترون فولت). تستخدم بشكل واسع في التصوير الشعاعي وفي العديد من المجالات الفنية والعلمية . الشكل (II -8) يوضح موقع الأشعة السينية ضمن الطيف الكهرومغنطيسي [39].



الشكل (II -8): طيف الأشعة كهروميغناطيسي.

II -2-3- الأشعة تحت الحمراء (IR) :

الأشعة تحت الحمراء (FTIR) هي تقنية التحليل الفيزيائي الكيميائي التي تحقق الروابط بين النواة وترتيباتهم الشكل (II -9). توفر هذه الطريقة الوصول المباشر إلى المعلومات الجزيئية ، والطبيعة الكيميائية والتنظيم الهيكلي للمواد تحليل. تحت تأثير الأشعة تحت الحمراء ، سوف تخضع جزيئات العينة التي تم تحليلها التغييرات في حالة الاهتزاز ، في الترددات الاهتزازية المميزة لكل منها التجمع الجزيئي. طريقة التحليل الذبذبة هذه غير مدمرة ، النوعية ويمكن أن تكون كمية. يقيس الطيف أعداد الموجة ب (Cm^{-1}) وتخفيف طاقة الإشعاع الذي تمتصه العينة ، مما يسمح بـتحديد المجموعات الكيميائية [40].

الشكل (II -9): جهاز الأشعة تحت الحمراء(IR).

II -3-3- الأشعة فوق البنفسجية :

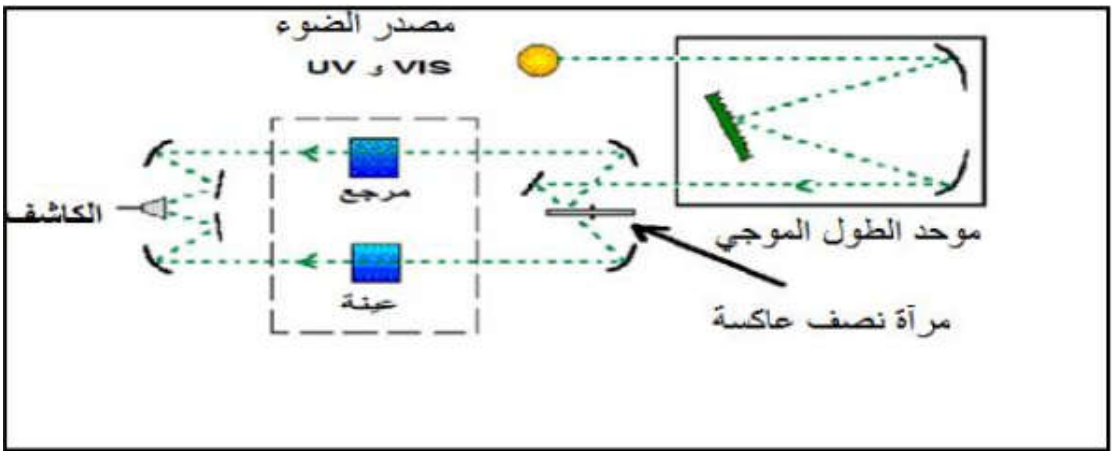
موجات كهرومغناطيسية أقصر طول من أمواج الأشعة المرئية، وأطول من الأشعة السينية، وسميت بفوق البنفسجية لأنها الأقصر بين ألوان الطيف، إذ تتراوح أطوال أمواجها ما بين 10 -400 نانومتر، وتتراوح طاقتها ما بين 3-124 إلكترون فولت (**ev**).

تتواجد الأشعة فوق البنفسجية في أشعة الشمس، ويمكننا توليدها بالقوس الكهربائي أو الضوء الأسود، وبما أنها أشعة مؤينة " أي أن الكتروناتها منفصلة عن ذراتها " فيمكنها أن تتسبب بسلاسل من التفاعلات الكيميائية النافعة والضارة على السواء.

ولتحقيق هذه الدراسة استخدمنا الأجهزة المتوفرة في المختبر الموضحة في الشكل التالي :

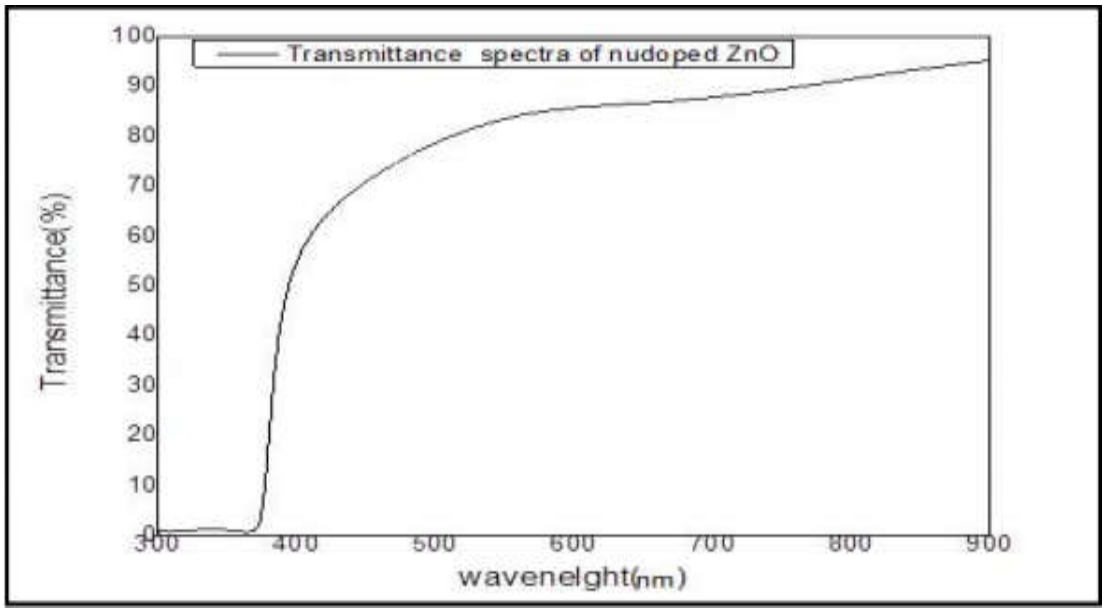
الشكل (II -10): يوضح جهاز الأشعة فوق البنفسجية Shimadzu 1800.

يعتمد مبدأ عمله على مصدر ضوء مكون من مصباحين كما هو موضح في الشكل (II -11) ومن خلال نتائج التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية المرئية للطبقة الرقيقة تمكننا من رسم المنحنيات التي تمثل تغيرات النفاذية بدلالة الطول الموجي في مجال الأشعة فوق البنفسجية والمرئي حيث يكمن استثمار هذه المنحنيات لحساب سمك الطبقات الرقيقة وكذلك الخصائص الضوئية منها: الفاصل الطاقي (Eg) ،معامل الانكسار [42-41].



الشكل (II -11): يوضح التمثيل التخطيطي للتحليل الطيفي في المجال الفوق البنفسجي [43].

بحيث تمر حزمة الضوء الناتجة عبر موحد للطول الموجي وهذا من أجل تحديد الطول الموجي ، بعد عملية معالجة الموجة بموحد الطول الموجي تنتج حزمة فوتونات في كل مرة لها طول موجي معين فتوجه هذه الحزمة نحو مرآة نصف عاكسة لتقسم حزمة الفوتونات إلى حزمتين واحدة تمر عبر العينة (زجاج مرسب عليه شريحة من المادة) والأخرى تمر عبر عينة مرجعية يكون عادة من الزجاج (يستخدم الزجاج لأنه لا يمتص الضوء في المجال الطيفي) بعد ذلك توجه الحزمتان نحو الكاشف لمقارنة النتائج ورسمها كما هو مبين في الشكل (II -12) التالي [44-45] حيث يعطى المنحنى الناتج تغيرات طيف النفاذية تبعا لطول الموجي.



الشكل (II -12): طيف النفاذية لأكسيد الزنك الغير مطعم بدلالة الطول الموجي.

II -3-3-1- طاقة الفجوة البصرية:

تعد طاقة الفجوة البصرية ذات أهمية كبيرة في تحديد إمكانية استعمال الأغشية الرقيقة في صناعة الخلايا الشمسية والخلايا الضوئية وشاشات العرض والاستعمالات الأخرى، إذ أنها تعطي فكرة واضحة عن الامتصاص البصري، و يكون الغشاء شفافا للإشعاع الذي تكون طاقته أقل من طاقة الفجوة ($h\upsilon<Eg$) وماصا للإشعاع الذي تكون طاقتها اكبر منها ($h\alpha>Eg$) وهناك الكثير من العوامل التي تؤثر في طاقة الفجوة منها نوع مادة الغشاء المحضر وطريقة الترسيب الأغشية , فضلا عن ذلك تتأثر طاقة الفجوة بظروف التحضير للغشاء ويمكن حساب طاقة الفجوة للانتقالات المباشرة المسموحة من خلال المعادلة التالية [46] :

$$\alpha h\upsilon = B\left(h\upsilon - E_g\right)^r \qquad \text{(I)}$$

حيث أن :

Eg: فجوة الطاقة البصرية بوحدات (eV) .

$h\upsilon$: طاقة الفوتون الممتص بوحدات(eV) .

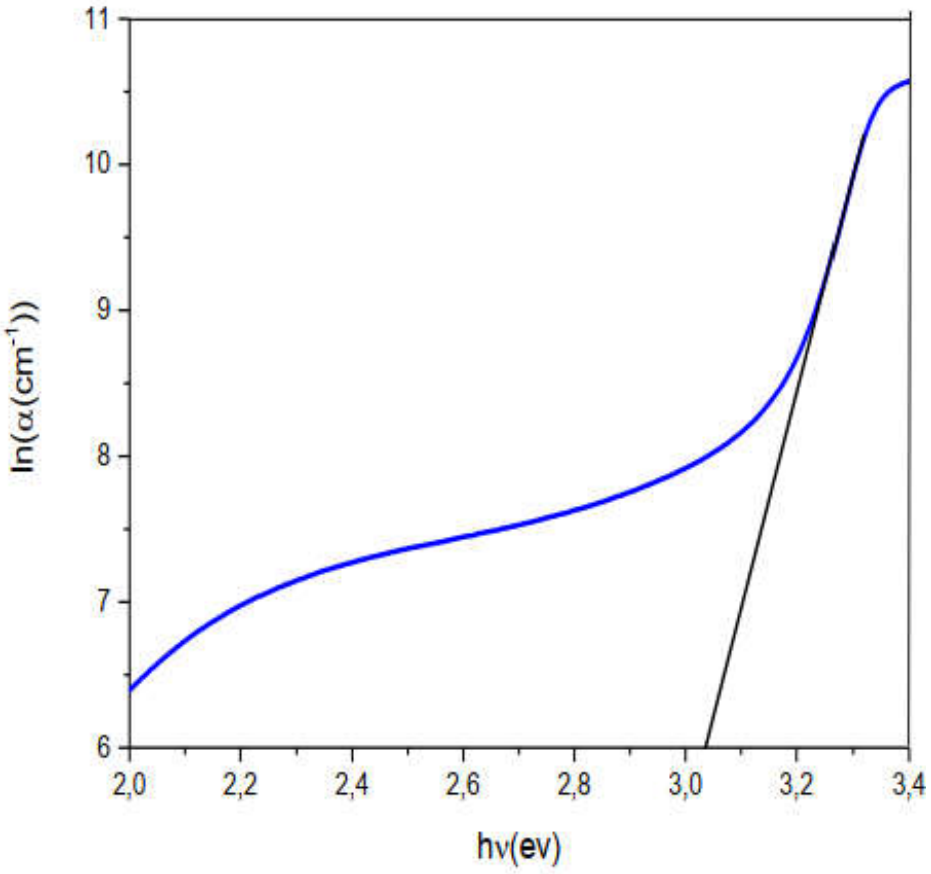
B : ثابت يعتمد على طبيعة المادة.

r : معامل أسي يحدد نوع الانتقال.

I -3-3-2- طاقة اورباخ :

تعد طاقة أور باخ من الثوابت المهمة التي تميز الخصائص البصرية لطبقة الرقيقة وبموجب قانونه فإن العلاقة التي تربط بين طاقة أور باخ ومعامل الامتصاص يعبر عليها بالعلاقة التالية :

$$\alpha = \alpha_0 \exp\left(\frac{h\upsilon}{Eu}\right) \quad \text{(II)}$$



الشكل (II -13): منحنى يبين تحديد قيمة طاقة اورباخ لاكسيد الزنك (عملنا) .

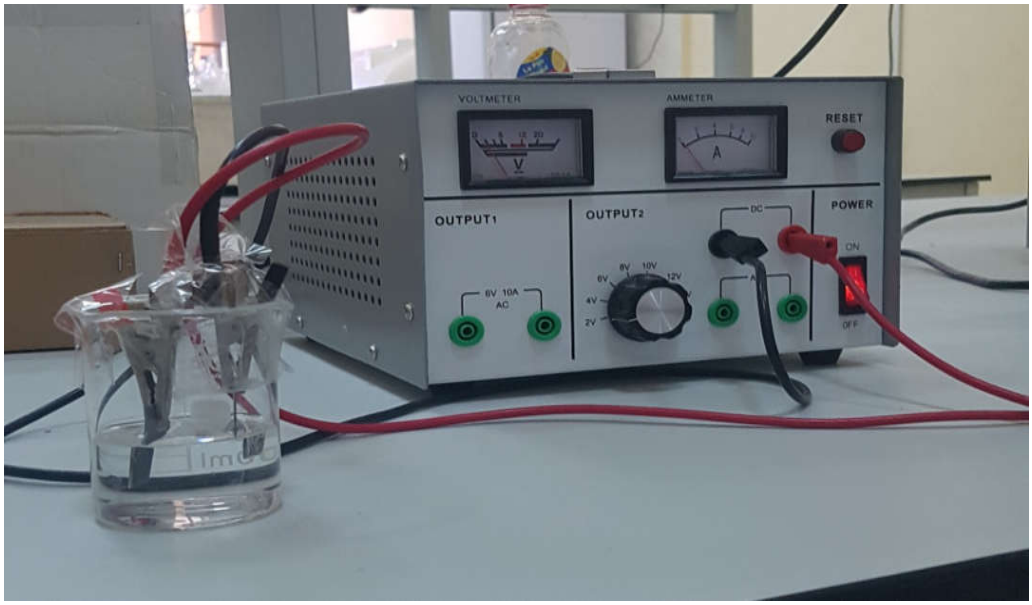
الفصل الثالث:
دراسة و تحليل النتائج

III -1- مقدمة :

هذا الفصل مخصص لدراسة الأغشية الرقيقة لأكسيد الزنك النقي والمطعم على شريحة من الزجاج بطريقة كهر وكيميائية ،حيث قمنا بدراسة الخصائص البنيوية ، و السطحية و الضوئية لأكسيد الزنك و ذلك باستخدام عدة تقنيات انعراج الأشعة السينية ، مطياف التحليل في المجال فوق البنفسجي و الأشعة تحت الحمراء. ونعرض فيما يلي النتائج المتحصل عليها .

III -2- تحضير المحاليل بطريقة كهروكيميائية :

تم تحضير الكتروليت بطريقة التحليل الكهربائي بحيث تم ربط قطبيين من الزنك بمولد كهربائي و غمس قطب المهبط ضعف قطب المصعد في المحلول وفق الشكل **(III-1)**.



الشكل **(III-1)**: تحضير محلول بطريقة كهروكيميائي .

تم غمس قطب المصعد ضعف قطب المهبط غرض زيادة أكسدة الزنك في المحلول و العلاقة التالية تبين ذالك :

$$I = S_A J_A = S_C J_C$$

$$J_A = \frac{I}{SA} > J_C = \frac{I}{SC} \Longrightarrow S_A < S_C$$

كما تم تحضير محلول في ثلاث اوساط مختلفة غرض الحصول على الوسط المناسب لهذه الدراسة .

III-2-1- في وسط حامضي :

نأخذ 50ml من الماء المقطر و نقوم بمزجه ب 2ml من حمض كلور الماء (0.5M) و نقوم بغمس الأقطاب الكهربائية و نضبط المولد على 2V بعد مرور 3 دقائق نلاحظ انبعاث فقاعات من غاز الهيدروجين على المسرى السالب

تحليل كيميائي :

$$Zn \longrightarrow Zn^{+2}+2é$$

$$2H^{+}+2é \longrightarrow H_2$$

III-2-2- في وسط قاعدي :

نأخذ 50ml من الماء المقطر و نقوم بمزجه بحوالي 2 g من هيدروكسيد الصوديوم NaOH و نقوم بغمس الأقطاب الكهربائية و نضبط المولد على 2V بعد مرور 3 دقائق نلاحظ انبعاث فقعات من غاز الهيدروجين على المسرى السالب وتشكل راسب اسود على المسرى الموجب

التحليل الكيميائي:

$$Zn \longrightarrow Zn^{+2}+2é$$

$$Zn+2OH^{-} \longrightarrow Zn(OH)_2+2é$$

$$2H^{+}+2é \longrightarrow H_2$$

III-2-3- في وسط ملحي :

نأخذ 50ml من الماء المقطر و نقوم بمزجه ب 2 g من ملح الطعام NaCl و نقوم بغمس الاقطاب الكهربائية لZn و نضبط المولد على 2V بعد مرور 5 دقائق نلاحظ انبعاث فقاعات من غاز الهيدروجين و الأكسجين على كلا المسريين السالب والموجب أي تحلل الماء.

التحليل الكيميائي:

$$2H_2O+2é \longrightarrow H_2+2OH^{-}$$

$$2\ H_2O \longrightarrow O_2+4H^{+}+4é$$

بعدما قمنا بتحضير المحلول في ثلاث اوساط مختلفة المذكورة اعلاه استنتجنا ان الوسط الحامضي هو الوسط المناسب في دراستنا لتأكسد الزنك .

هذا وقد تم تحضير المحلول في ثلاثة جهود مختلفة .

- **جهد التيار E=2V :**

وفي ساعة من الزمن و الجدول التالي يوضح الشروط التجريبية . E=2Vعند ضبط جهد المولد

التجربة	الشروط التجريبية
1	2ml من HCl(0.5M) pH=5 50 ml من الماء الوقت60 دقيقة
2	2ml من HCl(0.5M) 25 ml من الماء pH=3.5 الوقت60 دقيقة

- **جهد التيار E=4V :**

وفي ساعة من الزمن الجدول التالي يوضح الشروط التجريبية E=4V عند ضبط جهد المولد

التجربة	الشروط التجريبية
1	2ml من HCl(0.5M) 50 ml من الماء pH=4 الوقت 60 دقيقة
2	2ml من HCl(0.5M) 50 ml من الماء pH=6 الوقت60 دقيقة

- جهد التيار E=6V :

وفي ساعة من الزمن الجدول التالي يوضح الشروط التجربية عند ضبط جهد المولد:E=6V

التجربة	الشروط التجريبية
1	HCl(0.5M) من 2ml 50 ml من الماء التوتر 6 فولط الوقت60 دقيقة
2	HCl(0.5M) من 2ml 50 ml من الماء التوتر 6 فولط الوقت 35دقيقة

III-3- تحضير المحلول بطريقة كيميائية :

لتحضير أغشية أكسيد الزنك (ZnO) استخدمنا المواد الكيميائية التالية :

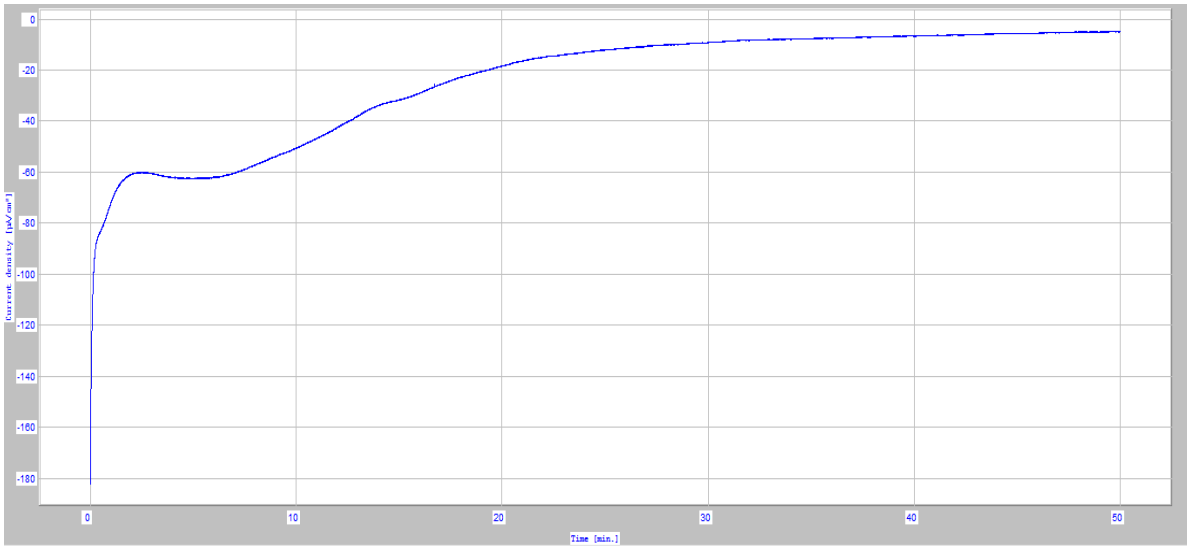
- كبريتات الزنك ($ZnSO_4(0.0619M$.
- كلور الزنك .$ZnCl_2(0.5M)$
- هيدروكسيد الصوديوم (NaOH(0.01g.

و الجدول التالي يوضح الشروط التجربية :

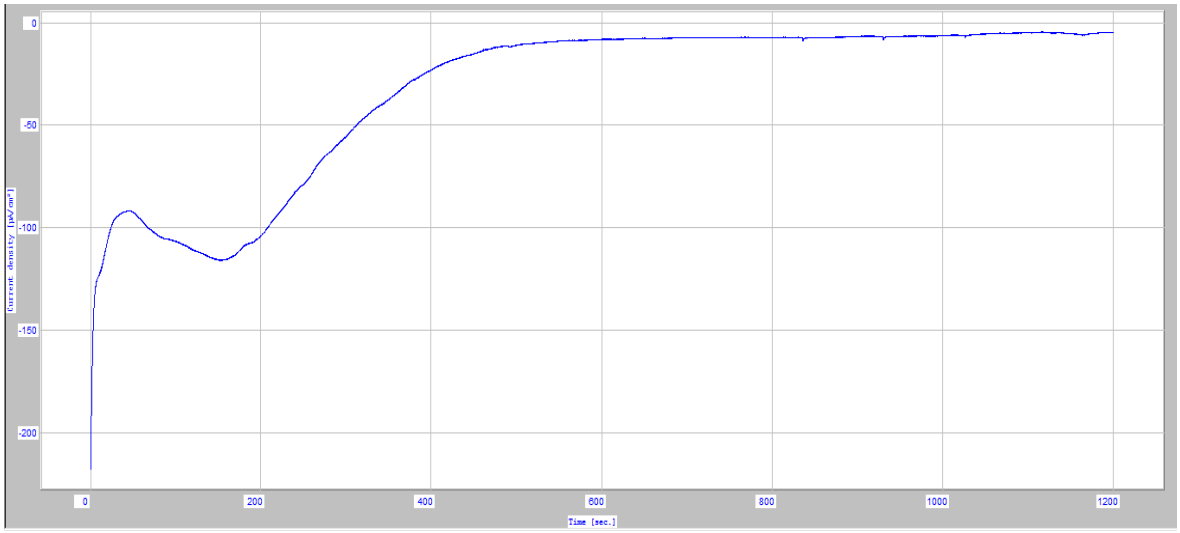
التجربة	الشروط التجريبية
1	$ZnSO_4$ من0.25g HCl من 2ml pH=5.6 25 ml من الماء
2	$ZnSO_4$ من0.25g HCl من 2ml pH=6 50 ml من الماء
3	$ZnCl_2$ من 5ml HCl من 2ml pH=3 50 ml من الماء

II-4- طريقة الكرونوامبيرومتري (CA):

لتوضع أكسيد الزنك على قطب العمل انديوم ،و الحصول على منحنى كثافة التيار بدلالة الزمن i=f(t) من خلال عملية الترسيب الكهروكيميائي بطريقة الكرونوامبيرومتري المعمول بها لنتحصل على الشكلين:



الشكل **(2-III)**: منحنى الكرونوامبيرومتري للترسيب الكهروكيميائي ل ZnO على ITO لمحلول محضر بطريقة كيميائية.



الشكل **(3-III)**: منحنى الكرونوامبيرومتري للترسيب الكهروكيميائي ل ZnO على ITO لمحلول محضر بطريقة كهروكيميائية.

لاحضنا بعد تسجيل منحنى بطريقة الكرونوامبيرومتري تغير في قيمة التيار i(t) بدلالة الزمن بسبب بداية تشكل طبقة على سطح القطب حتى الترسب التام و استقرار المنحنى.

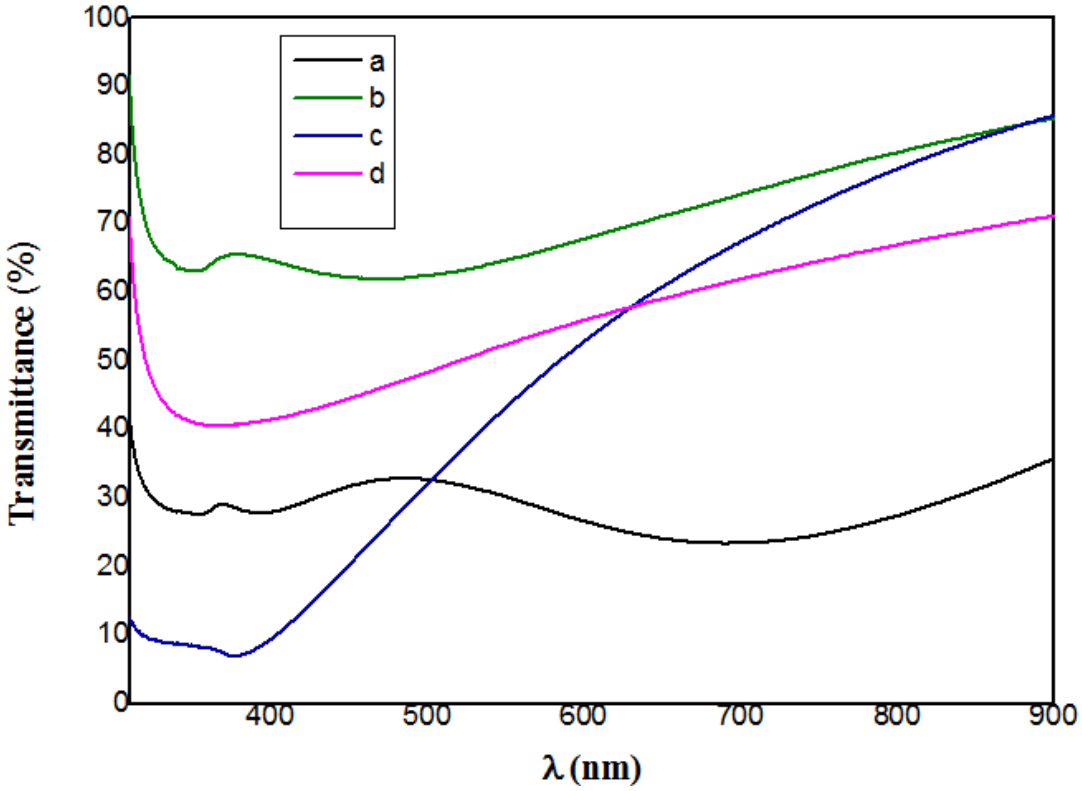
و الجدول التالي يوضح بعض نتائج الترسيب الكهروكيميائي للمحاليل المحضرة.

الجدول (III-1) : يوضح بعض الشروط التجريبية و نتائج الترسيب الكهروكيميائي عند E=-1000mV [48].

طريقة التحضير المحلول	الشروط التجريبية للتوضع	النتائج التوضع
طريقة كهرو كيميائية	T=40° c t =30min 5.6pH=	
	T=40°c t =50min pH=6	
طريقة كيميائية	T=50 °c t =40min 5.6pH=	
	T=40°c t =80min 6pH=	

III-5- الدراسة البصرية :

تعد الخصائص البصرية من الخصائص المميزة للأغشية الرقيقة لكونها تدخل في الكثير من التطبيقات التكنولوجية من هذه لخصائص هي (معامل الامتصاص، الفجوة البصرية ومعامل الانكسار) يستعمل طيف الأشعة فوق بنفسجية و المرئية لدراسة الخصائص البصرية للعينات (λ)T% المدروسة و ذالك من خلال قياس النفاذية بدلالة الطول الموجي و لقد تم تجميع اطياف النفاذية في مجال [310-900] حيث استخدمنا زجاجة أكسيد الانديوم كمرجع طيف النفاذية للعينة (Zno/ITO) كما في الشكل.



الشكل **(4-III)** : أطياف النفذية لطبقة ZnO.

يمثل الشكل طيف النفذية لطبقات رقيقة لأكسيد الزنك المحضر بطرق مختلفة حيث :

a قطب ZnOعند توتر 2 فولط.

d قطبZnO توتر 4 فولط.

c قطب ZnO عند توتر 6 فولط.

d قطب ITO/ZnO محضر بطريقة كميائية.

الجدول (III-2) يمثل متوسط قيم نفاذية الطبقات الرقيقة ل ZnO في المجال المرئي .

القطب	a	b	c	d
T_{moy}%	37.5	87.67	48.30	70.23

اظهرت النتائج من خلال الشكل و الجدول ان هذه الاطياف للطبقات الرقيقة تميزت في المجال (310-900) nm بنفاذية تجاوزت 37.5%

وفي المجال (600-700) nm تميزت الطبقات الرقيقة بشفافية عالية تجاوزت % 50 باستثناء الطيف (a)الذي كان عند 30% ومن الارجح ان يكون سبب الطريقة

المستخدمة في تحضير القطب ،اما باقي الاقطاب التي تملك شفافية عالية يمكن استخدامها.

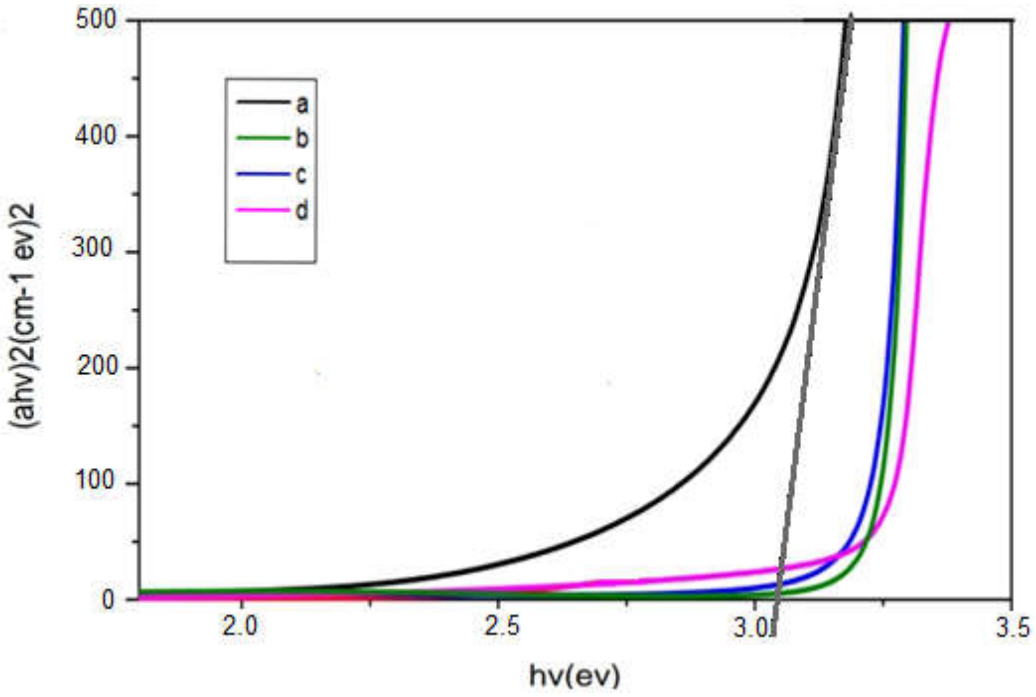
في حين اظهر القطب (b) افضل نفاذية في المجال (700-900) حيث بلغت 87.67%.

III-5-1- تحديد الفاصل الطاقي لطبقات الرقيقة لأكسيد الزنـك :

يـتم تحديـد الفاصـل الطـاقي للطبقـات الرقيقـة عـن طريـق علاقة (Tauc) التي تربط بين معامل الامتصاص α والفاصل الطاقي E_g حيث تعطى بالعلاقة :

$$(\alpha h\upsilon)^2 = B(h\upsilon - E_g) \quad \text{(III)}$$

(Tauc) تعتمد على التمثيل البياني للمتغيرات $(\alpha h\upsilon)^2$ وفقا للتغير(hυ) كما هو موضح في الشكل(III-5) حيث تقاطع مماس البيان مع محور الفواصل يعطي قيمة E_g.



الشكل (III-5) : يوضح كيفية تحديد طاقية الفجوة لأكسيد الزنك.

الجدول(III-3) : يعرض تحديد الطـاقة الفجوة للطبقـات الرقيقـة لأكسـيد الزنـك .

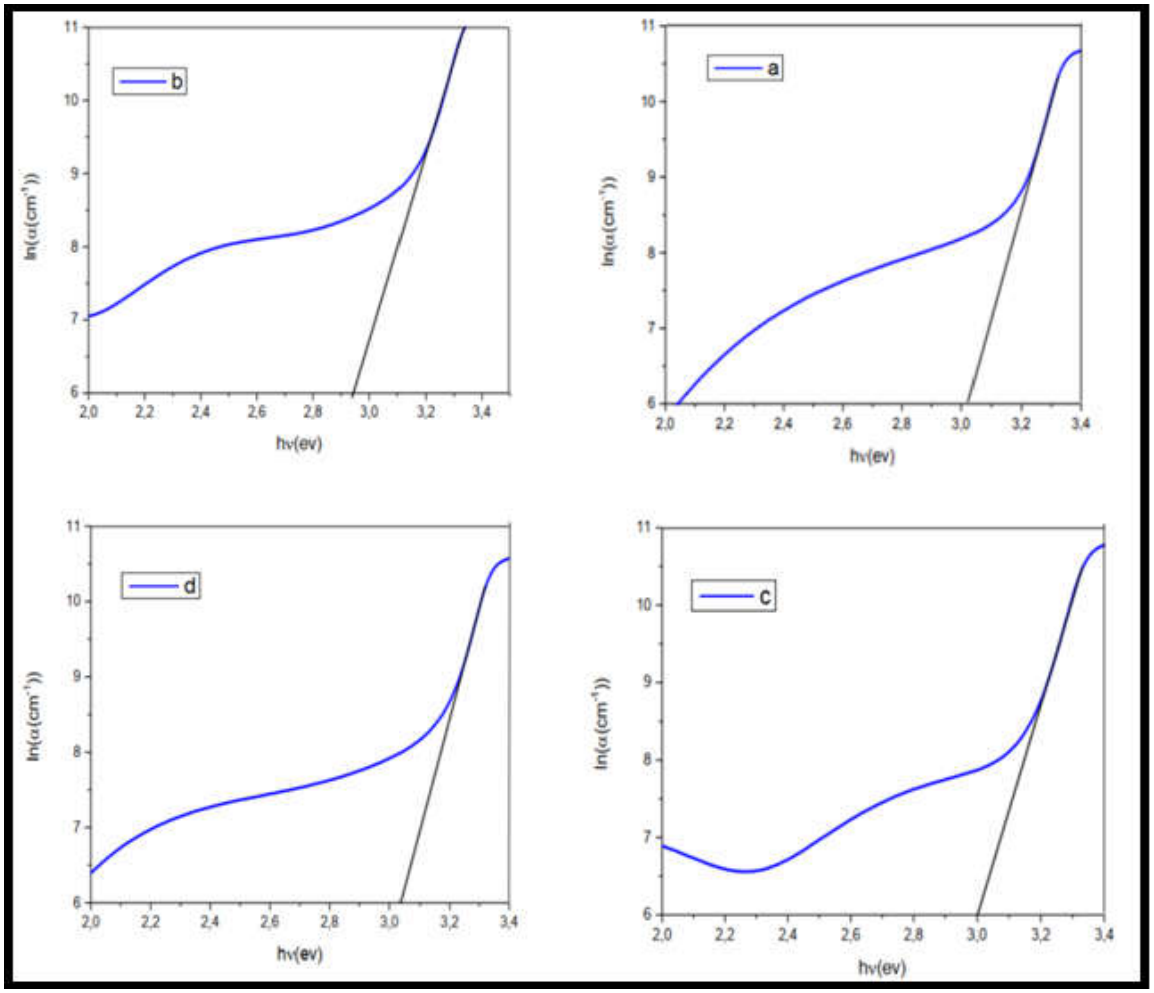
القطب	طاقة الفجوةE_g (eV)
a	3.077
b	3.148
c	3.165
d	3.224

III-2-5-طاقة أورباخ:

طاقة أور باخ هي مقدار فيزيائي يميز اضطراب المادة ، تتعلق بطيف الامتصاص وفق العلاقة التالية [49]:

$$\alpha = \alpha_o . e^{\frac{h\nu}{Eu}}$$

يمكن تحديد قيمة طاقة أور باخ (E_u) من رسم منحنى تغيرات الدالة الخطية ln (α) بدلالة hv(ev) طاقة الفوتون (hν) الموضحة في الشكل (III-6) حيث مقلوب الميل يمثل طاقة أورباخ .



الشكل (III-6) : منحنى يبين طاقة اورباخ.

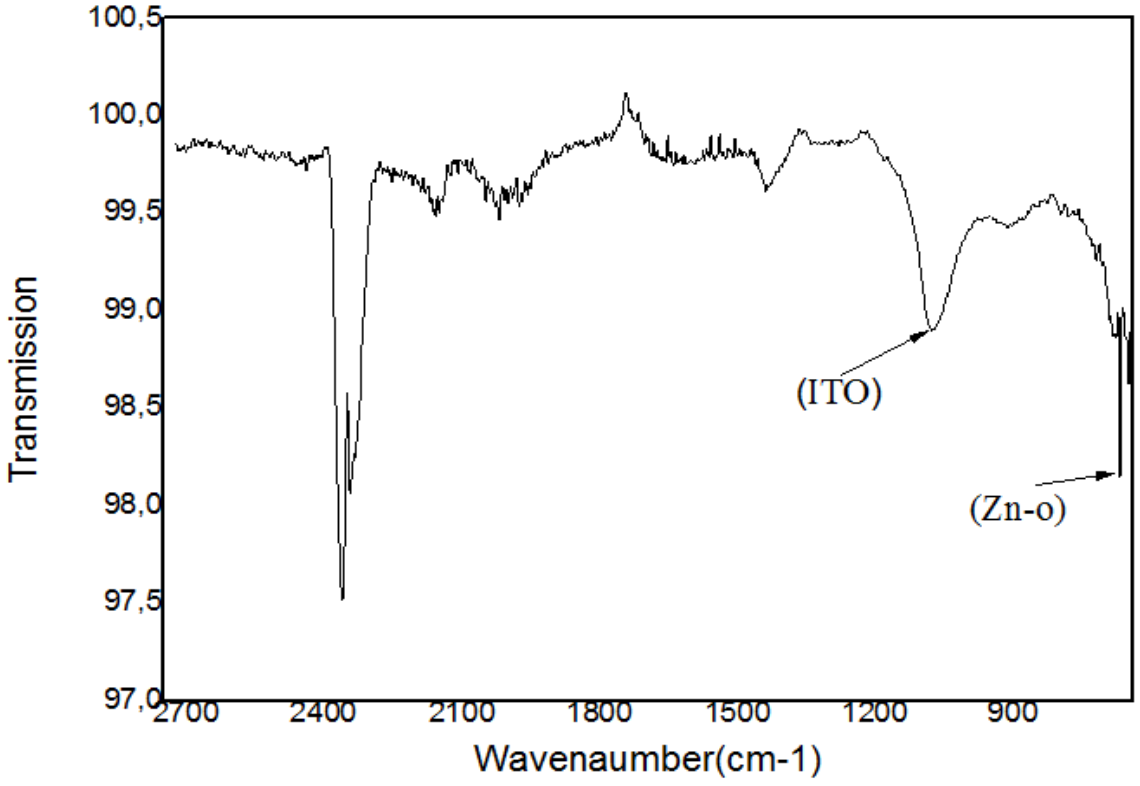
الجدول (III-4):يبين قيم طاقة اور باخ لأغشية أكسيد الزنك .

القطب	طاقة الفجوة(Eu (eV
A	0.339
B	0.333
C	0.326
D	0.301

يفسر النقصان في قيمة طاقة أورباخ بأن عدد مستويات الطاقة الموضعية في الفاصل الطاقي البصري تقل وبذلك تقل طاقة أورباخ مما يؤدي إلى زيادة الفاصل الطاقي، وهذا يعني أن السلوك البصري لقيمة طاقة أورباخ يكون معاكسا للسلوك البصري لقيمة الفاصل الطاقي.

III-6- دراسة المجموعات الوظيفية :

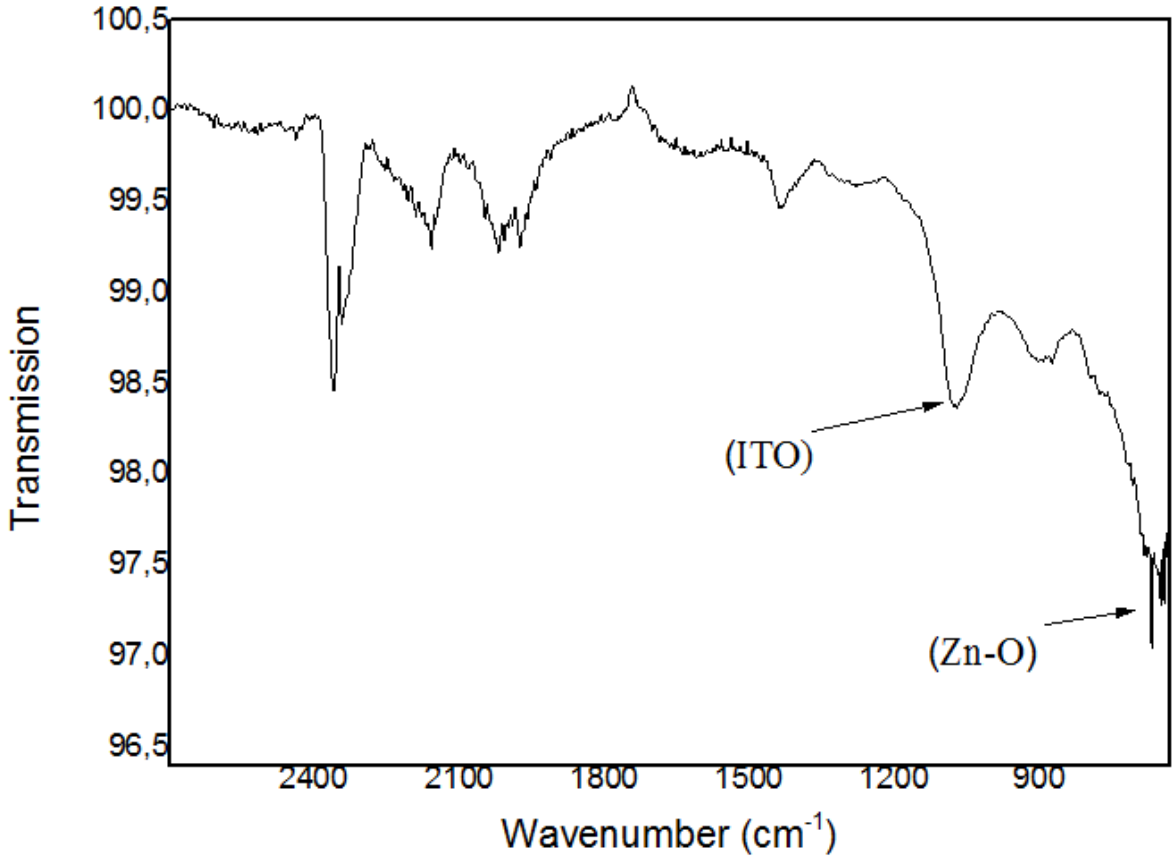
تمت دراسة القطب المعدل المحضر بطريقة كهر وكيميائية ITO/ZnO و ذالك باستعمال الاشعة تحت الحمراء في المجال $[2700\text{-}600]cm^{-1}$ لنتحصل على الشكل التالية :



الشكل (III-7): طيف الاشعة تحت الحمراء (ITO/ZnO).

اظهرت نتائج IR وذالك من خلال الشكل (III-7) لوحظ تمدد لكلا المجموعتين (ITO) و (Zn-O) ظهور القمم قوية .

و ايضا درسنا القطب المعدل المحضر بطريقة كيميائية ITO/ZnO و اظهرت النتيجة الموضحة في الشكل



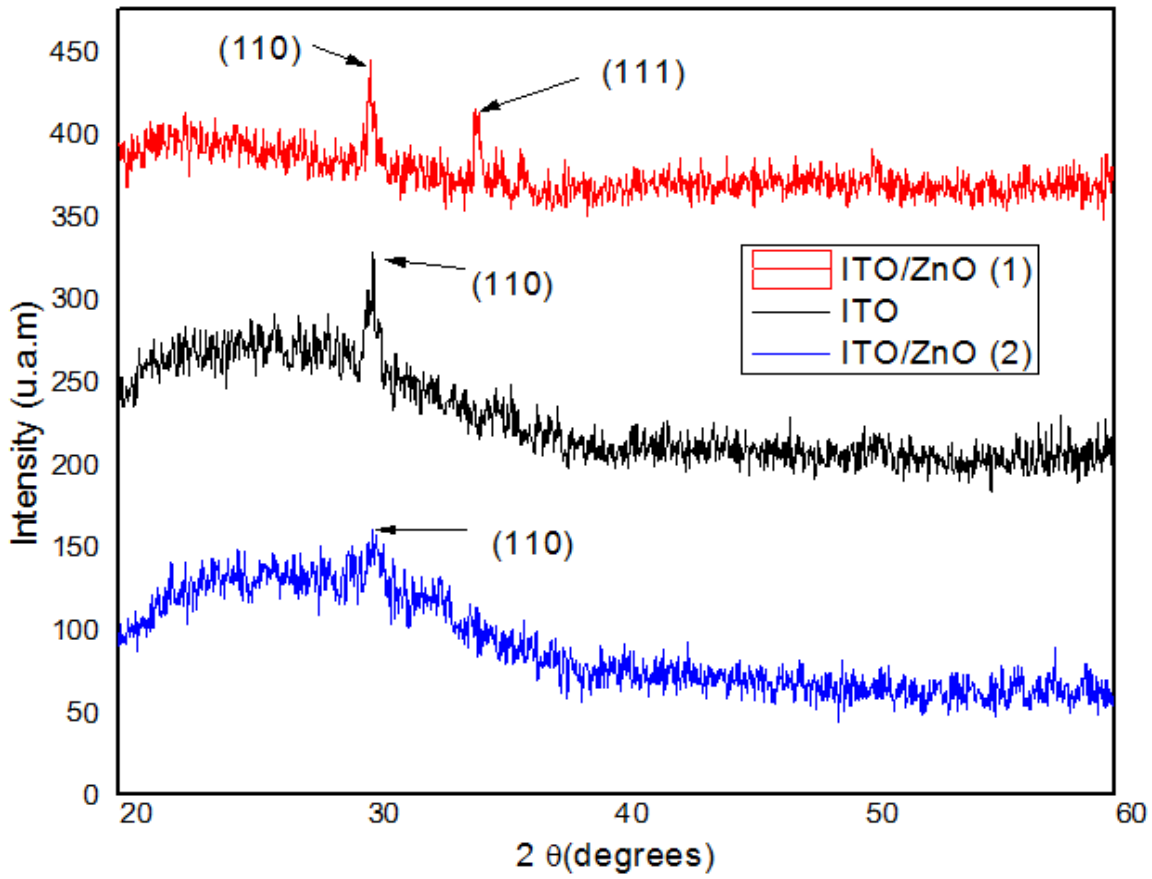
الشكل (III-8): طيف الاشعة تحت الحمراء (ITO/ZnO).

اظهرت نتائج IR وذالك من خلال الشكل (III-8) لوحظ ظهور قمة قوية (ITO) و قمة (Zn-O) تظهر بأقل قوة [50] .

وعند المقارنة بين الشكلين (III-7) و (III-8) نلاحظ ظهور قمم (Zn-O) بقوة في المحلول المحضر بطريقة كهر وكيميائية ،على عكس ما اظهرته نتائج المحلول المحضر بطريقة كيميائية حيث نلاحظ تشكل قمم ضعيفة.

III-7- دراسة الخصائص البنيوية:

أظهرت نتائج قياسات حيود الأشعة السينية(DRX) لغشاء أكسيد الزنك(ZnO) النقي والمطعم بزجاج الاند يوم (ITO) منحنيات أطياف الأشعة السينية الموضحة بالشكل(III-9)ظهور عدة قمم هذا يعني أن غشاء أكسيد الزنك النقي والمطعم بأنه متعدد التبلور ويمتلك تركيب سداسي متراص (Hexagonal wurtzite) وهذا يتفق مع منشور [51] إذ يبين مخطط الأشعة السينية لأغشية (ZnO) ظهور عدة قمم (110) و (111) و التي تظهر بشكل حاد عند تسليط حزم من هذه الأشعة بزوايا مختلفة على الغشاء .



الشكل (III-9) : طيف انعراج الأشعة السينية لغشاء(ZnO) المطعم (ITO).

حيث :

- ITO/ZnO (1) : تم تحضير محلوله بطريقة كهر وكيميائية .
- ITO : قطب انديوم مرجعي .
- ITO/ZnO (2) : تم تحضير محلوله بطريقة كيميائية.

III-6-1- الحجم الحبيبي:

يمكن حساب معدل الحجم الحبيبي باستخدام علاقة شرير [52] :

$$D = \frac{0.9\lambda}{\beta \cos \theta}$$

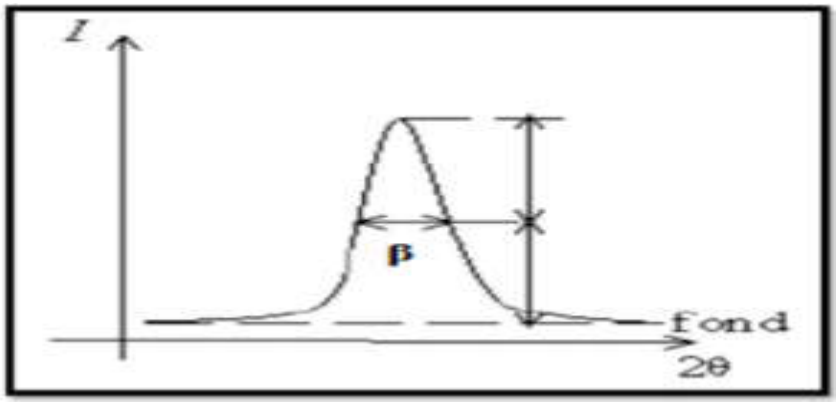
حيث :

λ : الطول الموجي للأشعة السينية ويساوي (1.5405A°).

β : عرض المنحنى عند منتصف الشدة العظمى.

θ : زاوية الشدة العظمة للقمة .

والشكل المقابل يبين كيفية تحديد عرض منتصف الارتفاع β



الشكل (III-10) :تحديد عرض منتصف الارتفاع β

الجدول (III-5) : يبين ملخص النتائج المتحصل عليها من أطياف انعراج الاشعة السينية (XRD)

D (nm)	FWHM β°	Hkl	Θ (rad)	2Θ(°)	العينة
119,5468	0,001200	110	0,261667	30	**ITO**
76,65937	0,001873	111	0,262801	30,13	**ITO/ZnO**
31,37147	0,004625	110	0,299434	34,33	
168,139	0,00085	110	0,265592	30,45	**ITO/ZnO**

III-7- دراسة ممانعة المحلول :

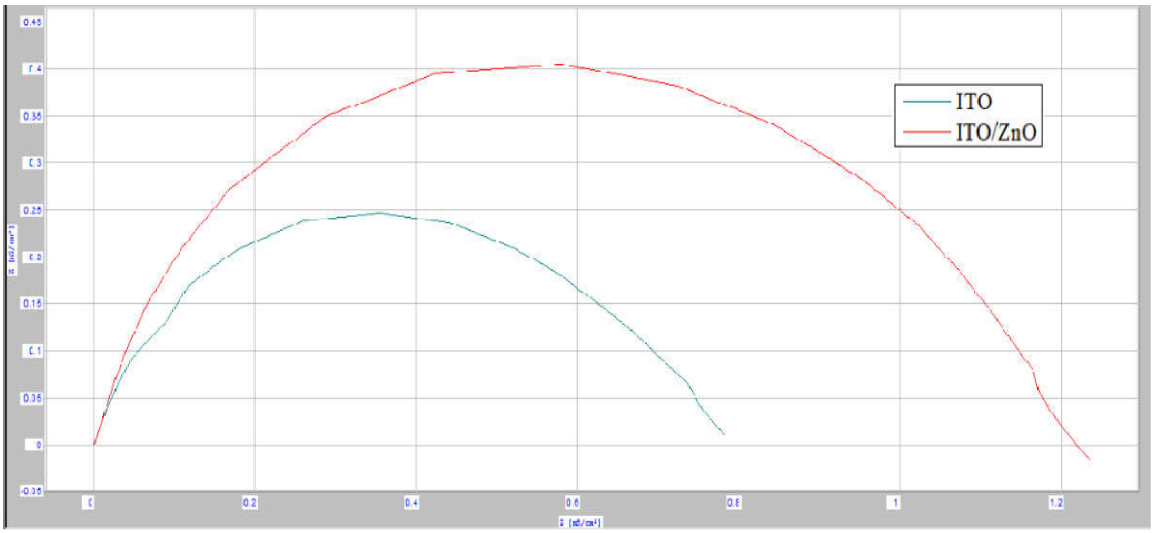
عند تطبيق فرق جهد متردد على الخلية (تظهر استقطاب كهربائي مثل بعض انواع الزجاج و البلمرات) يمر تيار متردد و تعطى العلاقة بينهما في صورة ممانعة مركبة كما هو مبين [53] :

$$Z(\omega) = Z_0 \left(\cos\phi + i\sin\phi\right) \quad \text{(IV)}$$

حيث : Z_{re} : مركبة حقيقية.

Z_{im} : مركبة تخيلية .

عند تغيير التردد و تثبيت باقي المتغيرات الاخرى (درجة الحرارة و قيمة الجهد) رسم الجزء الحقيقي على محور الفواصل و الخيالي على محور التراتيب نحصل على مخطط يسمى برسم نيكويست ، هذا و قد تم دراسة ممانعة كل من القطبين ITO/ZnO و ITO في محلول محضر بطريقة كهروكيميائية يحتوي على شوارد الزنك و الشكل (III-11) يوضح فرق الاستجابة بين القطبين المذكورين .

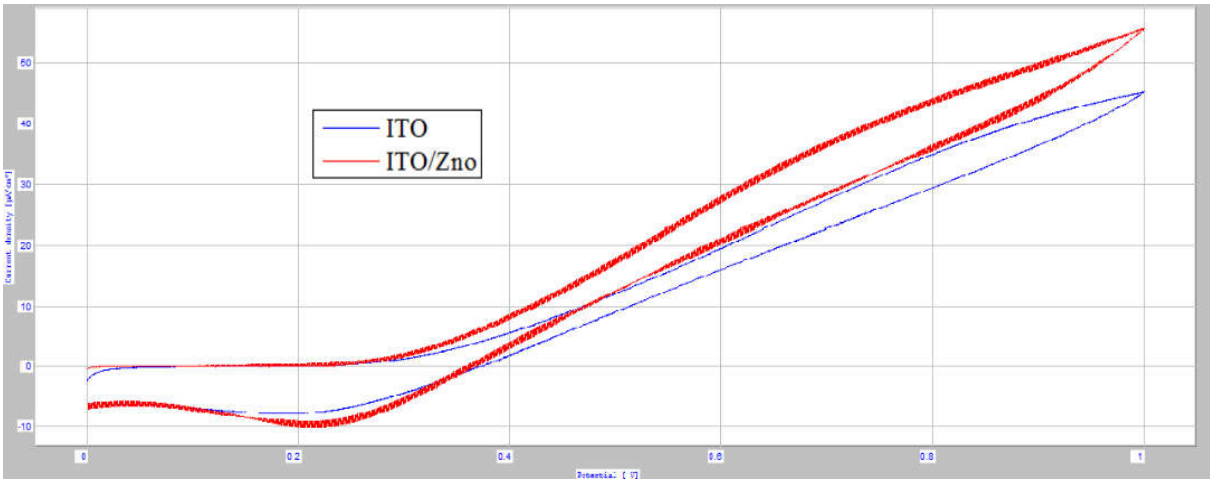


الشكل (III-11) : منحنى الممانعة للمحلول محضر بطريقة كهروكيميائية

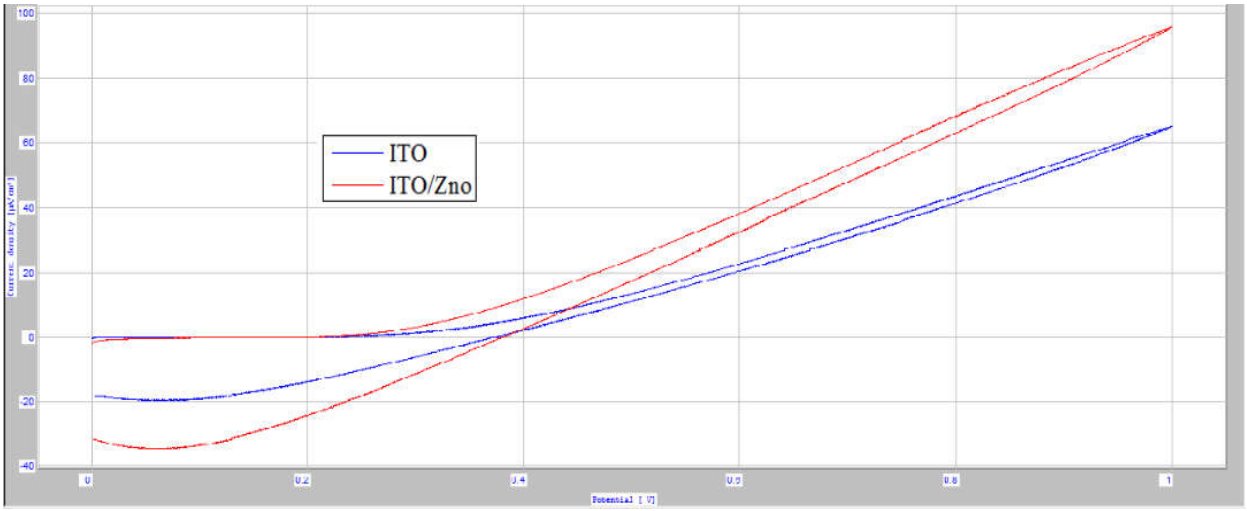
III-8- اختبار لقطب محضر بطريقة الكرونوامبيرومتري :

III-8-1- اختبار مع مشتق الفيروسان :

تم القيام باختبار تطبيقي من اجل دراسة ناقلية القطب ITO/ZnO مقارنة مع قطب ITO في محلولين يحتويان على مشتق الفيروسان و ذلك باستعمال 12ml من DMSO و 5mg من مشتق الفيروسان و المحلول الثاني يحتوي على 10mg من مشتق الفيروسان و نتائج مبينة في الشكلين (III-12-13) .



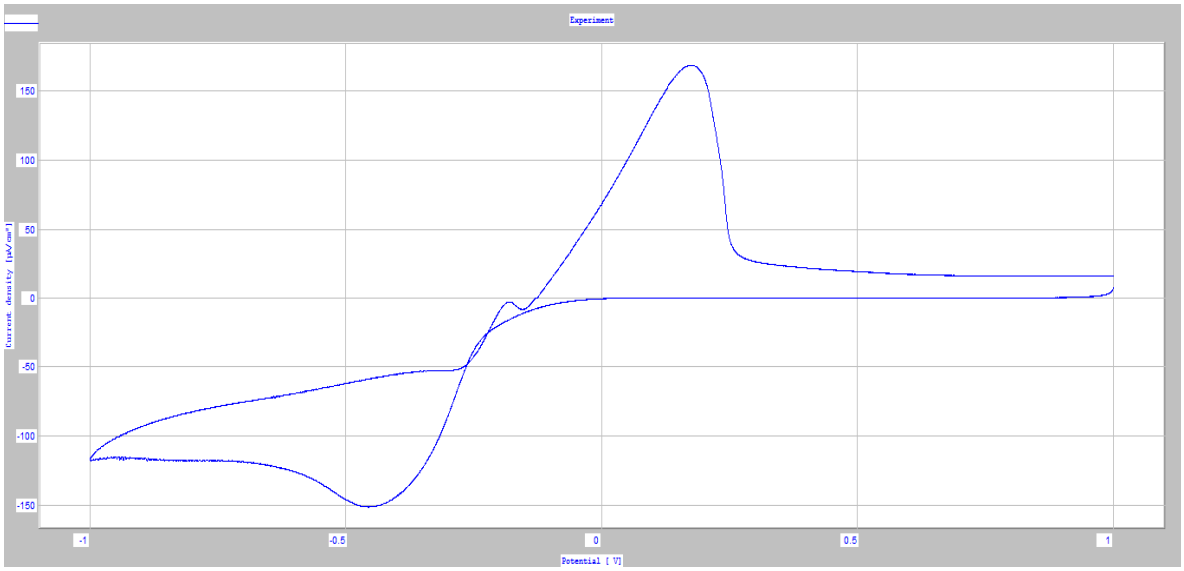
الشكل (III-12):دراسة محلول في مجال E=[0,1000]mV/ECS بسرعة مسح v=30mV/s .



الشكل (III-13):دراسة محلول في مجال E=[0,1000]mV/ECS بسرعة مسح v=30mV/s .

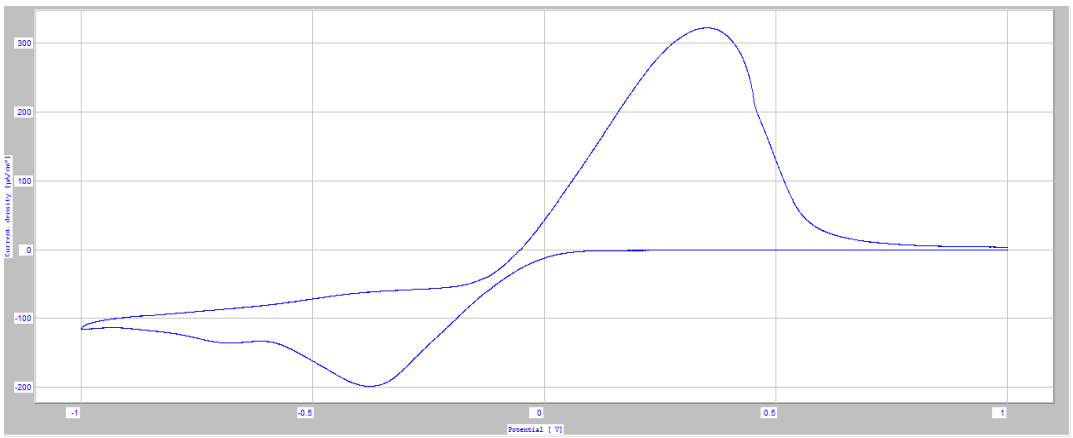
III-2-8- اختبار مع محلول يحتوي على شوارد معادن ثقيلة ($Cu^{+2}/Fe^{+3}/Ti^{+4}$):

تم القيام بعمل تجريبي حيث تم وضعه في ITO/ZnOمن اجل اختبار و دراسة ناقلية القطب محلول يحتوي شوارد معادن الثقيلة في المجال [1000،1000-] بسرعة V=30mV/s .



الشكل (III-14) : منحنى فولطامتري الحلقي لقطبITO/ZnO في المحلول المحضر

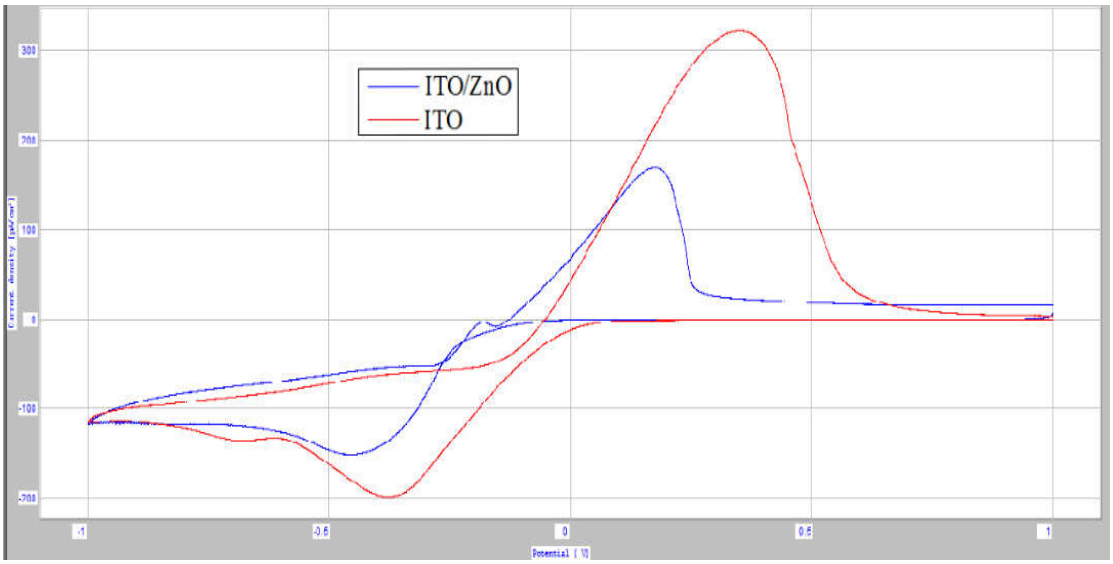
ونقوم باختباره قصد معرفة الفرق بينه وبين القطب المعدل و الشكلITO ناخد قطب عمل يمثل تسجيل منحنى فولطامتري الحلقي للانديوم المطعم بالقصدير ITO.



الشكل (III-15) : منحنى فولطامتري الحلقيITO في المجال [1000،1000-]

و بسرعة V=30mV/s .

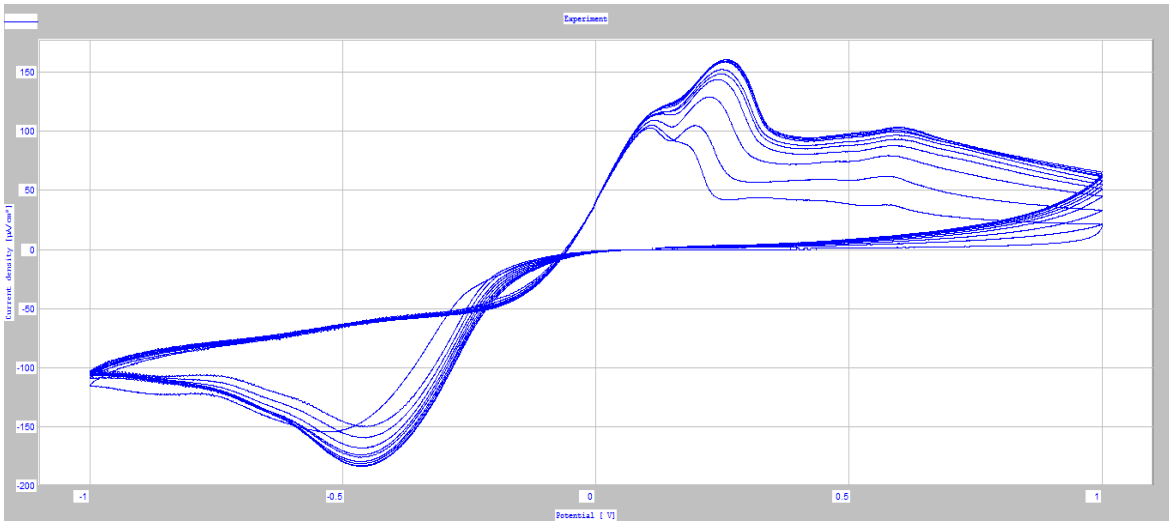
بعد الاختبار التجريبي على كلا القطبين نقوم بإجراء مقارنة بينها و الشكل (III-16) يوضح ذالك .



شكل (III-16) :منحنى يوضح الفولطامتري الحلقي بين ITO وITO/ZnO

بعد اجراء المقارنة نلاحظ اختلاف في قمم الاكسدة حيث تظهر قمتين اكسدة على القطب المعدل ITO/ZnO و ظهور قمة واحدة على قطب العمل ITO .

بعد تسجيل الشكل (III-16) تم تسجيل منحنى فولطامتري الحلقي ل 10 حلقات للترسيب الكهروكيميائي في نفس المجال و السرعة لقطب ITO/ZnO كما هو موضح في الشكل (III-17) .



الشكل (III-17) : منحنى فولطامتري الحلقي 10حلقات لقطبITO/ZnO في المحلول.

بعد تكرار الحلقات نلاحظ تناقص شدة التيار بنسبة لقمتين الاكسدة و الارجاع شاردة الزنك مع قمم الالكتروليت و الذيب و الشكل (III-17) يوضح الفرق في كثافة التيار الكهربائي و تناقص الاستجابة ما يدل على تغير الشكل العام للقطب .

خاتمة عامة

خاتمة عامة

في هذا العمل تمت دراسة ترسيب الطبقات الرقيقة لأكسيد الزنك على اكسيد الانديوم المطعم بالقصدير بطريقة الترسيب الكهروكيميائي و ذالك باستعمال تقنية الكرونوامبيرومتري مع تغيير الشروط التجريبية .

حيث بينت النتائج المتحصل عليها اختلاف في طبيعة القطب حسب الطريقة الكهروكيميائية و طبيعة المحلول المحضر .

اظهرت نتائج تحليل الدراسة الضوئية باستعمال طيف الاشعة فوق البنفسجية زيادة في النفاذية بالنسبة للقطب المعدل كما يمكن تحديد طاقة الفجوة و طاقة اورباخ، حيث لوحظ تزايد في قيمة طاقة الفجوة يقابله تناقص في قيمة طاقة اورباخ .

لتحديد الوظيفة الكيميائية باستعمال الاشعة تحت الحمراء اظهرت وجود روابط اكسيد الزنك بنسب مختلفة .

عند تحديد الخصائص البنيوية للطبقات الرقيقة فقد تمت الدراسة مخطط انعراج الاشعة السينية اولا على قطب (ITO) حيث اظهر قمة عند (110) ما يتناسب مع المراجع ثم تمت مقارنته مع القطب العدل حيت اظهرت قمم لأكسيد الزنك (111) بشدة مختلفة .

بعد ترسيب و حصول على الأقطاب المعدل و مقارنة الفرق بين قطب ITO/ZnOو قطب ITO تم انجاز عمل تجريبي عليهما حيث تم وضعهما في محلولين احدهما يحتوي على مشتق الفيروسان و الاخر يحتوي على شوارد المعادن الثقيلة في نفس الشروط التجريبية اذ لوحظ ان هناك فرق استجابة حيث اظهر قطب ITO/ZnO استجابة افضل من ITO .

بعد تحديد الخصائص التجريبية المثلى في مجال الدراسة و الطريقة الكهروكيميائية لتحضير المحليل نأمل في المستقبل ان يتم العمل على توسيع الأبحاث على هذا النوع من الاقطاب و دراسة تطبيقاتها التكنولوجية لتكون الفكرة أكثر دقة حول تطوير استخدماتها ، اما الاعمال البحثية التي يقوم بها العلماء مجرد افتراضات و نماذج يضعونها للمساعدة في تفسير و تبسيط الدراسة و لكن تبقى التجربة خير برهان .

قائمة المراجع

[1] A. Atyaoui, Élaboration De Tio_2 sous forme de couche mince dopée et nanotubulaire : Caractérisation Électrochimique et Performance Photocatalytique, Paris: Université Pierre Et Marie Curie,2013,p 45.

[2] K. Tomkouani, Etudes et caractérisations de couches minces de semi-conducteurs nanostructurés dopés et non dopés en vue de leur utilisation pour la dépollution des eaux, Togo : L'Université de LOME,2011

[3] K. Daoudi, Élaboration et Caractérisation de films minces d'oxyde d'indium dope a l'étain obtenus par voie sol-gel potentialité pour la réalisation d'électrodes sur silicium poreux, lyon :l'Université Claude Bernard – lyon 1, 2003.

[4] G. Legeay, Couches minces amorphes d'ITO : caractérisation, structure, évolution et fonctionnalisation sous rayonnements UV, Français: Université Rennes 1, 2011.

[5] J. Y. Kim, Nanostructured Transparent Conducting Oxides via Blockcopolymer Patterning, PhD thesis, Sidney Sussex College Cambridge 2012.

[6] R. Li and H. Meng. Organic Light-emitting Materials and Devices. CRC Press, USA, 2007,p 86.

[7] T.H. Vlasenflin and M. Tanaka, Solid State Commun., 141 , 292–294, (2007)

[8] S. Yahiaoui, L'effet de la molarité des différentes sources d'étain sur les propriétés des couches minces d'oxyde d'étain SnO_2 élaborées par Spray Ultrasonique ,Biskra: Université Mohamed Khider, 2014.

[9] H. L. Hartnagel, A. L. Dawar, A. K. Jain, and C. Jagadish," Semiconducting Transparent Thin Films" , Institute of Physics Publishing, Bristol , (1995).

[10] A. RAHAL, "Elaboration des verres conducteurs par déposition de ZnO sur des verres ordinaires", Memoire de Magiter ,UNIVERSITE D'ELOUED , (2013).

[11] M. Vaseem1, A.Umar2, Y. Hahn3, ZnO Nanoparticles: Growth, Properties, and Applications, Chonbuk National University, Chonju 561-756,South Korea, 2Najran University, P. O. Box 1988, Najran 11001, Kingdom of Saudi Arabia.

[12] D. R. Lide, "Chemical Rubber Company", Hand Book of Chemistry and Physics, USA ,7th edition, (1996) .

[13] W.J. Shen ; Wang, J.; Wang, Q. Y.; Duan, Y.; Zeng, Y. P/ Journal of Physics. D : Applied Physics, 39 (2006) 269-273.

[14] عامر عباس ابراهيم وهناء متي عبد الاحد, " الكترونيات اشباه الموصلات", الجامعة المستنصرية ، (1990).

[15] P. Sagar, M. Kumar, and R. M. Mehra, "Electrical and Optical properties of sol-gel derived ZnO:Al thin films", Material Science-Poland, vol. 23, no. 3, P. 685, (2005).

[16] Z. R. Li and H. Meng. Organic Light-emitting Materials and Devices. CRC Press, USA, 2007

[17] "Zinc Oxide Nanostructures and Thin Films Grown by Pulsed Laser Deposition" Norwegian University of Science and Technology, Mathematics and Electrical Engineering Department of Electronics and Telecommunications.

[18] "Zinc Oxide Nanostructures Synthesized by Oxidization of Zinc."A Thesis Submitted in Partial Fulfillment Metallurgical & Materials Engineering By MANISH KUMAR (10604026) and SHAKTI SWARUP SAHU (10604041) 2010.

[19] Lilie Baghriche, thèse de Magister, université Mentouri-Constantine (2006).

[20] M. Mitsuya, S. Imazeki, ―Metal coating of organic thin films for thickness measurements by a stylus method‖ , Rev. Sci. Instrum, American Institute of Physics , Vol 61, (1990).

[21] Benamra, H. (2013). L'effet de la température du substrat et de la molarité sur les propriétés des couches minces de sulfure de zinc déposées par spray ultrasonique. Doctoral dissertation,Université Mohamed Khider-Biskra

[22] Ouarda, D. (2007). Elaboration et caractérisation des couches minces de Sulfure de Zinc préparées par spray ultrasonique. Thèse de magister, université de Constantine.

[23] R. Achour, Elaboration des verres conducteurs par déposition de ZnO sur des verres Ordinaries, université d'el-oued, 2013.

[24] A. SIHEM, Elaboration et Caractérisation de Couches minces d'Oxyde de Zinc Obtenues par Spray Pyrolyse, Université MENTOURI – CONSTANTINE(2005)

[25] C.M. Lampert. Energy Mater,p. 6-11, (1981)

[26] J. I., Ponkove, (1971), "Optical Processes in Semiconductors"1sted, Prentice-Hall, Inc, New JERSEY , pp. (34-36).

[27] K.L.,Chopra,.S,Major and D.K.pandya(1983), "Transparent Conductors Astatus Review" " Thin Solid Films" , Vol (1),(102)p.

[28] A.MOUSTAGHFIR ," laboration et caractérisa tion de couches minces d'oxyde de zinc", université BLAISE PASCAL, p19, (novembre 2004).

[29] K.L.Chopra ،"Thin Films Phenomena" ،McGraw – Hill Book Company،New York , (1969).

[30] I. Guesmi, "Dépôt de couches minces de cuivre sur substrats polymère de formes complexes par pulvérisation cathodique magnétron avec ionisation de la vapeur", thèse de doctorat, Université Paris Sud – XI, (2003).

[31] G.Jérome." Elaboration de couche mince d' oxyde transparent conducteurs par spray CVD assisté par radiation infrarouge pour application photovoltaique'' .these de Doctorat .Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Paris.(2009)

[32] غيابة زينب. دراسة تحليلية للبيدات وفينولات ومكونات أخرى لبعض أصناف نخيل التمر المحلية. رسالة دكتوراه. ورقلة: جامعة قاصدي مرباح,2015

[33] لقميري سهيلة. تحضير ودراسة الكتروكيميائية وبنيوية للأمينات فيروسينيل مثيل أمين- 2- (3 و4)- نتروبنزين. مذكرة ماجستير. ورقلة : جامعة قاصدي مرباح، 2008

[34] N.MOUATS.Etude électrochimique des dérives de l acide 2-Nitrophenyl sulfonyl Acétique. Mémoire de Magister. Skikda : Université De 20 Aout 1955, 2010.

[35] بن ساسي حمزة. تصنيع ودراسة كهروكيميائية لبعض مشتقات الفينيل هيدرازيد الفيروسينية. مذكرة ماجستير. ورقلة: جامعة قاصدي مرباح، 2013.

[36] J. Wang, ANALYTICAL ELECTROCHEMISTRY, John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, United States, (2006).

[37] A. J. Bard, L. R. Faulkner, ELECTROCHEMICAL METHODS Fundamentals and Applications, John Wiley & Sons,(2001).

[38] A. Lounas, Préparation de l'électrode de fer sous forme de couche mince. Etude de l'oxydation et de la réduction du fer dans différents milieux, These de Doctorat, Université BADJI MOKHTAR-ANNABA, (2011).

[39]]In Interodction XRD,Calfornia,Edwar g Tarbok,(2014)

[40] B. Bideau, « Elaboration d'un composite conducteur à base de polypyrrole et de nanofibres de cellulose », Thèse doctorat, Université du Québec (2012).

[41]] H. Villavicencio Garcia, M. Hernandez Vélez, O. Sanchez Garrido, J. M. Martinez Duart, J. Jiménez," CdS doped-MOR type zeolite characterization" ,Solid State Electronics, Vol. 43,N.6, p. 1171-1175, 1999.

[42] G. Huertas, Etude de Nouveaux Matériaux D'électrode Positive et d'électrolyte Solide Vitreux Sous Forme de Couches minces pour des Couches Minces Microbatteries au Lithium, Thèse de doctorat, université de Bordeaux, 2006.

[43] F. HADJERSI , "Investigation des propriétés structurales, optiques et électriques des films ITO élaborés par pulvérisation cathodique RF; Effet du recuit" , Université Ferhat Abbas de Sétif, 2011.

[44] Frank A. Settle, Prentice Hall, Handbook of instrumental techniques for analytical chemistry, U.S.A, 1997.

[45] R. JURGEN, MEYER-ARENDT, Introduction to Classical and Modern Optics, Fourth edition, Published by Prentice-Hall Inc, 1995.

[46]T. Gungor, H. Tolunay, Effects of Substrate Temperature on Properties of a-SiNx:H Films, J Phys.Vol. 26,p.269 – 275, 2002.

[47] A. RAHAL, *" Elaboration des verres conducteurs par déposition de ZnO sur des verres ordinaires"* , UNIVERSITE D'ELOUED, (2013).

[48] T. Pauporte, D. Lincot, J. Electroanal. Chem. 517 (2001) 54.

[49] F. Hadjersi , "Investigation des propriétés structurales, optiques et électriques des films ITO élaborés par pulvérisation cathodique RF; Effet du recuit", Université Ferhat Abbas de Sétif,(2011)

[50] S. Yedurkar, C. Maurya, and P. Mahanwar, Biosynthesis of Zinc Oxide Nanoparticles Using Ixora Coccinea Leaf Extract—A Green Approach. Open Journal of Synthesis Theory and Applications , 5, 1-14. (2016).

[51] J. W. Kim, J. Choi, S. J. Hong, Journal of the Korean Physical Society, Vol. 57, No. 6, pp.1794-1798 (2010)

[52] M.Awskhawwam, studying the effect of Annealing on the structural and optical properties of ($Zn\ Fe\ O\ 1–x\ x$)thin films prepared by chemical spray pyrolysis method ,A thesis submitted to the council of college of science University of Diyala in Partial Fulfillment of the Degree of M.Sc.in physics, 2014

[53] R. Memming, Semiconductor Electrochemistry, WILEY-VCH Verlag GmbH:D 69469- Weinheim (Federal Republic of Germany), (2001).

الملخص :

تم في هذا العمل إعداد قطب معدل من أكسيد الزنك (ZnO)على زجاج أكسيد الانديوم المطعم بالقصدير (ITO) الموصل بطريقة الترسيب الكهروكيميائي،حيث تم تحضير القطب باستخدام تقنية الكر ونوامبيرو متري ودراسة خصائصه البنيوية والبصرية باستخدام الأشعة السينية (DRX)،الأشعة تحت الحمراء(IR) والأشعة فوق البنفسجية (UV-visible).

الكلمات المفتاحية :الطبقات الرقيقة، أكسيد الزنك، الكر ونو امبيرو متري، ITO, الاقطاب.

Résumé:

Dans ce travail, une électrode en oxyde de zinc (ZnO) a été préparée sur une électrode en oxyde d'andium électrolytique (ITO) dans le procédé de dépôt d'électrode. L'électrode a été préparée à l'aide de la technique de chronoformétrie et a étudié ses propriétés structurelles et optiques à l'aide de rayons X (DRX) et de rayons ultraviolets visibles.

Mots-clés: couchces minces, oxyde de zinc, chronoampéromètrie, ITO , les électrodes.

Abstract:

In this work, a zinc oxide (ZnO) electrode was prepared on an electrolytic andium oxide electrode (ITO) in the electrode deposition method. The electrode was prepared using the chronoformetry technique and studied its structural and optical properties using X-ray (DRX) and visible ultraviolet radiation.

Keywords: thin coatings, zinc oxide, chronoamperometry, ITO, The electrodes.