

## تحضير أغشية $\text{SiC}_{1-x}\text{N}_x$ الرقيقة من تفاعل الطور الغازي المحتث بليزر TEA-CO<sub>2</sub> ودراسة طبيعة الأواصر الكيميائية وبعض الخصائص البصرية والكهربائية

ماجدة علي أمين \*

تاريخ قبول النشر ٦/٧/٢٠٠٤

### الخلاصة

تم استخدام ليزر (TEA-CO<sub>2</sub>) النبضي لتفكيك جزيئات غازي السيلين (SiH<sub>4</sub>) والاثلين (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) فضلاً عن غاز الأمونيا (NH<sub>3</sub>) ضوئياً عن طريق الامتصاص متعدد الفوتونات المعزز بالتصادم مؤدية بذلك الى تكوين أغشية (SiC<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>) الرقيقة، وقيم متعددة للعامل (X) (0, 0.13, 0.33)، وتم ترسيب الأغشية على أرضيات من الزجاج بدرجة حرارة (648 K) وبمعدل ترسيب (0.416-0.833) nm/pulse وسمك (500-1000) nm. حُددت طبيعة الأواصر الكيميائية للأغشية المحضرة من دراسة طيف نفاذية الأشعة تحت الحمراء ضمن المدى الطيفي (400-4000) cm<sup>-1</sup> باستخدام جهاز (FT-IR)، وتبين أن الأغشية تتكون من شبكة مركبة من ثلاثة عناصر هي (N, C, Si)، كما تحتوي في تركيبها على كمية من ذرات الهيدروجين فضلاً عن وجود أواصر كيميائية مختلفة مثل (N-H, C-H, C-N, Si-N) وغيرها. واستخدمت أطيف الامتصاصية والنفاذية في مدى الأطوال الموجية (400-1100) nm لدراسة بعض الخواص البصرية، فوجد أن فجوة الطاقة البصرية (E<sub>0</sub>) لأغشية (SiC<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>) هي غير مباشرة وتزداد، بينما يقل عرض الحالات الموضعية (E<sub>1</sub>) داخلها، بزيادة العامل (X). أظهرت دراسة الخواص الكهربائية للأغشية المحضرة نقصان توصيليتها الكهربائية (σ) ووجود طاقتي تنشيط تزداد قيمتها بزيادة العامل (X).

### المقدمة

(Pulse IR Laser) والمستمرة (CW IR Laser)، ومن بين هذه الأغشية، الأغشية المعدنية مثل (Cu, Al) وشبه الموصلية مثل (GaAs, Si) فضلاً عن الأغشية السيراميكية (العازلة) مثل (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, SiC) [3-5]. تعد أغشية (SiCN) المادة المعول عليها حالياً في التطبيقات الإلكترونية والبصرية في منطقتي الأشعة فوق البنفسجية (UV) والمرئية (VIS) (تحديداً عند الطول الموجي الأزرق) وذلك لامتلاكها فجوة طاقة عريضة وخواصاً إلكترونية وبصرية ممتازة. ونظراً لامتيازها بالصلادة والخواص الميكانيكية الممتازة ومقاومتها للعوامل المؤكسدة وللتآكل فهي تستخدم كأغطية وقائية للأقراص الصلبة (Hard Disk) وتكمن تطبيقاتها بصورة كبيرة في تقنيات الطلاء والإلكترونيات الدقيقة (Microelectronics) [6-11]. تكمن فكرة البحث في تحضير أغشية

يعد اكتشاف الليزر في عام (1960) حدثاً مهماً في مجالات تطبيقية عديدة منها الهندسية، الطبية، الصناعية فضلاً عن التطبيقات العسكرية وفي الاتصالات والتصوير المجسم، وكان لليزر أثر فعال في تطوير تقنيات مختلفة، ومن التطبيقات الحديثة لليزر استخدامه في حيث عمليات الترسيب المختلفة [1,2] والتي استخدمت في بحثنا هذا لترسيب أغشية رقيقة من مادة كاربونتريد السليكون (SiC<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>). إذ استخدم الليزر في السنوات الأخيرة في تكوين أغشية رقيقة عن طريق ترسيب البخار كيميائياً (Laser Induced Chemical Vapor Deposition (LICVD)) وحصل على اهتمام الباحثين، حيث تم تحضير أغشية متنوعة في مختبرات العالم المختلفة باستخدام ليزرات الأشعة فوق البنفسجية (UV Laser) وتحت الحمراء النبضية

تم استخدام جهاز (UV-VIS) ذو المدى الطيفي (200-1100) nm لدراسة الخواص البصرية، كما تم استخدام عدة أجهزة لقياس الخواص الكهربائية منها {Keithley 616 Digital Electrometer} الذي يستخدم لقياس التيارات الواطئة وفرق الجهد والمقاومة، بالإضافة الى (Oven (Meemert), 403 K) ويستخدم لقياس درجة الحرارة للأغشية. بينما حُددت طبيعة الأواصر الكيميائية للأغشية المحضرة باستخدام جهاز (Fourier Transform Infra Red Spectrometer (FT-IR)) النوع (FT-IR Spectrometers moda 1700) وبالمدى الطيفي  $4000-400 \text{ cm}^{-1}$ . ولغرض إجراء الفحص بهذا الجهاز تم تحضير قرص من مسحوق هذه الأغشية قطره (1.3 cm) وسمكه (0.7 mm) وذلك بمزج (2 mgm) من مسحوق أغشية ( $\text{SiC}_{1-x}\text{N}_x$ ) المحضرة مع (200 mgm) من مسحوق (KBr) الشفاف للأشعة تحت الحمراء ويكس المزيج داخل قالب.

### النتائج والمناقشة

١- مطيافية الأشعة تحت الحمراء (FT-IR) إحدى الطرائق الشائعة والمستخدمة لقياس المحتوى الهيدروجيني والكشف عن التركيب الجزيئية وطبيعة الأواصر الكيميائية، هي مطيافية الأشعة تحت الحمراء (Fourier Transform Infra Red Spectrometer (FT-IR)) [8].

ولغرض تحديد طبيعة الأواصر الكيميائية وخاصة طريقة ارتباط ذرات الهيدروجين بكل من ذرات (N, C, Si) فضلاً عن ارتباط هذه الذرات مع بعضها البعض لأغشية ( $\text{SiC}_{1-x}\text{N}_x$ ) تم دراسة طيف نفاذية الأشعة تحت الحمراء لمسحوق هذه الأغشية المحضرة عند الضغط الأقل لغاز الامونيا (10 mbar) أي عند (X=0.13) باستخدام الجهاز المذكور أعلاه وبالمدى الطيفي (400-4000)  $\text{cm}^{-1}$ . كما مبين في الشكل (2)، إذ يتضح من مواقع القعور (Dips) لطيف النفاذية {قيم الامتصاص (Absorption Peaks)} في هذا الشكل أن هذه الأغشية تتكون من شبكة مركبة من ثلاثة عناصر هي (N, C, Si) فضلاً عن عنصر الهيدروجين (H) الناتج عن كل من غازات الـ  $\text{SiH}_4$  و  $\text{C}_2\text{H}_4$  بالإضافة الى غاز  $\text{NH}_3$ ، ووجود أواصر كيميائية مختلفة مثل (N-H, C-H, C≡N, C=N, C-N, Si-N) وغيرها من الأواصر الكيميائية التي تشير الى هوية العناصر الداخلة في تركيب هذه الأغشية. يتم

كاربونتريد السليكون ( $\text{SiC}_{1-x}\text{N}_x$ ) من تفكك غازي السيلان ( $\text{SiH}_4$ ) والاثلين ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) فضلاً عن غاز الأمونيا ( $\text{NH}_3$ ) ضوئياً عن طريق الامتصاص متعدد الفوتونات المعزز بالتصادم الذي يُحدثه ليزر (TEA- $\text{CO}_2$ ) ومن ثم دراسة طبيعة الأواصر الكيميائية وبعض خواصها البصرية والكهربائية.

### الجزء العملي

تم تحضير أغشية كاربونتريد السليكون ( $\text{SiC}_{1-x}\text{N}_x$ ) باستخدام المنظومة المبينة في الشكل (1)، حيث استخدم ليزر (TEA- $\text{CO}_2$ ) النبضي وبترتيب هندسي موازي (حزمة الليزر موازية للأرضية (substrate))، كمصدر لتجهيز المنظومة بالطاقة اللازمة لتكوين الأغشية المطلوبة. بعد تفريغ خلية الترسيب لغرض تنظيفها، تسخن الأرضيات الزجاجية (المراد ترسيب الأغشية عليها) لحين الوصول الى درجة الحرارة المناسبة (648 K) بعدها يتم إدخال الغازات وبالضغوط المطلوبة (كما موضح في الجدول (1))، ثم تُعرض الغازات داخل الخلية الى عدد كافي من نبضات الليزر، عندها تحدث عملية التهيج والتفكك متعدد الفوتونات لهذه الغازات مما يؤدي الى تكوين الأغشية وبالنسب المطلوبة، ثم تفرغ الخلية للتخلص من الغازات المتبقية (Residual gas).

جدول رقم (١)  
شروط الترسيب المختارة

درجة حرارة الأسس	$T_s=648 \text{ K}$
ضغط غازي $\text{SiH}_4$ و $\text{C}_2\text{H}_4$	(50, 65, 75) mbar
ضغط غاز $\text{NH}_3$	(0, 20, 50) mbar
الضغط الكلي	150 mbar
الطول الموجي لليزر	10.6 $\mu\text{m}$
خط نبضات الليزر	10P(20)
طاقة نبضة الليزر	1.5 J
عدد نبضات الليزر	نبضة 1200
سك الأشعة	(500-1000) nm
معدل الترسيب	(0.416-0.833) nm/pulse

وحدد العامل (X) (الذي يمثل نسبة ذرات النتروجين في الأغشية) وفق العلاقة الآتية:-

$$X = \frac{P_{\text{NH}_3}}{P_{\text{SiH}_4} + P_{\text{C}_2\text{H}_4} + P_{\text{NH}_3}} \text{----- (1)}$$

حيث:

$P_{\text{NH}_3}$ : ضغط غاز الامونيا

$P_{\text{SiH}_4}$ : ضغط غاز السيلان

$P_{\text{C}_2\text{H}_4}$ : ضغط غاز الاثلين

$$(\alpha h\nu) = B(h\nu - E_0)^r \text{ ---- (2)}$$

حيث:

$\alpha$ : معامل الامتصاص ( $\text{cm}^{-1}$ )

$h\nu$ : طاقة الفوتون (eV)

B: ثابت يعتمد على مقدار عشوائية الغشاء

$E_0$ : فجوة الطاقة البصرية (eV)

r: معامل أسي

يوضح الشكل (3) تغير قيمة فجوة الطاقة البصرية ( $E_0$ ) لأغشية ( $\text{SiC}_{1-x}\text{N}_x$ ) العشوائية التركيب مع قيمة العامل (X) ومن ملاحظة هذا الشكل يتبين أن فجوة الطاقة البصرية تزداد وتزاح نحو الطاقات العالية مع ازدياد قيمة العامل (X)، إذ وجد أن فجوة الطاقة البصرية للأغشية المحضرة عند عدم وجود غاز الامونيا ( $\text{NH}_3$ ) أي عند  $\{\text{SiC}, (X=0)\}$  تأخذ القيمة (1.6 eV) وتزداد لتأخذ القيم (1.7, 1.8) eV للأغشية المحضرة بوجود غاز الامونيا وبالضغط

mbar (20,50) أي عند قيم العامل  $\{\{\text{SiC}_{0.87}\text{N}_{0.13}, (X=0.13)\}, \{\text{SiC}_{0.67}\text{N}_{0.33}, (X=0.33)\}\}$  على التوالي، وكما موضح في الشكل (4). يمكن أن تعزى زيادة فجوة الطاقة البصرية ( $E_0$ ) عند زيادة ضغط غاز الامونيا الى عاملين مهمين أحدهما تفاعل أغشية (SiC) مع النتروجين (أي زيادة المحتوى النتروجيني للأغشية المحضرة، والذي يعني زيادة ذرات النتروجين المرتبطة بالسليكون (Si-N) والكربون (C-N) والذي يعني وجود تجمعات من SiN و CN ضمن تركيب الأغشية) والتي تكون ذات فجوة طاقة أكبر من فجوة الطاقة لـ (SiC). والأخر هدرجة هذه الأغشية (أي زيادة ذرات الهيدروجين المرتبطة بذرات السليكون (Si-H) والنتروجين (N-H) والكربون (C-H)) مما يعمل على تقليل الأواصر المتدلالية (Dangling Bond) والذي يؤدي بدوره الى تقليل الحالات الموضعية داخل فجوة الطاقة البصرية مما يعمل على زيادة قيمتها. إن زيادة قيم فجوة الطاقة البصرية ( $E_0$ ) بسبب زيادة ضغط غاز الامونيا ولكون مادة ( $\text{SiC}_{1-x}\text{N}_x$ ) من المواد المقاومة للعوامل المؤكسدة وللتآكل، تؤكد لنا استخدامها في التطبيقات الالكترونية خاصة كتنافذ للخلايا الشمسية. كانت نتائجنا متوافقة مع ما توصل اليه Machorro et al. [6]، إذ استخدموا طريقة التنرية وباستعمال ليزر ( $\text{KrF}$ ) في تحضير أغشية  $\text{SiC}_x\text{N}_y$  وعندها وجدوا أن فجوة الطاقة البصرية للأغشية المحضرة بالفراغ تأخذ القيمة (1.6 eV) وتزداد لتأخذ القيم (1.85, 2.3) eV

الاستدلال على وجود هذه الأواصر الكيميائية من خلال القعور (Dips) الظاهرة في طيف النفاذية (الشكل (2)) والتي تدل على وجود الأنماط الاهتزازية لهذه الأواصر. إذ يتضح أن الأغشية تحتوي على نتريد السليكون (SiN) الذي يمكن الاستدلال عليه من خلال قعور طيف النفاذية (قمم الامتصاص) المتمركزة عند  $(440, 800) \text{ cm}^{-1}$ ، حيث إن القمتين ناتجتين عن نمط الممتد غير المتماثل (Asymmetric stretching vibration mode) للأصرة (Si-N) [8,12] عند  $(1105, 1500, 2200) \text{ cm}^{-1}$  تدل بشكل واضح على احتواء الأغشية على كمية من الكربون [8,12] فالقمة عند  $(1105 \text{ cm}^{-1})$  ناتجة عن نمط اهتزاز الأصرة (C-N)، والقمة عند  $(1500 \text{ cm}^{-1})$  ناتجة عن وجود الأصرة (C=N) أما القمة عند  $(2200 \text{ cm}^{-1})$  فهي تدل على ارتباط ذرة الكربون مع النتروجين بأصرة ثلاثية (C≡N) وبنمط الممتد. كذلك أوضح طيف الأشعة تحت الحمراء المسجل احتواء الأغشية على كمية من الهيدروجين تم الاستدلال عليها من خلال القمم الطيفية المتمركزة عند (2926,  $3450 \text{ cm}^{-1}$ )، حيث القمة عند  $(2926 \text{ cm}^{-1})$  ناتجة عن مط الأصرة (C-H) في (Si-CH<sub>3</sub>) [13,14]، والقمة عند  $(3450 \text{ cm}^{-1})$  والقريبة من التردد  $(3350 \text{ cm}^{-1})$  فهي ناتجة عن مط الأصرة (N-H) [8,12]. القمة عند  $(940 \text{ cm}^{-1})$  تدل بشكل واضح على إن الأغشية تحوي على كمية من الأوكسجين، فهي ناتجة عن مط الأصرة (O-H) في (Si-OH) والذي قد يكون سببه تعرض النموذج الى المحيط الجوي عند الفحوصات. وأخيراً القمتين عند (1403,  $1660 \text{ cm}^{-1}$ ) فهما ناتجتان عن (H<sub>2</sub>O) الذي يحويه مسحوق الـ (KBr).

## ٢- فجوة الطاقة البصرية ( $E_0$ )

تعتبر قيمة ونوع فجوة الطاقة البصرية عاملاً مهماً في تحديد أهمية الكثير من النماط الالكترونية كالخلايا الشمسية والكواشف. لحساب فجوة الطاقة البصرية ( $E_0$ ) تم استخدام العلاقة (2)، حيث تم رسم العلاقة بين  $(\alpha h\nu)^{1/r}$  وطاقة الفوتون ( $h\nu$ )، إذ تمثل ( $E_0$ ) قيمة الطاقة عند امتداد الخط المستقيم ( $(\alpha h\nu)^{1/r}$  vs.  $h\nu$ ) مع محور طاقة الفوتون وتم اختيار قيمة مختلفة لـ (r) وفضل قيمة حققت توافقاً مع الخط المستقيم هي (2).

الكهربائية. تتفق نتائجنا مع Nagai et al. [15]، إذ وجدوا أن مقاومة أغشية  $\text{SiC}_x$  المحضرة في جو من النتروجين تزداد وبسرعة كبيرة بزيادة كمية الغاز عند النسب الأعلى من (3%).

#### ب- طاقة التنشيط الكهربائية ( $E_a$ )

لغرض تحديد طاقة التنشيط الكهربائية ( $E_a$ ) لأغشية  $(\text{SiC}_{1-x}\text{N}_x)$  المحضرة بوجود غاز الامونيا ( $\text{SiC}_{0.87}\text{N}_{0.13}$ ,  $\text{SiC}_{0.67}\text{N}_{0.33}$ ) وبعدم وجوده ( $\text{SiC}$ )، تم رسم العلاقة بين  $(\ln \sigma)$  مع مقلوب درجة الحرارة وحسب العلاقة (4).

$$\sigma = \sigma_0 \exp\left(\frac{-E_a}{k_B T}\right) \text{----- (4)}$$

حيث:

$\sigma$ : التوصيلية الكهربائية المستمرة  $(\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$

$\sigma_0$ : ثابت

$E_a$ : طاقة التنشيط للتوصيلية الكهربائية (eV)

$k_B$ : ثابت بولتزمان

$T$ : درجة الحرارة المطلقة

والشكل (8) يوضح رسماً لعلاقة  $\ln \sigma$  مع  $10^3/T$  للأغشية عند قيم مختلفة لـ  $X$ ، حيث يتضح منه وجود طاقتي تنشيط لكل قيمة من قيم  $(X)$  ولمدى درجات الحرارة المقاسة التي تشير إلى وجود آليتين للتوصيل التي تؤدي بدورها إلى اختلاف نوعية التوصيل داخل الغشاء. فضمن مدى درجات الحرارة العالية ( $T > 370 \text{ K}$ )، التي تم فيها حساب طاقة التنشيط الأولى ( $E_{a1}$ )، يحصل التوصيل فيها بانتقال حوامل الشحنة إلى المستويات الممتدة فوق الحافة الحركية وتحتها لكل من حزمتي التوصيل والتكافؤ على التوالي أي إن الانتقال في مثل هذه الحالة يكون بمساعدة (Thermal Activation) بينما يكون التوصيل

ضمن مدى درجات الحرارة الوطنية ( $T < 370 \text{ K}$ )، التي حسبت عندها طاقة التنشيط الثانية ( $E_{a2}$ )، ناتجاً عن تنطط حوامل الشحنة المثارة بين المستويات المقيدة في الفجوة أي إن التوصيل يحدث بطريقة القفز أو الانتفاق (Tunneling).

ولغرض توضيح تأثير ضغط غاز الامونيا (نسبة ذرات النتروجين (العامل  $(X)$ ) في قيم طاقتي التنشيط لأغشية  $(\text{SiC}_{1-x}\text{N}_x)$  المحسوبة وفق العلاقة (4)، تم رسم طاقتي التنشيط ( $E_{a1}$ ) و ( $E_{a2}$ ) كدالة للعامل  $(X)$ ، كما موضح بالشكلين (9) و (10) على التوالي، ونلاحظ من هذين الشكلين إن طاقة التنشيط تزداد مع ازدياد ضغط غاز الامونيا أي تزداد بزيادة نسبة ذرات النتروجين فـ في أغشية

عند تحضير الأغشية في جو من غاز النتروجين وعند الضغوط (10, 80) mTorr على التوالي.

#### ٣- حساب عرض الذبول ( $E_t$ )

تم حساب طاقة أورباخ ( $E_t$ ) التي تمثل عرض ذبول الحالات الموضعية الموجودة داخل فجوة الطاقة باستخدام علاقة أورباخ وذلك من رسم العلاقة بين  $(\ln \alpha)$  كدالة لطاقة الفوتون ( $h\nu$ )، حيث تمثل ( $E_t$ ) مقلوب ميل الجزء المستقيم.

$$\alpha = \alpha_0 \exp\left(\frac{h\nu}{E_t}\right) \text{----- (3)}$$

حيث:

$\alpha_0$ : ثابت التناسب

والشكل (5) يوضح هذه العلاقة لأغشية

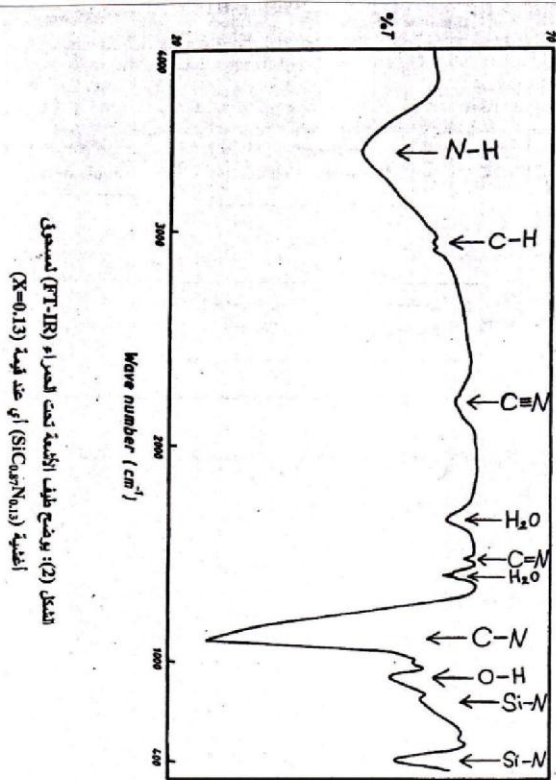
$(\text{SiC}_{1-x}\text{N}_x)$  المحضرة بوجود غاز الامونيا ( $\text{SiC}_{0.87}\text{N}_{0.13}$ ,  $\text{SiC}_{0.67}\text{N}_{0.33}$ ) وبعدم وجوده ( $\text{SiC}$ )، إذ يوضح تغير  $(\ln \alpha)$  مع طاقة الفوتون لهذه الأغشية، ونلاحظ من هذا الشكل أن عرض الذبول يقل بزيادة نسبة العامل  $(X)$ ، وكما موضح بالشكل (6). والسبب في ذلك يعزى إلى زيادة قيم فجوة الطاقة البصرية بزيادة ضغط غاز الامونيا (أي بزيادة نسبة النتروجين (العامل  $(X)$ ) في الأغشية المحضرة وبالتالي نقصان عرض الحالات الموضعية داخلها. والجدول (2) يبين تغير قيم فجوة الطاقة وعرض الذبول دالة لنسبة ذرات النتروجين  $(X)$  في الأغشية المحضرة.

جدول رقم (٢)		
(SiC), X=0	(SiC <sub>0.87</sub> N <sub>0.13</sub> ), X=0.13	(SiC <sub>0.67</sub> N <sub>0.33</sub> ), X=0.33
$E_g$ (eV)		
1.6	1.7	1.8
$E_t$ (eV)		
0.55	0.5	0.49

#### ٤- الخصائص الكهربائية

##### أ- التوصيلية الكهربائية ( $\sigma$ )

حُدّد تأثير ضغط غاز الامونيا (نسبة ذرات النتروجين (العامل  $(X)$ ) على مقدار توصيلية أغشية  $(\text{SiC}_{1-x}\text{N}_x)$ ، إذ يتضح من الشكل (7) - الذي يمثل تغير توصيلية الأغشية في درجة حرارة الغرفة ( $\sigma_{RT}$ ) كدالة للعامل  $(X)$  - إن توصيلية الأغشية تبدأ بالهبوط عند زيادة نسبة ذرات النتروجين فيها، والسبب في ذلك يعزى إلى ما ذكرناه سابقاً من حيث إن زيادة ضغط غاز الامونيا يؤدي إلى زيادة المحتوى النتروجيني للأغشية المحضرة واحتوائها على تجمعات من نتريد السليكون ( $\text{SiN}$ ) الذي يسبب زيادة مقاومتها بسبب خواصه العازلة، ومن ثم نقصان توصيليتها

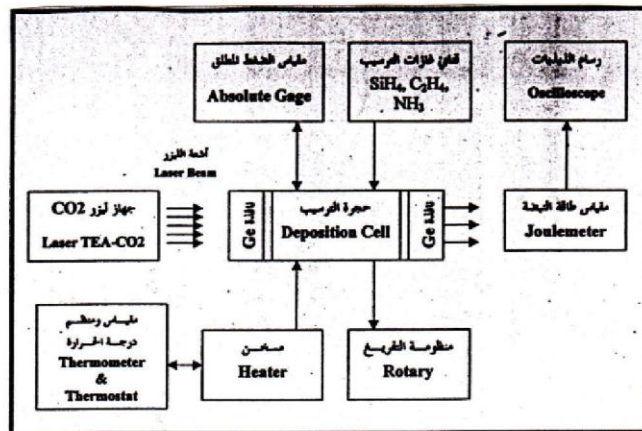


(SiC<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>)، إن سبب هذه الزيادة يعزى إلى زيادة عدد أوامر (Si-N) التي تعني احتواء الأغشية على تجمعات من (SiN) بزيادة ضغط غاز الامونيا الذي يسبب زيادة مقاومتها وكذلك زيادة في فجوة طاقتها (التي تعني نقصان كثافة الحالات الموضعية داخلها) وهذا يعني زيادة في طاقة التشييط. وفيما يلي الجدول (3) يوضح تغير قيم التوصيلية وطاقتي التشييط دالة لنسبة ذرات النتروجين (X) في الأغشية المحضرة.

جدول رقم (3)		
(SiC), X=0	(SiC <sub>0.67</sub> N <sub>0.33</sub> ), X=0.13	(SiC <sub>0.67</sub> N <sub>0.33</sub> ), X=0.33
$\sigma_{RT} (\Omega \cdot cm)^{-1} \times 10^{-6}$		
1.656	0.247	0.026
$E_{g1} (eV)$		
0.325	0.499	0.539
$E_{g2} (eV)$		
0.033	0.035	0.037

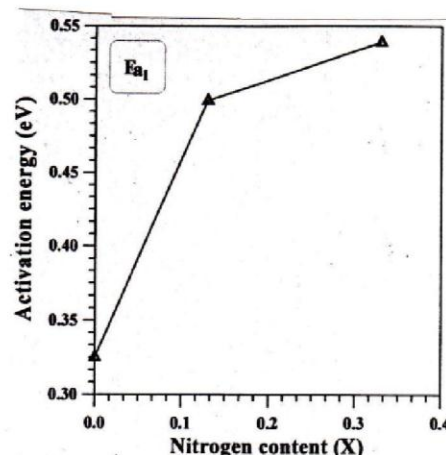
### الاستنتاجات

- تتلخص النتائج التي تم التوصل إليها بالآتي:-  
١. بينت القياسات التي أجريت باستخدام جهاز (FT-IR) على أغشية (SiC<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>) إنها تتكون من شبكة مركبة من ثلاثة عناصر هي (N, C, Si) ووجود أوامر (H, N, C) كيميائية مختلفة تربط بين ذرات (H, N, C) مثل (N-H, C-H, C-N, Si-N) وغيرها.
- زيادة فجوة الطاقة البصرية ( $E_0$ ) ونقصان عرض الحالات الموضعية ( $E_i$ ) بزيادة ضغط غاز الامونيا (نسبة ذرات النتروجين (العامل X)).
- ومن نتائج القياسات الكهربائية لأغشية (SiC<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>) تبين نقصان توصيلية الأغشية ووجود طاقتي تشييط تزداد قيمتها، بزيادة ضغط غاز الامونيا.

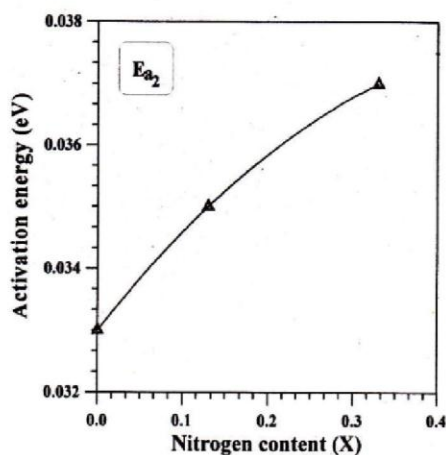


الشكل (1): مخطط توضيحي للأجهزة المستخدمة في ترسيب أغشية (SiC<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>)

4. Drinek, V. & Pola J., 1994, "Laser-Induced Chemical Vapour Deposition of Silicon Carbide", "Ceramics-Silikaty", 38: 37.
5. Besling, W.F.A., vander Put P.J.J.M. & Schoonman J., 1995, "Laser-Induced Chemical Vapour Deposition of Silicon Carbonitride", "Journal DE Physique IV", 5: 953.
6. Machorro, R., Samano E.C., Soto G. & Cota L., 1998, "SiC<sub>x</sub>N<sub>y</sub> Thin Films Alloys Prepared by Pulsed Excimer Laser Deposition", "Appl. Surf. Sci.", 127-129: 564.
7. Chen, K.H., Wu J.-J., Wen C.Y., Chen L.C., Fan C.W., Kuo P.F., Chen Y.F. & Huang Y.S., 1999, "Wide Band Gap Silicon Carbon Nitride Films Deposited by Electron Cyclotron Resonance Plasma Chemical Vapor Deposition", "Thin Solid Films", 355-356: 205.
8. Xiao, X.-C., Li Y.-W., Song L.X., Peng X.-F. & Hu X.-F., 2000, "Structural Analysis and Microstructural Observation of SiC<sub>x</sub>N<sub>y</sub> Films Prepared by Reactive Sputtering of SiC in N<sub>2</sub> and Ar", "Appl. Surf. Sci.", 156: 155.
9. Hsieh, C. H., Huang Y.S., Ktiang K., Fan C.W., Chen Y.F., Chen L.C., Wu J.J. & Chen K.H., 2000, "Piezoreflectance Study of an Fe-Containing Silicon Carbon Nitride Crystalline Film", "J. Appl. Phys.", 87: (1) 280.
10. Hsieh, C. H., Huang Y.S., Kuo P.F., Chen Y.F., Chen L.C., Wu J.-J., Chen K.H. & Tiong K.K., 2000, "Piezoreflectance Study of Silicon Carbon Nitride Nanorods", "Appl. Phys. Lett.", 76: (15) 2044.
11. Wu, J.-J., Wu C.-T., Liao X.-C., Lu T.-R., Chen L.C., Chen K.H., Hwa L.-G., Kuo C.-T. & Ling K.-J., 1999, "Deposition of Silicon Carbon Nitride Films by Ion Beam



الشكل (9): يوضح تغير طاقة التنشيط ( $E_{a1}$ ) دالة للمحتوى النيتروجيني (X) لأغشية ( $SiC_{1-x}N_x$ )



الشكل (10): يوضح تغير طاقة التنشيط ( $E_{a2}$ ) دالة للمحتوى النيتروجيني (X) لأغشية ( $SiC_{1-x}N_x$ )

## References

1. Isenor, N.R. & Richardson M.C., 1971, "Dissociation and Breakdown of Molecular Gases by Pulsed CO<sub>2</sub> Laser Radiation", "Appl. Phys. Lett.", 18: (6) 224.
2. Solanki, R., Moore C.A. & Collins G.J., 1985, "Laser Induced Chemical Vapor Deposition", "Solid State Technology", 28: (6) 220.
3. Herman, I.P., 1989, "Laser-Assisted Deposition of Thin Films from Gas-Phase and Surface-Adsorbed Molecules", "Chem. Rev.", 89: 1323.

- Magnetron Sputtering Method", "Appl. Phys. A", 38: 37.
14. Drienk, V., Bastl Z., Subrt J., Taylor R. & Pola J., 1995, "IR Laser-Induced Decomposition of Tetravinylsilane for Chemical Vapour Deposition of Si/C/H materials", "Journal of Analytical and Applied Pyrolysis", 35: 199.
15. Nagai, T., Yamamoto K. & Kobayashi I., 1983, "Effect of Nitrogen on the Electrical Properties of Sputtered  $\text{SiC}_x$  Films", "Thin Solid Films", 106: 303.
- Sputtering", "Thin Solid Films", 355-356: 417.
12. Misaki, H., Asano M., Kasai K., Fukuda M. & Imamura N., 1989, "Hydrogen-Containing  $\text{SiCN}$  Protective Films for Magneto-Optical Media", "IEEE Transactions on Magnetics", 25: (5) 4030.
13. Saito, N., Tanaka N. & Nakaaki I., 1985, "Optical, Structural, Electrical and Optoelectronic Properties of Hydrogenated Amorphous  $\text{Si}_{1-x}\text{C}_x$  Alloy Thin Films Prepared by Planar

## **$\text{SiC}_{1-x}\text{N}_x$ thin films preparation by TEA- $\text{CO}_2$ Laser induced Vapor-phase reaction and study of the nature of chemical bonds and some their electrical and optical properties**

**Majda Ali Ameen**

**Physics department-College of Science for Women-University of Baghdad.**

### **Abstract**

A pulsed (TEA- $\text{CO}_2$ ) laser was used to dissociate molecules of silane ( $\text{SiH}_4$ ), ethylene ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) and ammonia ( $\text{NH}_3$ ) gases, through collision assisted multiple photon dissociation (MPD) to deposit ( $\text{SiC}_{1-x}\text{N}_x$ ) thin films, where the X-values are 0, 0.13 and 0.33, on glass substrate at  $T_s=648$  K, deposition rate of (0.416-0.833) nm/pulse and thickness of (500-1000)nm. Fourier transform infrared spectrometry (FT-IR) was used to study the nature of the chemical bonds that exist in the films. Results revealed that these films contain complex networks of the atomic (Si, C, and N), other a quantity of atomic hydrogen and chemical bonds such as (Si-N, C-N, C-H and N-H). Absorbance and Transmittance spectra in the wavelength range (400-1100) nm were used to study the optical properties of the deposited films. It was found the optical energy gap ( $E_g$ ) of these films is indirect and increases with increasing (X) while the width of localized states decreases. The study of the electrical properties of the deposited films revealed that their electrical conductivity at any constant temperature decreases with increasing (X) and the films have two activation energies both increase with increasing (X).







