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

الاغشيه الرقيقة وطرق تحضيرها

مشروع بحث مقدم الى مجلس كلية العلوم _ قسم الفيزياء
كجزء من متطلبات نيل درجة البكالوريوس في علم الفيزياء

من قبل الطالبة

جنان عباس كاظم هاشم

بأشراف

أ. د. محمد هادي شنين

١٤٤٥هـ **٢٠٢٤م**

بسم الله الرحمن الرحيم

قال تعالى :

(إِنَّ الَّذِينَ آمَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ إِنَّا لَا نُضِيعُ أَجْرَ مَنْ أَحْسَنَ عَمَلًا * أُولَئِكَ لَهُمْ جَنَّاتُ عَدْنٍ تَجْرِي مِنْ تَحْتِهِمُ الْأَنْهَارُ يُحَلَّوْنَ فِيهَا مِنْ أَسَاوِرَ مِنْ ذَهَبٍ وَيَلْبَسُونَ ثِيَابًا خُضْرًا مِنْ سُنْدُسٍ وَإِسْتَبْرَقٍ مُتَّكِئِينَ فِيهَا عَلَى الْأَرَائِكِ نِعْمَ الثَّوَابُ وَحَسُنَتْ مُرْتَفَقًا)

صدق الله العلي العظيم

(سورة الكهف ، آية :- ٣٠- ٣١)

اقرار المشرف

أشهد إن إعداد البحث الموسوم بعنوان { الاغشيه الرقيقة وطرق تحظيرها } من قبل الطالبة (جنان عباس كاظم هاشم) . قد جرى تحت اشرافي في قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة بابل كجزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في علوم الفيزياء .

التوقيع :-

المشرف :- **محمد هادي شنين**

المرتبة العلمية :- **استاذ**

التاريخ :- / / ٢٠٢٤

توصية رئيس قسم الفيزياء

بناءاً على التوصيات المتوفرة ارشح هذا البحث للمناقشة

التوقيع :-

اسم رئيس القسم الفيزياء :- **سميرة عدنان مهدي**

المرتبة العلمية :- **استاذ**

التاريخ :- / / ٢٠٢٤

العنوان :- جامعة بابل_ كلية العلوم / قسم الفيزياء

الأهداء

في البداية الحمد الله على ما وصلنا اليه

للمرحلة العلمية الكبيرة التي سوف تنتهي

بشهادة البكالوريوس

واهدي هذا البحث الى كل من ساهم في

مساعدتي في كسب التحصيل العلمي وأضاء

لي الطريق لكي اكون بهذا المستوى

واهدي هذا البحث الى كل الاساتذة الذين

ساهموا في تعليمي

الباحثة

الشكر والعرفان

الشكر والثناء لله عز وجل أولاً على نعمة الصبر والقدرة على إنجاز العمل ،

فلله الحمد على هذه النعم

واتقدم بالشكر والتقدير لمشرفي الأستاذ الدكتور محمد هادي شنين

لمساعدتي على انجاز هذا البحث ، ولكل ما قدمه من دعم وتوجيه وإرشاد لإتمام هذا

العمل على ما هو عليه فله أسمى عبارات الثناء والتقدير

كما لا يفوتني أن أتقدم بجزيل الشكر والعرفان إلى كل دكاترة

قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة بابل .

لهم مني كل الشكر و التقدير .

الباحثة

الخلاصة :

تعد تقنية الاغشية الرقيقة واحدة من أهم التقنيات التي ساهمت في تطوير دراسة اشباه الموصلات واعطت فكره واضحة عن العديد من الخصائص الفيزيائية . ويطلق عادة مصطلح الاغشية الرقيقة على طبقة أو عدة طبقات من ذرات معينة قد لا يتعدى سمكها واحد مايكرون ناتجه عن تكثيف الذرات أو الجزيئات والتي تمتلك خواص فريده هامه تختلف عما إذا كانت عباره عن جسيم سميك كالصفات الفيزيائية والهندسية وعلى توازن تركيبها المايكروي ، ولقلة سمك هذه الاغشيه وسهولة تشققها لذلك ترسب على مواد أخرى تستخدم كقواعد ترسيب ويعتمد نوع القاعده على طبيعة الاستخدام والدراسة مثل الزجاج والكوارتز والسليكون والالمنيوم . للاغشيه الرقيقه استعمالات صناعية متعددة إذ تدخل في تركيب الأجهزة الإلكترونية بشكل مقاومات ومتسعات و ترانزسترات وغيرها وتعد اساسا لتصنيع الخلايا الشمسية والضوئية كما تدخل في صناعة الكواشف الكهروبصرية ضمن مديات طيفية محدده ولها كثير من التطبيقات .

Conclusion :

Thin film technology is one of the most important technologies that contributed to the development of the study of semiconductors and gave a clear idea about many of the physical properties. The term thin films is usually applied to a layer or several layers of certain atoms, the thickness of which may not exceed one micron, resulting from the condensation of atoms or molecules, which possess important unique properties that differ from if they were a thick particle, such as the physical and geometric properties and the balance of their microstructure, and due to the small thickness of these films. It cracks easily, so it is deposited on other materials used as deposition bases. The type of base depends on the nature of use and study, such as glass, quartz, silicon, and aluminium. Thin films have multiple industrial uses, as they are used in the installation of electronic devices in the form of resistors, capacitors, transistors, etc. They are a basis for the manufacture of solar and photovoltaic cells. They are also used in the manufacture of electro-optical detectors within specific spectral ranges and have many applications.

جدول المحتويات

ت	العنوان	رقم الصفحة
	الخلاصة	
الفصل الاول : الاغشية الرقيقة		
1-1	مقدمة عامة .	1
2-1	الاغشية الرقيقة .	3
3-1	نبذة تاريخية عن الاغشية الرقيقة	4
4-1	أنواع الاغشية الرقيقة .	4
5-1	تطبيقات الأغشية الرقيقة .	6
6-1	الهدف من البحث	11
الفصل الثاني : طرق تحضير الاغشية الرقيقة		
1-2	المقدمة .	13
2-2	الطرق الفيزيائية .	15
1-2-2	طريقة الترسيب بالتبخير (PVD) .	15
2-2-2	طريقة الترذيذ (Sputtering Method) .	17
3-2	مميزات وعيوب الطرق الفيزيائية	19
4-2	الطرق الكيميائية .	19
1-4-2	طريقة ترسيب بالبخار الكيميائي (CVD) .	19
2-4-2	طريقة الأنود الكهربائية .	21
3-4-2	طريقة الكاثود الكهربائي .	22
الفصل الثالث		
1-3	الاستنتاجات	24
2-3	التوصيات	25
	المراجع	26-28

الفصل الاول

الاغشية الرقيقة

الفصل الاول

الأغشية الرقيقة

١-١ مقدمة عامة

إن مجال علم المواد والمجتمع الهندسي قادر على تخليق مواد جديدة من المزج الغير عادي للخصائص الكيميائية والفيزيائية والميكانيكية الذي سوف يغيّر المجتمع الحديث حيث أنه التقدم التكنولوجي يتطلب أغشية رقيقة للتطبيقات المختلفة . إن تقنية الأغشية الرقيقة هي الأساس في مجال تطور الكترونيات الحالة الصلبة وإن الخواص الضوئية للأفلام المعدنية والفضول العلمي حول سلوك المواد الصلبة ثنائية الأبعاد هي المسئولة عن التقدم الهائل في دراسة علم تقنية الأغشية الرقيقة [1].

إن دراسة تقنية الأغشية الرقيقة المباشرة والغير مباشرة فتحت مجالات عديدة من البحث العلمي في فيزياء الحالة الصلبة والتي تقوم على ظواهر فريدة للأغشية كالسمك والشكل والتركيب لهذه الأغشية . عندما نأخذ في الاعتبار غشاء رقيق جداً من مادة معينة فإننا بصدد حالة السطحين للغشاء متداخلين إلى درجة كبيرة جداً على غير العادة كما في المواد السميكة فإن هذا يعمل على وجود خصائص جديدة للمادة كغشاء رقيق وعندما تكون المادة كغشاء رقيق ويكون سمكها في حدود عدة ذرات يخلق مجالاً وسطاً بين النظامين الرقيق والجزيئي وبالتالي يوفر لنا وسيلة لتحقيق الطبيعة الميكروفيزيائية من العمليات المختلفة والأغشية الرقيقة للمواد تكون مناسبة للتطبيقات الالكترونية والضوئية إلا أن بعض الخصائص مثل المقاومة الكهربية في بعض الأحيان لا تختلف جوهرياً للأغشية الرقيقة عن كونها المادة السميكة [٢].

إن تقنية الأغشية الرقيقة للمواد هي مفتاح الاستمرار في التقدم التكنولوجي في العديد من المجالات مثل المجالات الكهروضوئية والضوئية والمغناطيسية . حيث أن تقنية الأغشية الرقيقة تمكنا من تصنيع الأجهزة الالكترونية المختلفة وحيث أن معظم المواد تختلف في خصائصها الفيزيائية الكهربية والضوئية والمغناطيسية عندما تكون غشاء رقيق مما يساعد على الاستفادة من هذه التغيرات في تصنيع أجهزة جديدة متعددة الاستخدامات والتطبيقات والتي تدخل في صناعة الأجهزة الالكترونية الدقيقة وأفلام التسجيل المغناطيسية والحساسات الضوئية والخلايا الشمسية والمرشحات وأجهزة الاستشعار عن بعد ... إلخ [٣].

يصف مصطلح الغشاء الرقيق طبقه واحدة او عدة طبقات من ذرات الماده لا يتجاوز سمكها المايكرون الواحد استعملت الأغشية الرقيقة منذ أكثر من نصف قرن في عمل النبائط الالكترونية والفوتو فولتائيه ومختلف التطبيقات البصرية وهي ما زالت تتطور يوميا . حيث أن تقنية الأغشية الرقيقة تعتبر تقنية قديمة لكنها بنفس الوقت تعتبر المفتاح الحالي لتقنية الكثير من المواد وهناك مجلدات عديدة خاصة بالأغشية الرقيقة منها كتيب العالمين Massel and Glay) منذ أكثر من ثلاثين سنة [٣,٢].

ومن الخواص الأساسية الأغشية الرقيقة هي التركيب البلوري للأغشيه ، سمك الأغشية وغيرها من الخصائص والمميزات التي لا تتوفر في المادة بشكلها الحجمي وتركيب الأغشية يعتمد على تقنية التحضير وتكون على هيئة أغشية كما (Single crystal) عشوائية ومتعددة البلورات أو أغشية أحادية البلورة إن خواصها الكهربائية والبصرية تتغير اعتمادا على البنية البلورية ووجود أو عدم وجود الشوائب وبصوره عامة فأن الأغشية الرقيقة تنتمي إلى الحالة الصلبه لذلك فمن الممكن تقسيم هذه المواد تبعاً لتركيبها البلوري أو لترتيب ذراتها [٤].

وكذلك يستعمل مصطلح الأغشية الرقيقة لوصف طبقة ، أو طبقات عديدة (Layers) من ذرات المادة لا يتعدى سمكها مايكرومتر واحد ، أو عدة نانومترات ، ولأنها رقيقة وهشة (سهلة الكسر) يجب ترسيبها على مادة صلبة مثل الزجاج ، أو السليكون ، أو بعض الأملاح ، أو البوليميرات .

تمتلك الأغشية الرقيقة خصائص ، ومميزات لا تكون متوافرة في تراكيب المواد الأخرى ، فحقيقة سمكها المتناهي في الصغر وكبر نسبة السطح إلى الحجم منحتها تركيباً فيزيائياً فريداً يضاهي تركيب أحادية البلورة أحياناً ، ويفوقها أحياناً أخرى ، وتتمتع الأغشية بخصائص فيزياوية تختلف عن خصائص المواد المكونة لها وهي في حالتها الحجمية (Bulk) و تعد امكانية تحضير اكثر المواد الصلبة على هيئة أغشية رقيقة أحدى التقنيات المهمة للحصول على صفات جديدة للمواد التي يصعب مشاهدتها وتحسسها عندما تكون بشكلها الكتلوي الطبيعي .

بدأ العمل في مجال تحضير الأغشية الرقيقة منتصف القرن التاسع عشر ، ففي العام ١٨٥٢ توصل كلاً من بنزن و گروف Bunsen and Grove) إلى تحضير أغشية رقيقة باستخدام تقنية التفاعل الكيميائي (Chemical reaction) وكذلك بتقنية الترذيذ بالتفريغ ألتو هجي (Glow discharge puttering) .

ولقد مرت تقنية الأغشية الرقيقة بمراحل تطور ، سريعة نتيجة لتمييزها بخصائص أساسية مثل الدقة والتقلص في الحجم ، فعلى مر السنين طور العلماء تقنيات تحضير الأغشية الرقيقة وصولاً إلى تقنية

التبخير الثنائي (المشترك) في الفراغ والتي تم اكتشافها من قبل العالم هوگارث (Hogarth) العام ١٩٦٨ [٥].

ساهمت تقنياة الأغشية الرقيقة مساهمة كبيرة في دراسة أشباه الموصلات وأعطت فكرة واضحة عن العديد من خواصها الفيزيائية والكيميائية ، وللأغشية الرقيقة أهمية صناعية وتكنولوجية كبيرة فهي تدخل في تطبيقات التقنية الحديثة مثل صناعة الخلايا الشمسية وفي مجالات الأقمار الصناعية والاتصالات وكواشف الأشعة الكهرومغناطيسية وفي ليزرات أشباه الموصلات كما تستخدم كمتسعات وثنائيات ومقاومات في الدوائر الكهربائية هذا فضلاً عن استخدامها في دوائر الفتح والغلق والذاكرة وكمرشحات ومرايا عالية الكفاءة إلى غير ذلك من الاستخدامات الواسعة [٦].

١-٢ الاغشية الرقيقة (Thin films)

تعد تكنولوجيا الأغشية الرقيقة واحدة من فروع الفيزياء المهمة ، وسمك الأغشية الرقيقة يتراوح بين بضعة مايكرونات وعشرات النانومترات ، إذ يتم ترسيبها على مواد صلبة تعرف بقواعد الأساس تعتمد على طبيعة المادة المراد دراستها ، ومن هذه المواد الزجاج بأنواعه والسليكون وبعض المعادن الأخرى . وتمتلك الأغشية الرقيقة خصائص ومميزات جعلتها تطور علم الالكترونيات وهندسة السطوح ، فسمكها المتناهي في الصغر منحها تراكيب فيزيائية ، إذ تكون أحادية البلورة ، أو متعددة التبلور ، ولغرض الاستفادة من الأغشية الرقيقة لابد من معرفة خصائصها الفيزيائية البصرية والكهربائية والتركيبية من حيث النفاذية ، والامتصاصية ، ومعامل الانكسار ، ونوع الغشاء والتوصيلية ، وهل هي أحادية التبلور ، أو متعددة التبلور ، وقد أجريت الكثير من البحوث المهمة في هذا المجال ، وفي الوقت الحاضر أصبحت للأغشية الرقيقة أهمية كبيرة في المجالات الصناعية والعلمية والعملية [٦].

ويمكن تغيير خواص المواد البصرية والكهربائية والتركيبية لأشباه الموصلات من خلال تغيير نسب مكونات هذه المواد وطرق تحضيرها ، إذ تتم عملية إشابة هذه المواد بمواد أخرى ، وبنسب مختلفة يمكن من خلالها السيطرة على بعض الخصائص ومنها الخصائص الكهربائية ، إذ إن عملية الإشابة يظهر تأثيرها بشكل واضح على الخصائص الكهربائية ، والمواد شبه الموصلة تكون عازلة في درجات الحرارة الواطئة ، تزداد توصيليتها بارتفاع درجات الحرارة أو بإضافة الشوائب أو إحداث عيوب بلورية في تركيبها . إن المواد شبه الموصلة تكون حساسة لمثل هذه العوامل مما جعلها بالغة الأهمية في التطبيقات الصناعية [٧].

١-٣ نبذة تاريخية عن الاغشية الرقيقة A brief history of thin films

جذبت دراسة الأغشية الرقيقة اهتمام الفيزيائيين منذ أكثر من قرن ونصف تقريبا ابتداء من عام ١٨٥٢ عندما توصل كل من بنزن وكروف (Bnsen & Grove) إلى تحضير أغشية معدنية رقيقة باستخدام تقنية التفاعل الكيميائي (Chemical Reaction) وتقنية الترذيذ بالتفريغ التو هجي (Glow Discharge Sputtering) مرورا بعام ١٨٥٧ عندما تمكن العالم فرادي (Faraday) من الحصول على غشاء معدني رقيق بتقنية التبخير الحراري (Thermal Evaporation) وذلك بإمرار تيار كهربائي في سلك معدني وتسخينه إلى الدرجة التي يتبخر عندها وفي عام ١٨٧٦ قام آدمز (Adams) بتحضير أغشية رقيقة ملاصقة لطبقة البلاتينيوم ودراسة خواصها الضوئية والكهربائية [٨].

وفي عام ١٨٨٧ توصل العالم نار وولد إلى إمكانية تبخير المعادن باستخدام تقنية التبخير الحراري في الفراغ) Vacuum Evaporation) عن طريق تسخين سلك من البلاتينيوم .

وفي عام ١٨٨٨ قام العالم كنت (Kennett) بتحضير أغشية رقيقة من المعادن ودرس معاملات الانكسار لها ، ثم طورت على يد العالم هو كارت وقد تقدمت دراسة الجانب العملي للأغشية الرقيقة من خلال قياسات كل من جامين (Jamin) و فيزو (Fizo) وكوانيك (Quink) والجانب النظري من العالم درود (Drude) . وبذلك حققت هذه البحوث قفزة سريعة في مجال الأغشية الرقيقة [٩].

١-٤ أنواع الأغشية الرقيقة :

١. أغشية المعادن والسبائك

تستخدم هذه الأغشية كمقاومات كهربائية ، ومن المعادن المفضلة في هذا المجال المعادن الانتقالية وسبائكها ، حيث تمتاز بمقاومتها العالية مقارنة بالسبائك الأخرى وذلك بسبب تداخل حزم الطاقة المملوءة جزئياً مع حزم الطاقة الفارغة جزئياً ، إضافة إلى ذلك فإن محدودية الغشاء الرقيق تساهم في تغيير المقاومة النوعية بسبب الإستطارة السطحية وهي صفة مميزة للأغشية المصنعة من هذه المواد يمكن التحكم بمقاومة الاغشية عندما يكون سمك الغشاء أقل من معدل المسار الحر للألكترونات فتستطير الألكترونات عند السطح في حالة تسليط مجال كهربائي وكذلك عند إسصطدام الألكترونات مع النويات والتي يكون حجمها مساوياً أو أقل من معدل المسار الحر للألكترونات مما يزيد من مقاومة أغشية المعادن والسبائك تستخدم مثل هذه الأنواع من الأغشية كموصلات في الدوائر الكهربائية وفي بناء المحتثات والمتسعات [١٠].

٢. أغشية مزيج المعادن والعوازل

درست هذه الأغشية منذ سنوات عدة وإن النظرية التي تفسر سلوك المزيج المصنع كغشاء رقيق تدعم المسامية حيث تعتمد على مبدأ التركيز الحرج للمادة الموصلة ز فعندما يكون تركيز المادة أعلى من القيمة الحرجة عندها يمكن إعتبار الغشاء شبكة متصلة من الشعيرات المعدنية ، أما إذا كان تركيز المادة الموصلة أقل من القيمة الحرجة فلا تكن الفواصل متصلة مع بعضها بصورة جيدة لتمثل مسارات معدنية ولذلك يحصل التوصيل الكهربائي بين جسيمات محددة ، حيث أن إنتقال الألكترونات يتطلب إثارة حرارية للتغلب على القوة الكهربائية المستقرة . ومثل هذه الحرارة تجعل معامل المقاومة سالباً وهي الصفة المكتسبة لمزيج المعادن والعوازل [١١].

٣. الأغشية غير المتبلورة Amorphous films

يستخدم هذا النوع من الأغشية في صناعة الأفلام الجافة و المفاتيح الكهربائية وكاشف الأشعة تحت الحمراء والتصوير الضوئي أما . أكاسيد المواد الداخلة في تكوين تلك الأغشية فتستخدم في الدوائر الكهربائية المتكاملة . وترجع أهمية الأغشية الرقيقة غير المتبلورة إلى إمكانية تحضيرها في مساحات كبيرة يمكن الأستفادة منها في التطبيقات الصناعية .

٤. الأغشية الموصلة للكهربائية Thin films photo conductor

يستخدم هذا النوع من الأغشية في أجهزة قياس شدة الضوء وفي التصوير الفوتوغرافي الضوئي وكواشف حزم الضوء لأغراض التنبيه وفي الإستساخ الضوئي . إن هذه التطبيقات تعتمد على فكرة التوصيل الكهربائي الضوئي حيث أن تفاعل الإشعاع مع المواد الموصلة ضوئياً يؤدي إلى تغيير الإيصالية لتلك المواد ، وإن أكثر الموصلات الضوئية تظهر إمتصاصية عالية لجزء محدود من الطيف وخاصة عند الطبقات الرقيقة من سطوح المواد الموصلة . ولكون أن الصفات الأصلية للمادة لا تتأثر بالسمك لذلك تستخدم أغشية رقيقة لا يتعدى سمكها أحياناً مايكروناً واحداً [١١].

١-٥ تطبيقات الأغشية الرقيقة:

أولاً: على الرغم من أن تقنية الأغشية الرقيقة معروفة منذ قرن إلا أنها لم تدخل حيز التطبيق العلمي إلا منذ أربعة عقود مضت حيث أن اهتمام العلماء بتقنية الأغشية الرقيقة أتاح فرص تطورها بشكل كبير.
التطور السريع في مجال الحاسوب أدى إلى الحاجة إلى مواد ذات سعة تخزين عالية مما زاد الاهتمام بدراسة الخواص المغناطيسية للأغشية الرقيقة حيث أن العلماء اهتموا بهذه التقنية لإيجاد مواد عالية القدر التخزينية لتلبي حاجة السوق العالمي [١٢].
وأدى البحث في الخصائص الفيزيائية للأغشية الرقيقة إلى تصنيع أجهزة الكشف التي تعمل بالأشعة تحت الحمراء وتضيع الخلايا الشمسية والأفلام فائقة التوصيل والطلاءات الزخرفية المضادة للتآكل.

ثانياً: فضلاً عن توليد الأفكار الجديدة لصنع أجهزة جديدة، كان الأساس في البحوث هو فهم الخواص الفيزيائية لهذه الأغشية الرقيقة. مما أسهم ذلك بدوره في زيادة القدرة على صنع أجهزة ذات خصائص يمكن التنبؤ بها. حيث أن المؤثرات لها دورها الأساسي في تغير خصائص الأغشية الرقيقة مثل نوع الركائز التي ترسب عليها الأفلام وكذلك الطريقة التي تستخدم في تحضير الأفلام والمعالجة الحرارية للأفلام بعد التحضير كل هذا ينتج عنه أفلام لها خصائص مختلفة وجديدة والتي يمكن الاستفادة بها في تصنيع أجهزة جديدة [١٣].

ثالثاً: أن بداية البحث في تقنية الأغشية الرقيقة والبحث عن مواد أخف في الوزن لاستخدامها في مجال الدفع والفضاء كانت باهظة التكاليف ولكن الاتجاه الحديث هو البحث عن أغشية رقيقة رخيصة الثمن والتي من الممكن استخدامها في مجالات القطاع المنزلي .
والأفلام الرقيقة من المواد تستخدم في العديد من التطبيقات مثل الأجهزة الالكترونية من أشباه الموصلات والاتصالات اللاسلكية والدوائر المتكاملة والمقومات والترانزستورات والخلايا الشمسية والثنائيات الباعثة للضوء وفي شاشات العرض وفي الذاكرات المغناطيسية وأنظمة الصوت والفيديو والأقراص المدمجة والطلاءات البصرية والمكثفات متعددة الطبقات والنوافذ الذكية ورقائق الكمبيوتر...إلخ [١٤].

ومن هذه التطبيقات:

١) الطلاءات البصرية: (Optical Coating)

إن الطلاء الضوئي هو عبارة عن طبقة أو عدة طبقات من المادة ترسب على ركائز مثل العدسات والمرايا التي تغير من انعكاسها ونفاذيتها للضوء.

وأحد أنواع هذه الطلاءات يعتمد على جعل المادة غير عاكسة وهذا النوع يستخدم غالباً في العدسات.

أما النوع الآخر من هذه الطلاءات فإنه يزود نسبة انعكاس المواد لتصل إلى ٩٩.٩٩% وهذا النوع يستخدم في المرايا والمرشحات [١٤].

الشكل (١-١) الطلاءات البصرية [١٤].

٢) الخلايا الفوتوفولتية : Photovoltic cells

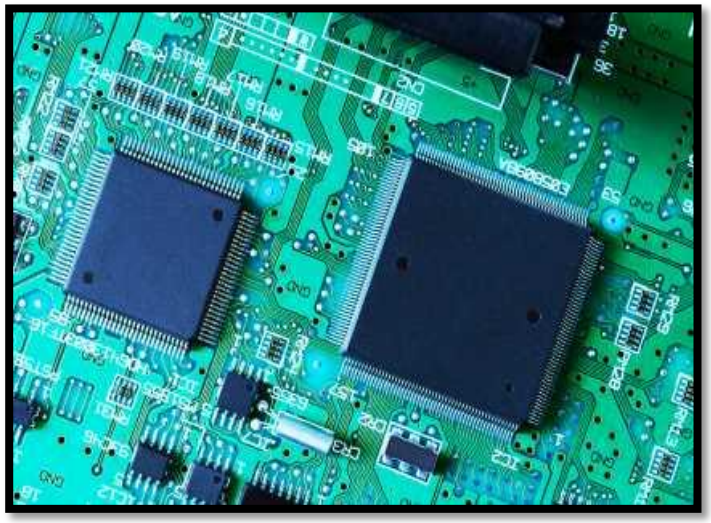
في لوحة الطاقة الشمسية المألوفة يتم تحويل الطاقة الضوئية (طاقة الفوتونات الساقطة) إلى طاقة كهربية وذلك في خلية تحتوي على طبقتين رقيقتين من السيلكون البللورية. وكان الاتجاه إلى استبدال السيلكون البللوري حيث أنه مكلف جداً بالسيلكون الأمورفي وبالخلايا رخيصة الثمن مما أدى العلماء إلى البحث عن مواد أخرى عضوية وصناعة الخلايا الفوتوفولتية منها وذلك بترسيب عدة طبقات بدل من طبقتين لإنتاج الطاقة الكهربية وبإنتاج هذه الخلايا منخفضة التكلفة سوف يكون بمناسبة نقطة انعطاف كبرى في سوق صناعة الخلايا الشمسية مما يجعل المرحلة أكثر نضجاً ونمواً [١٥].

الشكل (١-٢) لوحة الطاقة الشمسية [١٥].

٣) أشباه الموصلات : Semiconductors

تاريخياً اعتمدت صناعة أشباه الموصلات علي شرائح رقيقة ثنائية الأبعاد ومسطحة والتي بدورها تستخدم في الدوائر الالكترونية لجميع الأجهزة الالكترونية والكمبيوتر. وهذا الغشاء الرقيق جداً (يصل سمكه إلى بضع مئات من النانومترات) تصنع من المواد الزجاجية أو البلاستيكية المرنة فتح مجالاً واسعاً أمام صناعة الالكترونيات.

وبالإضافة لذلك رقة هذه المواد جعلت منها مكاناً مناسباً لترسيب مواد أخرى عليها مما يضاعف عدد الدوائر الالكترونية في حجم صغير جداً مثل الدوائر المتكاملة والتي لا يتعدى حجمها إلى بضع سنتيمترات وبها آلاف الدوائر الالكترونية. وصغر حجمها يجعلها منخفضة استهلاك الطاقة ويتيح تصنيعها في ثلاثة أبعاد. وتستخدم تقنية أغشية رقيقة من أشباه الموصلات في تطبيقات أخرى مثل: صناعة الخلايا الشمسية والبطاقات الذكية وفي العديد من المجالات الطبية، والأغشية الرقيقة من السيلكون أو الجرمانيوم شبه الموصل هي مثيرة للاهتمام بشكل خاص حيث أن الجرمانيوم له ثورة عالمية على اختصاص الضوء أكثر من السيلكون مما يجعله أكثر استخداما في الكاميرات الضوئية العالية النقاء والمنخفضة التكاليف.

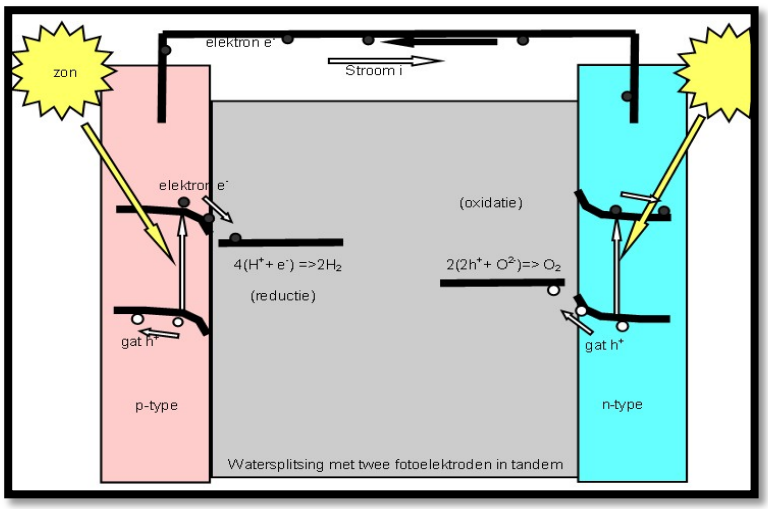


الشكل (١-٣) أشباه الموصلات ، شرائح رقيقة ثنائية الأبعاد ومسطحة [١٦].

٤) الخلايا الكهروضوئية الكيميائية Photo Electrochemical cells:

في تجارب photoelectrichmical يتم تشعيع الالكترون بالضوء مما يجعل المادة تمتص الضوء وتعطي تيارا كهربائيا (photocurrent) .

واعتماد هذا التيار الكهربي على الطول الموجي للضوء الساقط وعلى فرق الجهد بين الاقطاب وعلى محلول التوصيل يعطينا فكرة عن طبيعة (photoprocces). وتتم عملية التحلل الضوئي على سطح الأقطاب الكهربية. وبذلك تتحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربية ويمكن الاستفادة منها في التطبيقات العملية [١٧].



الشكل (١-٤) تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية [١٧].

٥) العدسات الالكترونية Optoelectronic Lenses :

هذه العدسات مصممة بحيث أنها تعمل في مدى جزء صغير من الطيف الكهرومغناطيسي ولا تسمح لبقية الطيف بالنفاذ وهي عبارة عن شرائح رقيقة من مادة يكون معامل انكسارها مناسب في المدى المطلوب العمل به.

الشكل (١-٥) العدسات الالكترونية [١٨].

٦) شاشات العرض المسطحة (Flat Panal Display) :

هي شاشات عرض تعمل بتقنية متقدمة جداً عن الشاشات القديمة حيث أنها أعلى في النقاء وصفاء الصورة وأعلى في الأداء من غيرها حيث أنها لا تستهلك طاقة عالية كما أنها لا تلوث الطبيعة مثل باقي الشاشات ولها تكلفة أقل حيث أن بيئة تصنيعها أقل تلوث عن بيئة تصنيع شاشات العرض القديمة [١٩].

الشكل (١-٦) شاشات العرض المسطحة [١٩].

٧) تخزين البيانات Data Storage :

تخزن البيانات في هذه الأدوات حيث أنها تكتب ميكانيكياً بمقياس النانو (nanoscale) وتقرأ بواسطة حافة رقيقة جداً وتمسح حرارياً ومثال على هذه الأجهزة (IBM) والتي تستخدم فيها أفلام رقيقة جداً من البوليمر كوسط تخزين وفي بعض الأحيان تستخدم سبائك من Ni-Ti (SMA) كذاكرة.

٨) المكثفات الفائقة Super Capacitors :

كانت أول فكرة لتخزين الشحنة عام ١٩٥٠م وحازت على براءة اختراع وكانت عبارة عن موصلين كهربيين بينهما عازل أحدهما يحمل شحنة موجبة والآخر يحمل شحنة سالبة.

ثم تطورت صناعة المكثفات بعد ذلك حتى وصلت إلى المكثفات الفائقة حيث أن المكثفات الفائقة هي أجهزة تخزين للطاقة كهروكيميائياً.

٩) أجهزة الاستشعار الغازية Gas Sensors :

وهي تعتبر أجهزة متطورة جداً متناهية في الصغر وتقنية الأغشية الرقيقة تلعب دوراً مهماً في تطور مثل هذه الأجهزة. حيث أن أجهزة الاستشعار تطورت بشكل سريع في الآونة الأخيرة والتي ساعدت كثير من العلماء على إتمام تجاربهم العملية الدقيقة.

وهذه الأجهزة تقدم أحدث التحديات والفرص في التصوير الجزيئي ورصد العينات المرضية وهذه الأجهزة اكتسبت محط اهتمام المجتمع العلمي بسبب الحاجة المتزايدة للسلامة البيئية والمراقبة الصحية.

الشكل (١-٧) جهاز الاستشعار الغازي [٢٠].

١-٦ الهدف من البحث

يتم من خلال البحث التعرف على :

١) الاغشية الرقيقة ونبذة تاريخية عنه .

٢) وكذلك تم التعرف على أنواع الاغشية الرقيقة مثل أغشية المعادن والسبائك و الأغشية الموصلة للكهربائية و الأغشية غير المتبلورة وأغشية مزيج المعادن والعوازل .

٣) التعرف على التطبيقات الاغشية الرقيقة .

٤) دراسة طرق تحضير الاغشية الرقيقة .

الفصل الثاني

طرق تحضير الاغشية الرقيقة

الفصل الثاني

طرق تحضير الاغشية الرقيقة

٢-١ المقدمة

يوجد كثير من الطرق لتحضير الأغشية الرقيقة ويمكن تقسيمها إلى قسمين كل قسم يندرج تحته عدة طرق لتحضير الأغشية الرقيقة :

١) الطرق الفيزيائية. **٢) الطرق الكيميائية.**

وتعتمد الطرق الفيزيائية على تبخير أو طرد المواد من الاهداف مباشرة خلال حالتها الغازية.

وتعتمد الطرق الكيميائية على الخصائص الفيزيائية للمواد وتتنوع هذه الطرق في إنتاج الأغشية الرقيقة مختلفة التركيب والخصائص والتي من الممكن ان تكون عاملا رئيسيا في تطور الأجهزة الحديثة.

وأيضاً تعتمد الطرق الكيميائية على التفاعلات الكيميائية التي تحدث للمواد [٢١].

وعندما نبحث في تصنيف الطرق الكيميائية نجد أنه من الممكن تقسيمها إلى قسمين، أول قسم معني بتشكيل الفيلم كيميائياً من الوسط والقسم الثاني معني بتشكيل الفيلم من المكونات المضافة للوسط.

ويمكن تصنيف هذه الطرق كما بالجدول التالي:

جدول (٢-١) طرق تحضير الاغشية الرقيقة [٢٢].

فيزيائية (Phyiscal)		كيميائية (Chimerical)	
Sputtering	Evaporation	Gas Phase	Liquid Phase
Glow discharge DC sputtering	Vacuum evaporation	Chemical Vapourdeposition	Electro-deposition
Triode sputtering	Resistive heating evaporation	Laser Chemical Vapor deposition	Chemical bath deposition (CBD) Arrested precipitation Technique (APT)
Getter Sputtering	Flash Evaporation	Photo – Chemical Vapor deposition	Elect less deposition
Radio Frequency Sputtering	Electron beam evaporation	Plasma enhanced Vapour deposition	Anodisation Liquid phase Epitaxy
Magnetron sputtering	Laser evaporation	Metal-organo chemical vapour deposition (MO-CVD)	Sol – gel Spin coating Spray – pyrolysis technique (SPT)
A.C.Sputtring	Arc		Ultrasonic (SPT)
	R.F.Heating		Polymer assisted deposition (PAD)

٢-٢ الطرق الفيزيائية Physical Processes :

٢-٢-١ طرق الترسيب بالتبخير Physical Vapour Deposition (PVD) :

وهذه الطرق تتم على ثلاث مراحل:

١) تحويل المادة المراد عمل الفيلم منها إلى بخار فيزيائياً.

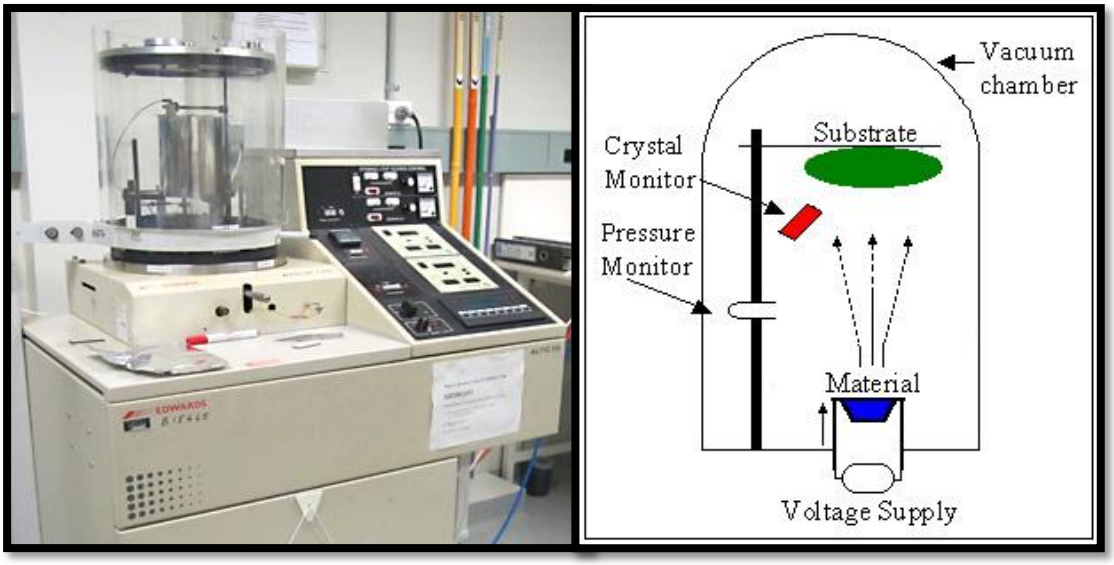
٢) تنتقل الذرات من المادة وهي في الحالة البخارية خلال وسط مفرغ إلى الركائز مباشرة.

٣) يتكثف البخار على الركيزة (Substrate) لتكوين الفيلم.

تتم عملية تحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية من خلال تسخين المادة فتكتسب الجزيئات التي على السطح طاقة حركة من الحرارة أو يتم عن طريق انتقال لكمية التحرك كما في طرق الترذيذ (Sputter) ويوجد نوع ثالث وفيه تنتقل المادة إلى الحالة الغازية عن طريق ما يسمى زيادة الطاقة السطحية (Ougmented energy) وتشمل الأيون والبلازما والليزر [٢٣].

❖ **طريقة التبخير الحراري Thermal Evaporation Technique:**

وفي هذه الطريقة يتم وضع المادة المراد ترسيبها داخل بوتقة (boat) على شكل حويض ويربط الحويض مع قطبين متصلين بمصدر للتيار الكهربي يصل إلى ٨٠ أمبير كما توضع الركائز التي سوف تبخر عليها المادة أعلى الحويض مباشرة ثم تفرغ المجموعة إلى ضغط يصل إلى ١٠ $^{-٥}$ تور ويتم هذا التفريغ عن طريق مضختين: مضخة دوارة (rotary pump) والتي تحدث انخفاض في الضغط يصل إلى ١٠ $^{-٣}$ تور ومضخة أخرى تسمي مضخة الزيت (diffusion pump) ويصل انخفاض الضغط إلى ١٠ $^{-٥}$تور ويمكن في هذه المنظومة خفض الضغط أكثر من ذلك وذلك عن طريق استخدام الهليوم والهيدروجين السائل [٢٤].

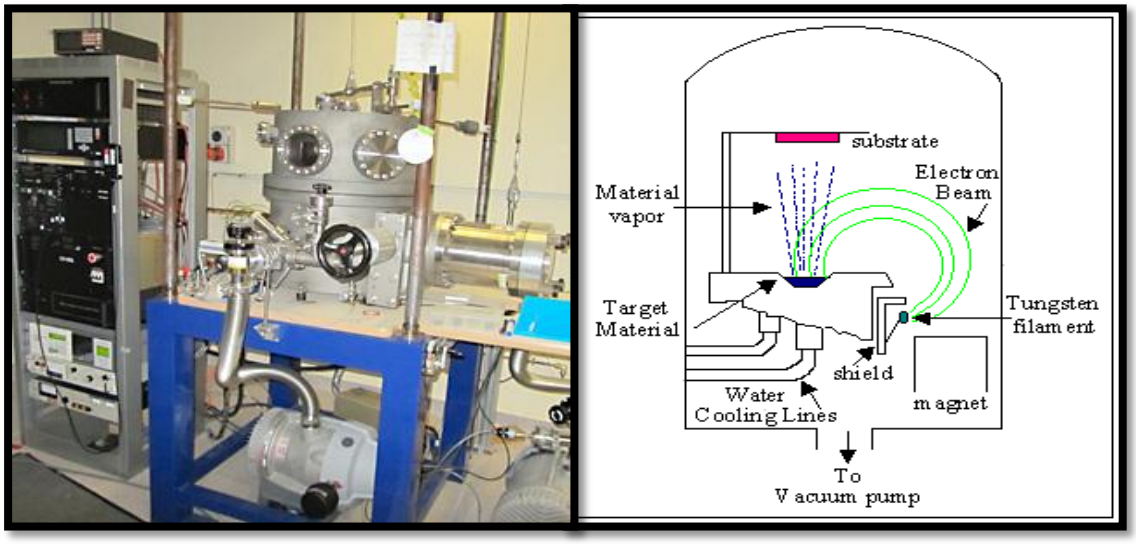


الشكل (٢-١) طريقة التبخير الحراري [٢٤].

❖ طريقة التبخير بواسطة المدفع الالكتروني Electron-beam jun evaporation :

إن هذه الطريقة مشابهة لطريقة التبخير الحراري Thermal evaporation أي أنه في هذه الطريقة أيضاً يتكون الفيلم عن طريق التبخير ولكن هنا تتبخر المادة بواسطة حزمة من الالكترونات توجه بواسطة مجال مغناطيسي مباشرة وتتميز هذه الطريقة عن طريق التبخير الحراري حيث أنه يمكن أن تضاف الحرارة مباشرة إلى المادة لكي تصل إلى درجة الانصهار في لحظة واحدة مرة واحدة ويمكن تبخير أكثر من مادة في نفس الوقت حيث أن الحرارة تضاف مباشرة إلى المادة دون المرور على البوتقة (crucible) الحاوية للمادة مما يقلل درجة الشوائب أكثر مما كانت عليه في حالة التبخير الحراري.

ويوجه شعاع الالكترونات المنتج من جهد عالي جداً بواسطة عدة مغناطيسيات قوية وتركز على المادة حيث أن شعاع الالكترونات الالكترونات يخترق المادة مؤدياً إلى انصهارها.



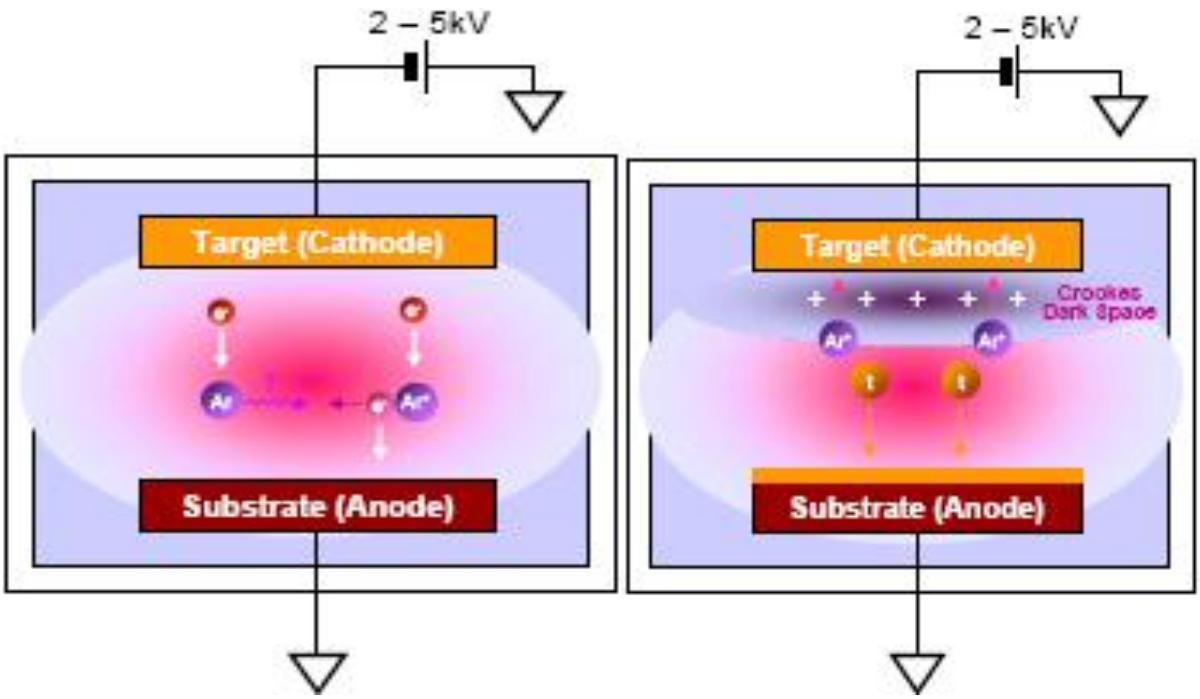
الشكل (٢-٢) طريقة التبخير بواسطة المدفع الالكتروني [٢٤].

٢-٢-٢ طريقة الترذيذ Sputtering Method :

في هذه الطريقة تتعرض سطح مادة معينة إلى القذف بجسيمات تحمل طاقة كافية لفصل ذرات من سطح المادة وجعلها تغادر السطح مسببة تآكل سطح الهدف وتدعى الذرات المنفصلة بالذرات المترذذة.
وتنقسم الي عدة طرق هي:

١) طريقة ترسيب الترذيذ بالتيار المستمر Dc Diode Sputtering deposition :

في هذه الطريقة توضع المادة المراد تبخيرها ككاثود وتوضع الركيزة (Substrate) كأنود وتوضح في غرفة تفريغ بها غاز الأرجون Ar ويطبق فرق جهد عالي (٢-٥ كيلو فولت) من مصدر جهد ثابت (Dc) عبر الدايود (cathode-Anode) وتتسارع الالكترونات الحرة الموجودة بغرفة التفريغ بفعل فرق الجهد العالي وهذه الالكترونات تعمل على إثارة وتأين غاز الأرجون.
eldctron 2^{nd} يتسارع ويكرر نفس الخطوة السابقة ليؤين ذرة أرجون أخرى وعندما تزيد الالكترونات إلى درجة كبيرة تعمل (gas breakdown) هذه الشرارة الكهربية (Blasma) تعمل على ترذيذ المادة ويترسب الفيلم على الشريحة (الركيزة) [٢٥].



الشكل (٢-٣) طريقة ترسيب الترذيذ بالتيار المستمر Dc Diode Sputtering deposition [٢٥].

٢) طريقة الترذيذ بالمغنطرون DC Magnetron Sputtering

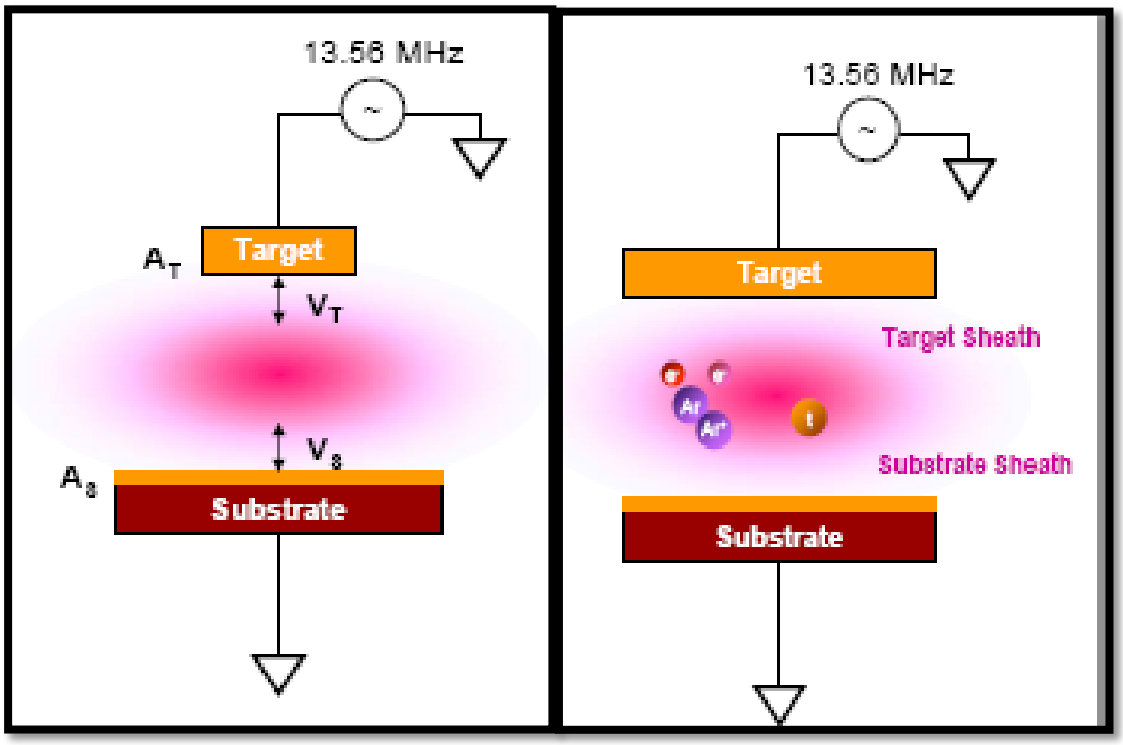
هي نفس الطريقة السابقة ولكن تختلف عنها في كون أن الالكترونات تتسارع بفعل مجال مغناطيسي كما بالشكل وتتميز هذه الطريقة عن الطريقة الأولى DC Diode بأنها تحتاج إلى ضغط منخفض أقل وينتج معدل ترسيب أكبر.

٣) طريقة الترذيذ (الراديو – الترددات) RF (Radio – Frequmcy) Sputtering

لا نستطيع استخدام الطريقتين السابقتين (DC) للمواد العازلة لأنه في DC لا بد أن يكون الهدف موصل لكي يستخدم ككاثود ولكي نتغلب على هذه المشكلة بالنسبة للعوازل نستخدم AC Power عندما يكون التردد أقل من < ١٠٠ كيلو هرتز فإن كلاً من الالكترونات والأيونات تستطيع المرور والسريان DC Sputtering .

وعندما يكون التردد أكبر من > ١ ميجا هرتز فإن الأيونات الثقيلة لا تستطيع التنقل وملاحقة التغير في التردد مما يجعلها تكون منطقة جهد تسمى Dark-Space (sheath) عند الاقطاب كما بالشكل (٢-٤) ويكون النسبة بين الجهدين المتكونين .

$$(V_t / V_s) \alpha (A_s / A_t)^2$$



الشكل (٢-٤) طريقة الترذيذ (الراديو – الترددات) RF (Radio – Frequmcy) Sputtering [٢٦].

٢-٣ مميزات وعيوب الطرق الفيزيائية

❖ **مميزات الطرق الفيزيائية:**

١) تحضير الأفلام وهي جافة.

٢) عالية النقاء ونظيفة.

٣) تلاءم أشباه الموصلات في تصنيع الدوائر المتكاملة.

❖ **عيوب الطرق الفيزيائية:**

١) معدلات الترسيب بطيئة.

٢) يصعب التحكم في التوافق (Stoichiometry)

٣) تلزم طاقة عالية مما يرفع التكلفة.

٢-٤ الطرق الكيميائية

من أهم الطرق الكيميائية طريقة الترسيب البخار الكيميائي chemical vapour deposition ، طريقة الترسيب الكاثود الكهربائي cathode electrolytic deposition ، طريقة الآنود الكهربائي anodic oxidation وطريقة الترسيب الكيميائي chemical path deposition [٢٧].

٢-٤-١ طريقة الترسيب البخار الكيميائي Chemical Vapour Deposition (CVD) :

تعرف بانها طريقة الترسيب بواسطة الأبخرة الكيميائية مثل تحضير المواد وتفاعلها مع بعض وهي في الحالة البخارية (vapour phase) لتعطي فيلم صلب يترسب على الركيزة، ويكون التفاعل الكيميائي بين أبخرة المواد وهي السمة الأساسية المميزة لهذه الطريقة [٢٧].

أنواع طرق الترسيب الكيميائي (CVD):

- **طريقة الانحلال الحراري pyrolysis (thermal Decomposition) :**

وهي أن المركب مكون من مادتين B, A مثلاً يصلا إلى الحالة الغازية ثم على سطح الركيزة يترسب A كمادة صلبة (غشاء رقيق) ويظل B غاز.

$$AB\ (gas) \longrightarrow A\ (solid) + B\ (gas)$$

مثال: ترسيب السيلكون عند درجة حرارة ٥٨٠- ٦٥٠ م^{o} :

$$Si\ H_4\ (gas) \longrightarrow Si\ (solid) + 2H_2\ (gas)$$

- **طريقة الاختزال**

وهذه الطريقة تحتاج إلى درجة حرارة أقل من pyrolysis مثال:

إذا كان لدينا مركب يتكون من مادتين A,B :

$$AB\ (gas) + H_2\ (gas) \longrightarrow A\ (solid) + HB\ (gas)$$

ومثال علي ذلك تحضير غشاء رقيق من التنجستين عند ٣٠٠ درجة مئوية :

$$WF_6\ (gas) + 3\ H_2\ (gas) \longrightarrow W\ (solid) + 6HF\ (gas)$$

- **طريقة الأكسدة Oxidation**

وفي هذه الطريقة ممكن أن يكون المركب في الحالة الغازية أو الصلبة أيضاً فإذا كان لدينا مركب AB فإن: [٢٧، ٢٨]

$$AB\ (gas\ or\ solid) + O_2\ (gas) \longrightarrow AO\ (solid) + BO(gas)$$

ومثال علي ذلك تحضير غشاء رقيق من ثاني اكسيد السيلكون عند درجة حرارة ٤٥٠ درجة مئوية :

$$Si\ H_4\ (gas) + O_2\ (gas) \longrightarrow SiO_2\ (solid) + 2H_2\ (gas)$$

ومثال اخر تحضير غشاء رقيق من ثاني اكسيد السيلكون عند درجة حرارة ٩٠٠-١١٠٠ درجة مئوية :

$$Si\ (solid) + O_2\ (gas) \longrightarrow SiO_2\ (solid)$$

- **طريقة تكوين المركبات Compound formation**

وفيها يكون مركبين مع بعضهما في الحالة الغازية أو الصلبة ليتكون غشاء رقيق من مركب ثالث.

ومثال على ذلك: تحضير فيلم من ثاني أكسيد السيلكون عند درجة حرارة ٩٠٠- ١١٠٠م^{o} :

$$Si\ (solid) + 2H_2O\ (vapour) \longrightarrow SiO_2\ (solid) + 2H_2$$

ومثال آخر تحضير رباعي نيتريد السيلكون عند درجة حرارة ٧٠٠- ٨٠٠م^{o} :

$$3SiH_2Cl_2\ (gas) + 4NH_3\ (gas) = Si_3N_4\ (solid) + 6H_2 + 6HCL$$

مميزات طرق (CVD):

تعتبر طرق تحضير الأفلام بواسطة (CVD) من أحسن تقنيات الأفلام وذلك:

١) لبساطتها وأنها مريحة.

٢) منخفضة التكاليف.

٣) تحتاج إلى طاقة منخفضة (درجة حرارة منخفضة).

٤) استخدمت بنجاح في تحضير المعادن الثلاثية ternary netal chalcogenide .

قواعد اختيار طريقة الترسيب المناسبة من بين طرق (CVD):

١) فعالية التكلفة.

٢) يكون قادراً على ترسيب المواد المطلوبة.

٣) إتاحة السيطرة على التركيب الدقيق والسيطرة على التعليم.

٤) الحفاظ على التوافيق stoichiometry للفيلم كما في المواد الأولية.

٥) عملية انخفاض درجة الحرارة.

٦) تكون درجة التصاق الفيلم بالركيزة عالياً.

٧) وفرة من المواد الأولية.

٨) إمكانية توسيع العملية.

٩) التحكم في درجة الشوائب للأفلام المتكونة على الركيزة.

٢-٤-٢ طريقة الأنود الكهربائية Anodic oxidation

طريقة الأنود الكهربي تعتمد على عملية الأكسدة التي تحدث للمعادن مثل AL, Ta, Nb,Ti عند غمسها في محلول الكتروني كآنود وتنتقل الأيونات خلال المحلول بفعل قوة الانتشار الناتجة عن مجال كهربي قوي وتتحد هذه الأيونات مع ذرات المعدن لتكون الجزيئات التي تترسب على الآنود كغشاء رقيق وتتم عملية الأكسدة للمحلول الالكتروني بفعل تيار كهربي ثابت أو جهد كهربي ثابت ويكون المحلول الالكتروني إما أملاح المواد الذائبة أو في بعض الأحيان تستخدم الأحماض لمحلول الكتروني وينتج الفيلم على سطح المعدن [٢٩].

٢-٤-٣ طريقة الكاثود الكهربائي Cathodic depostion

تعتبر هذه الطريقة من الطرق العيارية في تحضير الأغشية الرقيقة حيث يستخدم فيها الكترونين من المعدن ويغمسا في محلول الكتروليني وتتجه الأيونات الموجبة من المحلول إلى الكاثود لترسيب عليه مكونة غشاء رقيق على سطح الكاثود.

ويتحكم في سمك الغشاء الجهد الكهربي بين الالكترونين أو في كثافة التيار المادة في المحلول حيث أنه طبقاً لقانون فاراداي للترسيب فإن الكتلة المترسبة على الكاثود تتناسب طردياً مع كمية الكهربية المارة في المحلول [٣٠].

الفصل الثالث

الاستنتاجات والتوصيات

الفصل الثالث

الاستنتاجات والتوصيات

٣-١ الاستنتاجات

١. نستفاد من الأغشية الرقيقة للغاية والمليئة بالمسام والتي تقاس بالنانو في تطبيقات مختلفة من تنقية المياه وإلى توصيل الدواء ، خاصة إذا كان من الممكن أن تتغير أحجام هذه المسام للتكيف مع بيئتها.

٢. تستخد هذه الأغشية كمقاومات كهربائية ، ومن المعادن المفضلة في هذا المجال المعادن الإنتقالية وسبائكها، حيث تمتاز بمقاومتها العالية مقارنةً بالسبائك الأخرى وذلك بسبب تداخل حزم الطاقة المملوءة جزئياً مع حزم الطاقة الفارغة جزئياً،إضافة إلى ذلك فإن محدودية الغشاء الرقيق تساهم في تغيير المقاومة النوعية بسبب الإستطارة السطحية وهي صفة مميزة للأغشية المصنعة من هذه المواد.

٣. تستخدم الأغشية الرقيقة في شاشات الكمبيوتر والهواتف الذكية لتحسين جودة الصورة وزيادة سطوع الضوء.

٤. تتميز الأغشية الرقيقة بخصائص ميكانيكية وكهربائية وحرارية فريدة تجعلها مناسبة لمختلف التطبيقات، بما في ذلك الإلكترونيات المرنة وأجهزة تخزين الطاقة والمزروعات الطبية الحيوية.

٥. نستطيع استخدام الأغشية الرقيقة لإنتاج الخلايا الشمسية بكلفة رخيصة مع رفع القدرة الخارجة لوحدة المساحة بالنسبة لهذه الخلايا ولقد تم توفير الخلايا الشمسية من السليكون العشوائي تجاريا منذ عام ١٩٨٠ والتي يكاد يصل أدائها داخل المختبر أداء خلايا مصنوعة من نوعية جيدة من السليكون البلوري والدراسات مستمرة الآن لغرض الحصول على هذا الأداء خارج المختبر في المحطات الفضائية .

٣-٢ التوصيات

١) نوصي بدراسة نظرية عمليه الطلاء الدوار في تحضير الأغشية الرقيقه بالطرق الفيزياويه ، لأنها طريقه سهله وسريعه لتوليد اغشيه رفيعه ومتجانسة من المحاليل طلاء الدوار هو اجراء يستخدم لتطبيق اغشيه رقيقه موحده على ركائز مسطحة . على الرغم من ان الطلاء الدوار تم استخدامه عالميا في صناعة اشباه الموصلات منذ فترة طويله الا انه لم يتم الشروع في أي دراسه للنظريه . ستسمح النظرية الدقيقه لطلاء الدوار بتصميم افضل والتحكم في العمليه في تطبيقاتها المختلفه .

٢) كذلك نوصي بالابتعاد عن طريقة التبخير . على الرغم من كونها من اكثر الطرق انتشارا للمواد شبه الوصله صاحبة درجة الانصهار الصغيره الا انها تكون مكلفه في بعض المواد ذات درجات انصهار عاليه جدا مثال التنجستن ، المولييد ينوم او غاليه المعادن ولذالك نتجه الى استخدام طرق اخرى اقل كلفه

Sources المصادر

[1] K. Chopra , P ((PThin Film PhenomenaP)) P , McGraw Hill , New York , (1969) .

[2] L. Eckcrtotova , " Physics of Thin Film " , Plenum Press , 1977 .

[3] K. Leaver and B. Champan , P ((PThin FilmsP)) P , Wykeham Pubs . London , (1971) .

[4] H. G. Rashid , " Design and optimization Of Thin - Film s optical filters with application in the Visible and infar red regions " Ph.D. Thesis , AL - Mustansiriya . University , (1996) .

[5] A. E. Rakhshani , and A. S. Al - Azab , " CdS thin films " Chemical Process Engineering Research Institute , jul (2005) .

[6] Oliver Sacks , Hand Book of Chemistry & Physics 59th Edition CRC Press Inc. (2003) .

[7] Dye_sensitized Vs.Thin Film solar " ^ cells " , European Institute for Energy Research , 30 June 2006 .

[8] Brian O'Regan , Michael Gratzel (24 ^ october 1991) , " A Low_cost , high_efficiency solar cell based on dye sensitized colloidal Tio2 films " Nature_353 (6346) : 737_750 .

[9] Professor . Grätzel wins the 2010 ^ Millennium technology grand prize for dye sensitized solar cells.14.6.2010 .

[10] Tributsch , H (2004) . " Dye sensitized ^ solar cells : a critical assessment of the Learning curve " _coordination chemistry Reviews . 248 (13_14) : 1511 .

[11] cristina Buzea , Ivan Pacheco , and kevin ^ Robbie (2007) . " Nonomaterials . " and Nonoparticales : sources and Toxicity .

[12] Dukhin , A.S.and Goetz , P.J. (2002) . ^ Ultra sound for characterizing coll oids . Elsevier .

[13] Shruti Sharma , Kamlesh Jain , Ashutosh Sharma (2015) , " Solar Cells : In Research and Applications - A Review " , Scientific Research Publishing , Page 1147. Edited.

[14] Smith R. A , " Semiconductors " , Cambridge press , 2P 1987 .

[15] M . G. Yousif , " Solid state physics " , published by Baghdad . (University , vol . 1and 2 , Arabic version , (1989).

[16] Powered by : VB ulletin version 3.8.8 copy right 2000_2017 , Jelsoft Enterprises Ltd SEO by VBSEO .

[17] Trunslated by VB ulletin club 2000_2017 , Ads Managaemet version 3.01 by Saeed AL_Atwi .

[18] K.L.Chopra " Thin Films Phenomena " McGraw - Hill Book Company New York (1969) .

[19] S.M.Sze . " Physics of Semiconductor Devices " . John Wiley and Sons Inc. (1969) .

[20] M. Shur " Physics of Semiconductor Devices " . Prentice - Hall of India Private Ltd. New Delhi (1995) .

[21] H.M. Smith and A.F.Turner " Pulse Laser Deposition Versatile Thin Film Technique " Appl.Optic . Vol . 4 p . 147. (1965) .

[22] Oliver Sacks , Hand Book of Chemistry & Physics 59th Edition CRC Press Inc. (1999) .

[23] M.Jawad R.Ismail K.Yahea " Journal of Mater Sci . Mater Electron " Vol.22 . pp.1244-1247 (2011) .

[24] National Audubon Society . " Field Guide to North American Rocks and Minerals " (1979) .

[25] B. Ray " II - IV Compound " Fst Edition Neil Co. Itd . (1969) .

[26] M. Ashraf S.M.J. Akhtar . Z. Ali and A. Qayyum . " Optics Laboratories " Vol 45. pp . 5. (2011) .

[27] C. Kittle " Introduction to Solid State Physics " . John Wiley and Sons Inc. 7th edition (1997) .

[28] M. A. Omer . " Elementary of Solid Stat " Addison Wesley Publishing Co. (1972) .

[29] E.Cetinorgu S : Gold smith yurosenbrg R.L.Boxman " influences of annealing on the physical properties of filtered vacuum are deposited in the oxide thin film " journal of non - crystalline solids vol.353 pp.25 . 5- 2602 . 2007 .

[30] K.Matras - Postolek . " University of Applied Sciences Department of Chemical Engineering Steinfurt / Muenster " . (2009) .