

تحضير المركب سيليكات الباريوم $BaSiO_3$ بطريقة الاصطناع الصلب

نغم فاخوري*، إبراهيم أسعد اسماعيل**

ملخص البحث

تم في هذا البحث تحضير الجلمة ($BaSiO_3$) بطريقة الاصطناع الصلب وذلك انطلاقاً من الأكاسيد الأولية (BaO, SiO_2)، حيث تم سحق ومزيج الأكسيدين باستخدام هاون من العقيق بوجود الأسيوتون، ومن ثم ضغط المزيج الصلب على شكل أقراص باستخدام المكبس بعد الانتهاء من عملية التحضير، تم تكليس المركب الناتج عند درجات حرارة مختلفة تراوحت بين ($600-1100\text{ }^\circ\text{C}$) لمدة أربع ساعات. وتمت دراسة المركب الناتج باستخدام تقنية التحليل الحراري التفاضلي (DTA) ومطيافية انعراج الأشعة السينية (XRD) ومطيافية الأشعة تحت الحمراء (FT-IR). وأظهرت الدراسة مايلي:

من خلال مخططات الـ DTA لوحظ أن نزع الماء يتم عند الدرجة $150.4\text{ }^\circ\text{C}$. كما أظهرت نتائج التحليل بواسطة تقنية XRD أن المركب الذي تم تحضيره يتشكل عند الدرجة $700\text{ }^\circ\text{C}$ وفق النمط البلوري المعيني القائم، ولاحظنا زيادة واضحة في حدة القمم وهذا يشير إلى النمو الواضح للبلورات المتشكلة بارتفاع درجة الحرارة وصولاً للدرجة $1100\text{ }^\circ\text{C}$ ويبقى المركب ثابتاً حرارياً عندها.

كلمات مفتاحية: اصطناع صلب، سيليكات الباريوم، $BaSiO_3$ ، أكسيد مختلط.

(* طالبة دكتوراه في الكيمياء اللاعضوية - قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة البعث - حمص - سوريا.

** أستاذ الكيمياء اللاعضوية في قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة البعث - حمص - سوريا.

Preparing of Barium silicate BaSiO₃ by Solid State method

Nagham Fakhouri*, Ibraheem Ismaeel**

Abstract

In this paper, the mixed oxide BaSiO₃ was synthesized by solid state method based on the primary oxides, Barium oxide (BaO) and silicon dioxide (SiO₂), Where the oxides mixture was crushed and mixed using a garnet mortar in the presence of acetone, and then the solid mixture was pressed into tablets using the hydraulic pressor after completing the preparation process , the resulting compound was calcined at different temperatures (600-1100 °C) for four hours. The resulting compound was studied using differential thermal analysis technique (DTA), X-ray diffraction spectroscopy (XRD) and infrared spectroscopy (FT-IR). The study showed the following:

Through the DTA diagrams, we noted that the dehydration takes place at 150.4 °C. The results of the analysis by XRD technique also showed that the prepared compound formed at 700 °C according to the orthorhombic crystal pattern.

It had been noticed a clear increase in the sharpness of the peaks, and that indicates the clear growth of the crystals formed by increasing the temperature up to 1100 °C, and the compound remains thermally stable at that degree.

Keywords: Solid State method, Barium silicate, BaSiO₃, mixed oxide.

*) PHD student, Department of chemistry-Faculty of science-Al-baath university Homs-Syria.

***) professor of inorganic chemistry, Department of chemistry-Faculty of science-Al-baath university Homs-Syria.

1- مقدمة:

لطالما لاقت دراسة الأكاسيد اهتماماً من الباحثين وخاصة الأكاسيد المعدنية المختلطة التي تعتبر ركيزة أساسية في الثورة الصناعية والتقدم التكنولوجي في العالم وخاصة استخداماتها التطبيقية في التكنولوجيا الحديثة كالألكترونات الدقيقة والأجهزة الكهربائية والمغناطيسية، بالإضافة للخاصية الحفزية واستخدامات أخرى عديدة.

ومن الأهمية بمكان أن ندرس الخصائص البنوية لهذه المركبات كون جميع الأكاسيد المعدنية البسيطة والمختلطة تتواجد في الحالة الصلبة، ولأن الخصائص الفيزيائية والكيميائية المختلفة مرتبطة بالتركيب الكيميائي والبنية البلورية.

ونظراً لكون هذه الأكاسيد ثابتة لونياً وذات مقاومة عالية للحرارة فقد استخدمت في صناعة الخزف والفخار، حيث أن الأفران المستخدمة في الحرق تصل إلى درجات حرارة مرتفعة جداً [1].

جميع الأكاسيد المختلطة يتم تحضيرها عن طريق تكليس مزيج من أملاحها المعدنية أو أكاسيدها ضمن مجال حراري محدد، وعملية المعالجة الحرارية هذه هي السبب وراء ثبات البنية بالإضافة إلى الثبات الحراري [2].

ولابد لنا أن نذكر قليلاً عن السيليكات، وهي الأكاسيد المختلطة التي ينصب عليها عملنا الحالي. هذه المركبات الكيميائية يدخل في تركيبها الأكسجين والسيليسيوم، وهذه المركبات من أكثر الأصناف تنوعاً حسب نوع المعدن الثاني الداخل في تركيبها وبتكافؤات مختلفة . وهذا التنوع الكبير سمح لنا بأن نصنفها على أنها أغنى المركبات في القشرة الأرضية على الإطلاق. إذ يقدر الجيولوجيون أن 30% من محتوى القشرة

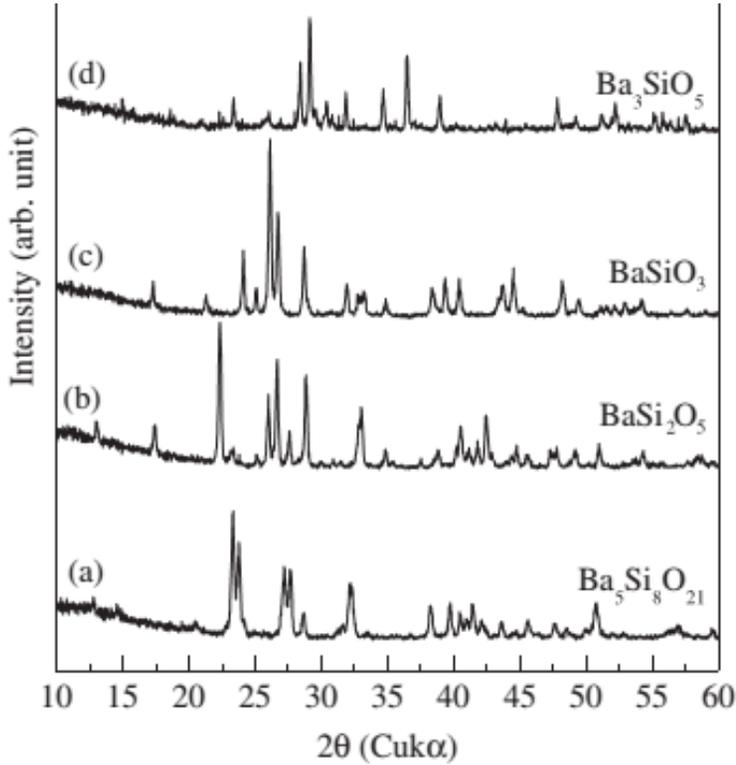
الأرضية من العناصر هو السيليسيوم، أما السيليكات تشكل بشكل عام 90% من القشرة الأرضية.

وهذا ما يؤكد أن عنصري السيليسيوم والأكسجين هما الأكثر وفرة في القشرة الأرضية. تشكل السيليكات أساس الفلزات الطبيعية والرمل والتربة. إذ أن جميع مواد البناء اللاعضوية ابتداءً من الفلزات الأرضية (الغرانيت)، وانتهاءً بالمواد الاصطناعية مثل (القرميد والاسمنت) وأيضاً السيراميك والزجاج تعتبر مواداً سيليكاتية.

كما وأن السيليكات تعد محط اهتمام العديد من الأبحاث والتطبيقات مثل الخلايا الضوئية والحساسات الضوئية، إضافة إلى كونها المكون الأساسي للكثير من الأحجار الكريمة الطبيعية وهذا ما يجعلها موضع اهتمام الكثير من الباحثين [3].

فقد قام الباحث (Cho, 2012) بتحضير سيليكات الباريوم بطريقة الاصطناع الصلب وذلك انطلاقاً من (BaCO₃, SiO₂) وينسب مولية مختلفة لعنصري الباريوم والسيليكون (Ba:Si=0.5, 0.625, 1, 3)، حيث مزجت المركبات المذكورة وفق النسب المولية المناسبة باستخدام المطحنة الكروية للحصول على أكبر قدر من التجانس لمدة (24 h). وبعد ذلك تم تكليس المزائج عند الدرجة (1200 °C) لمدة أربع ساعات بوجود تدفق من غاز الأوزون والهيدروجين. وبعد ذلك تم تحليل المركبات الناتجة باستخدام تقنية XRD وبين الشكل (1) المخططات الناتجة، والتي يظهر فيها تشكل أطوار مختلفة من سيليكات الباريوم تبعاً للنسبة المولية المأخوذة للعنصرين.

وتظهر النتائج تبلور كلاً من (BaSiO₃, BaSi₂O₅) وفق نمط التبلور الرباعي بينما يتبلور المركب (Ba₅Si₈O₂₁) وفق نمط التبلور أحادي الميل [4].



الشكل (1) مخطط XRD لسيليكات الباريوم المحضرة بنسب مولية مختلفة
(a)Ba/Si=0.625, (b)Ba/Si=0.5, (c)Ba/Si=1, (d)Ba/Si=3

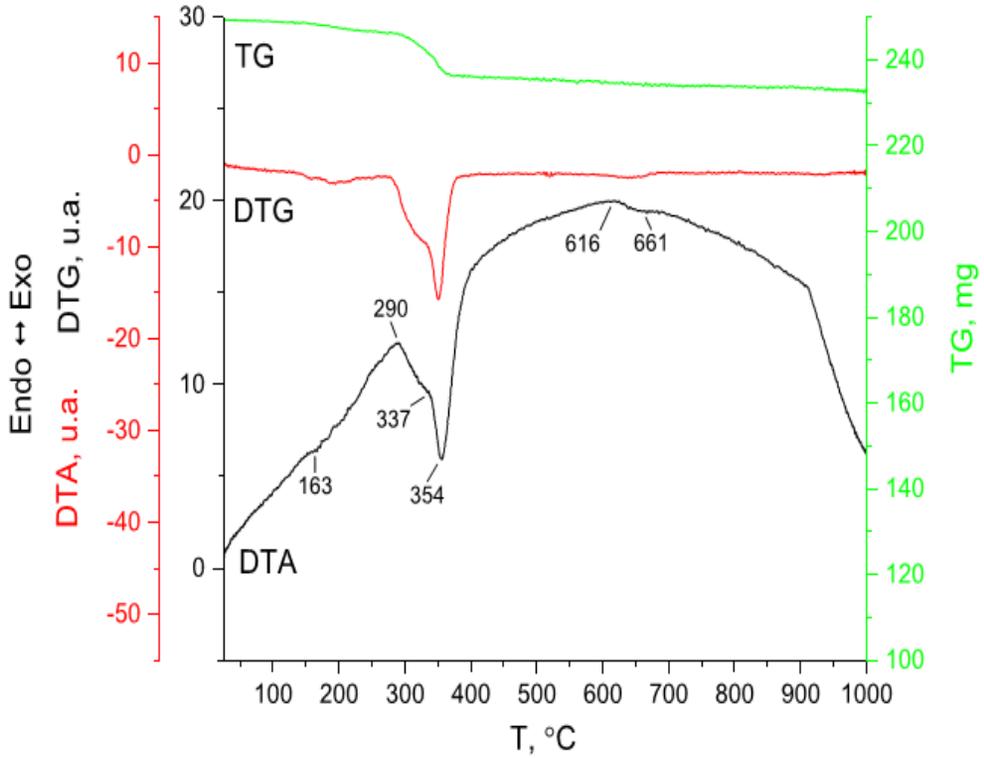
وحضرت سيليكات الباريوم من خلال التفاعل بين كلوريد الباريوم وسيليكات الصوديوم بنسب مولية مختلفة وذلك بعد تحضير سيليكات الصوديوم من خلال تفاعل هيدروكسيد الصوديوم مع رمل السيليكا.

سيليكات الباريوم المتشكلة تفصل بالترسيب وتظهر بشكل راسب أبيض اللون. درس بعد ذلك السلوك الحراري للراسب المتشكل كما درست مخططات (XRD) للراسب بعد ترميده عند درجات حرارة مختلفة وتظهرها الأشكال (2,3).

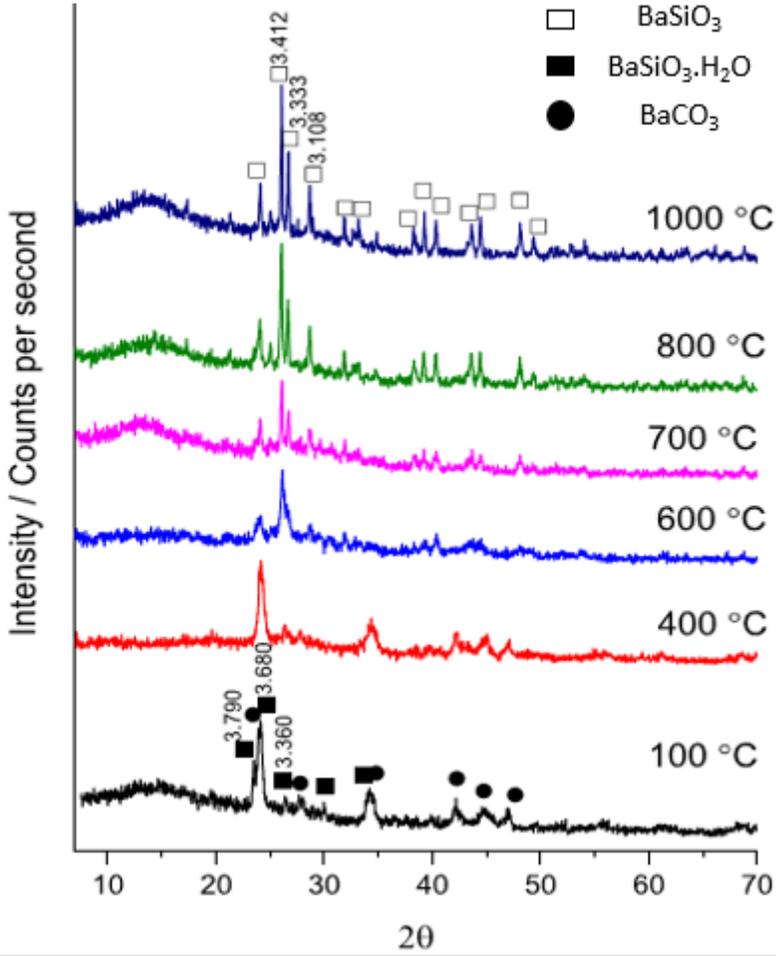
لوحظ من خلال مخططات (XRD) تشكل الراسب ببنية سيليكات الباريوم المائية ($BaSiO_3 \cdot H_2O$) مع وجود لآثار من كربونات الباريوم ($BaCO_3$) ويرفع درجة حرارة

الترميد يبدأ الراسب بالتفكك والتحول الى سيليكات الباريوم (BaSiO₃) والتي ظهرت بطور نقي عند درجة الحرارة (1000 °C).

أما السلوك الحراري فقد أظهر وجود قمة ماصة للحرارة تمتد ضمن مجال درجات الحرارة (250-400 °C) وتعود لازالة جزيئ الماء المتبلور من الراسب وبعدها يثبت المركب حرارياً ووزنياً مما يدل على عدم حدوث أي عمليات كيميائية أو فيزيائية لاحقة [5].



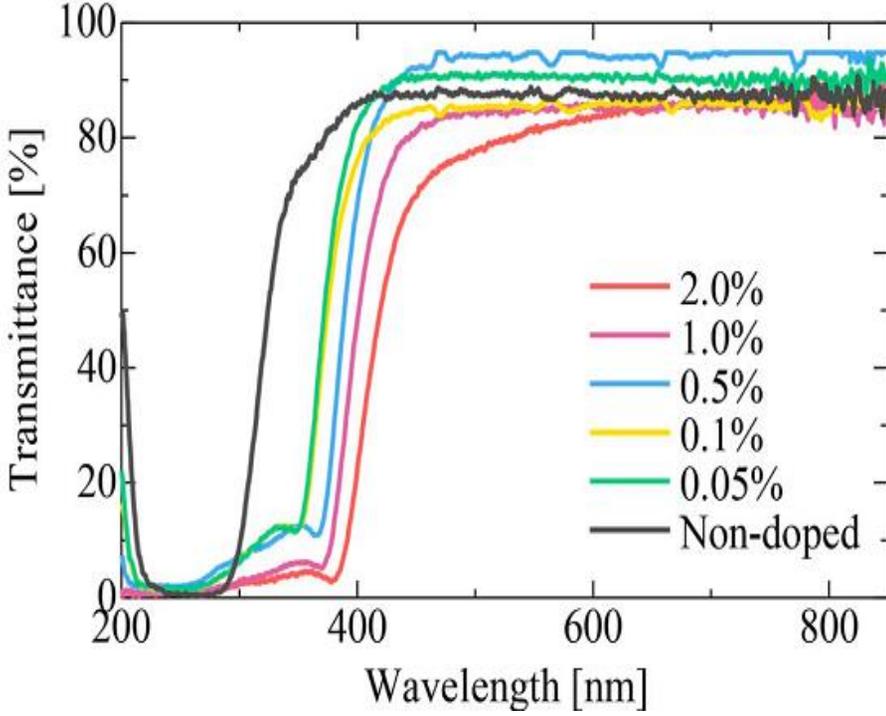
الشكل (2) منحنيات التحليل الحراري التفاضلي (DTA) والتحليل الوزني الحراري (TG) والتحليل الوزني الحراري التفاضلي (DTG) لمركب سيليكات الباريوم المائية



الشكل (3) مخطط XRD لسيليكات الباريوم المرمدة عند درجات حرارة مختلفة

وفي دراسة حديثة أجريت عام (2020) من قبل الباحث (Daiki Shiratori) لدراسة الخصائص الضوئية لمركب سيليكات الباريوم المطعمة بالجرمانيوم. قام الباحث بتحضير الجملة ($\text{GeO}_2:\text{BaSiO}_3$) بطريقة الاصطناع الصلب انطلاقاً من كربونات الباريوم (BaCO_3) وأكسيد السيليكون (SiO_2) وبإضافة كميات متزايدة من أكسيد الجرمانيوم (GeO_2) بحيث تكون نسبته في الجملة ($\text{GeO}_2:\text{BaSiO}_3 = 0, 0.05, 0.1, 0.5, 2\%$) وبعد مجانسة العينات تم ضغطها باستخدام مكبس هيدروليكي على شكل أقراص تم تكليلها عند درجة الحرارة

(1100 °C) لمدة (8h). ثم قام الباحث بدراسة العينات الناتجة باستخدام المطيافية الضوئية والتي تظهر نتائجها وفق الشكل التالي:

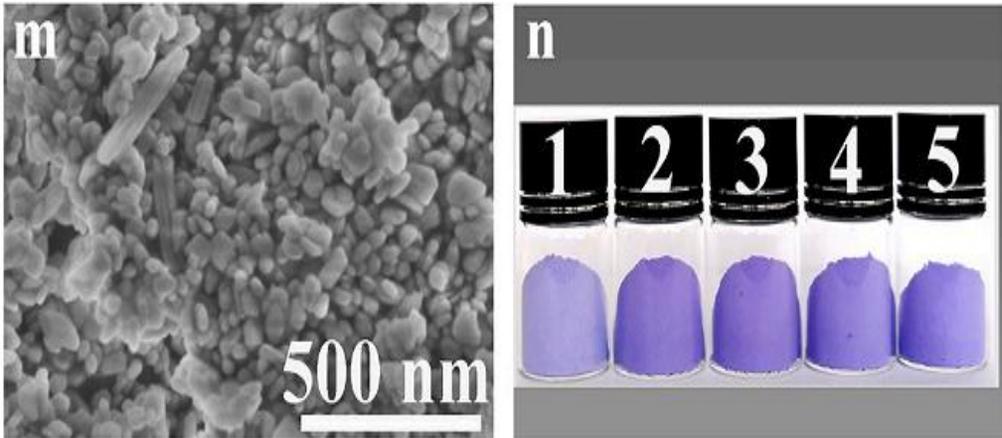


الشكل (4) مطيافية النفوذ الضوئية لعينات سيليكات الباريوم المطعمة بأكسيد الجرمانيوم بنسب مختلفة

لاحظ الباحث أن زيادة نسبة أكسيد الجرمانيوم في الجملة تؤدي إلى تناقص طيف نفوذ الضوء. حيث أن مركب سيليكات الباريوم النقية يسمح بمرور قسم من الأشعة فوق البنفسجية (300-400 nm) وهذا الجزء من الأشعة تتناقص نفوذيته بزيادة نسبة أكسيد الجرمانيوم حتى النسبة (2%) والتي تصبح عندها العينة تمتص كامل الضوء فوق البنفسجي وتسمح بمرور الضوء المرئي فقط. وبهذه التقنية يمكن صناعة زجاج يستخدم في صناعة النظارات ويحمي العين من الأشعة فوق البنفسجية [6].

وفي دراسة أخرى أجريت في العام (2021) على دراسة تحضير مركب سيليكات الباريوم المطعم بعدد من الأكاسيد المعدنية (السترانسيوم، البور، الزركونيوم) ودرست الخصائص الضوئية والحرارية للمركبات الناتجة [7].

وقد تمكن فريق من الباحثين في ذات العام (2021) من تحضير مركب سيليكات الباريوم المطعمة بالنحاس بغية استخدامها كمواد صباغية، حيث تتميز بلونها البنفسجي الزاهي وثباتها الحراري والكيميائي وقد تم تحضير المركبات المذكورة باستخدام الطريقة الهدروحرارية. ويبين الشكل التالي الصور الفوتوغرافية للعينات الناتجة إضافة لصور المجهر الماسح الإلكتروني [8].



الشكل (5) صورة المجهر الماسح الإلكتروني لمركب سيليكات الباريوم المطعمة بالنحاس بالإضافة لمظهر العينات المنتشرة

2- مشكلة البحث:

تعد سيليكات الباريوم من المركبات الهامة في الصناعة، إلا أنه من الصعب الحصول عليها وتحضيرها باستخدام الطرائق العادية مثل (الهدروحرارية) بسبب الغضوط العالية المطبقة في الطريقة الهدروحرارية والتي تستلزم تقنيات متقدمة وتجهيزات مكلفة.

3- أهمية وهدف البحث:

تكمن أهمية البحث في استخدام طريقة الاصطناع الصلب في تحضير الجملة المذكورة حيث تعطي مردود عالي وبنية بلورية منتظمة وأكثر تجانساً.

نههدف من هذا البحث الى تحضير مركب سيليكات الباريوم ودراسة تأثير درجة الحرارة على الجملة أثناء عملية التحضير اضافة لدراسة البنية البلورية للمركب الناتج.

4- الجزء العملي:

4-1- التجهيزات والأدوات المستخدمة:

- ميزان تحليلي بدقة تصل إلى 0.0001 gr
- أدوات زجاجية مختلفة.
- بوتقات خزفية تتحمل درجات حرارة عالية.
- مجفف لتجفيف العينات من انتاج شركة (memmert).
- مرمدة لحرق العينات وهي ومن نوع (Carbolite) يصل مجالها حتى الدرجة 1100 °C.
- جهاز انعراج الأشعة السينية للمساحيق X-Ray Powder Diffractometer من طراز Philips-PW-1840.
- جهاز التحليل الحراري التفاضلي DTA من نوع (Chimadzu).
- هاون خزفي لطحن العينات للحصول على مسحوق ناعم قدر الإمكان.
- أكسيد الباريوم (BaO) من انتاج شركة (Riedel deHaen) نقاوة (99%)
- أكسيد السيليكون (SiO₂) من انتاج شركة (Riedel deHaen) نقاوة (99%)
- أسيتون (CH₃COCH₃) من انتاج شركة (Riedel deHaen) نقاوة (99.5%)

4-2- طريقة العمل:

بداية تم حساب أوزان المواد الأولية المستخدمة في الاصطناع انطلاقاً من النسبة الاستيكيومترية للمعادلة التالية:



ومنها نجد أن النسبة المولية المستخدمة Ba:Si=1.

يبين الجدول التالي النسبة المولية المأخوذة من الأكسجين وكمية كل منهما مقدرة (gr):

BaO	SiO ₂	المادة
0.02 M	0.02 M	النسبة المولية
3.0665 gr	1.2 gr	الكمية المأخوذة

بعد أخذ الأوزان المطلوبة لكل من أكسيدي السيليكون والباريوم تم وضعهما معاً في هاون خزفي يستخدم لسحق العينات، ثم بعد ذلك غمرهما بالأسيتون النقي وتم البدء بعملية السحق المتواصل وباتجاه واحد واستمرت عملية السحق حتى تطاير المذيب بشكل كامل، ثم أعيدت عملية إضافة الأسيتون مع السحق المتواصل وباتجاه واحد ثلاث مرات لضمان الحصول على حبيبات ناعمة متجانسة.

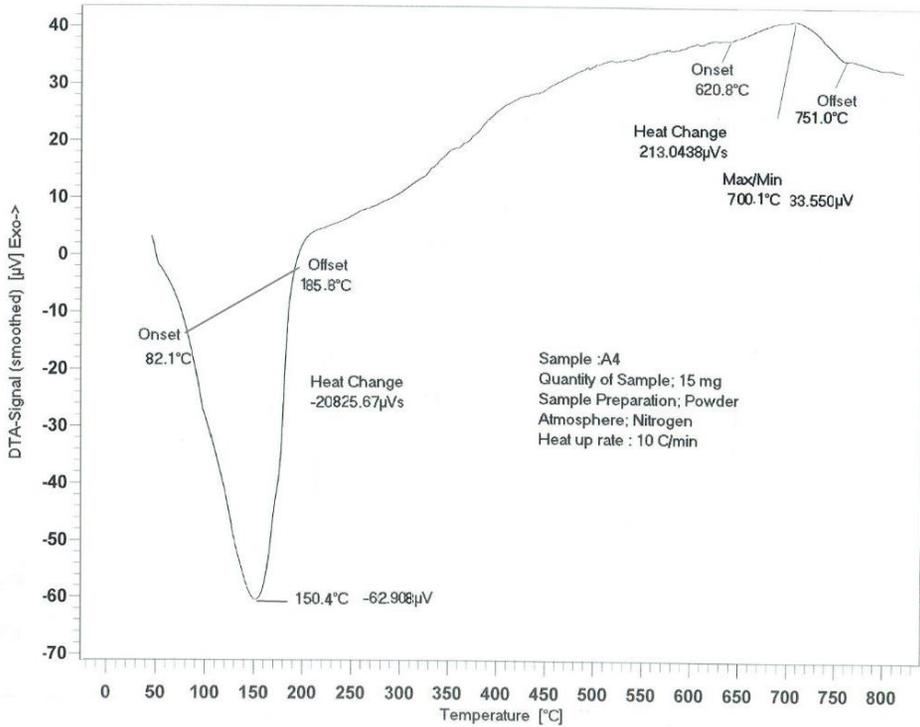
بعد ذلك جمعت العينات وضغطت على شكل أقراص بقطر (1cm) وسماكة (5mm) كل على حده باستخدام مكبس هيدروليكي عند ضغط (6.5 GPa) وتم ترميدها عند درجات حرارة مختلفة (600-1100 °C).

تم توصيف العينات السابقة باستخدام تقنيات (DTA, XRD, IR).

5- النتائج والمناقشة:

5-1- دراسة منحنى التحليل الحراري التفاضلي DTA:

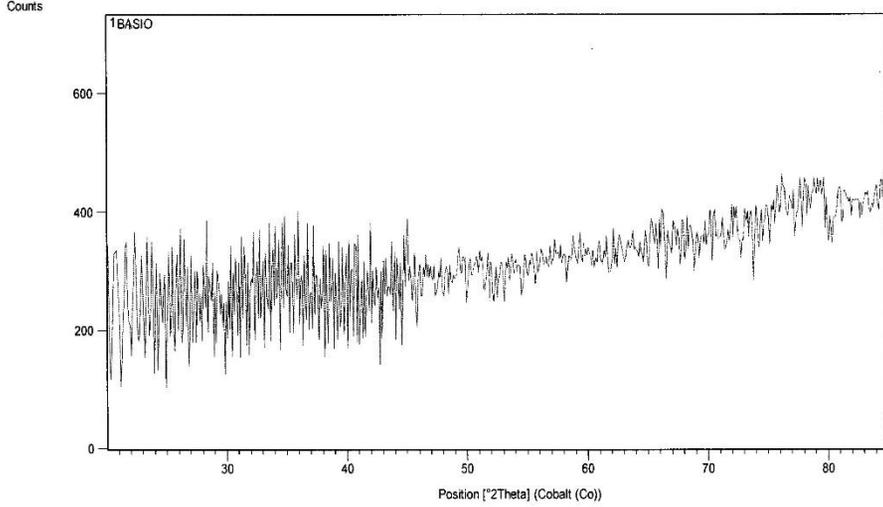
يبين المنحنى المبين في الشكل (6) السلوك الحراري لمزيج أكسيدي الباريوم والسيليكون حيث تم المسح ضمن مجال لدرجات الحرارة (0-800 °C) وتظهر فيه قمة امتصاص عريضة عند الدرجة (150.4 °C) وتعود لتطاير بقايا الأستون في العينة اضافة لخسارة الماء الفيزيائي (الرطوبة الناتجة عن امتصاص الأكاسيد لكمية من بخار الماء الجوي). ويلاحظ عدم ظهور أي قمم (ناشرة أو ماصة للحرارة) حتى الدرجة (700.1 °C) التي تظهر عندها قمة ناشرة للحرارة و تعود لتشكل المركب المطلوب. ولتأكيد هذه النتائج قمنا بدراسة مخططات (XRD) للمركب المحضر عند درجات حرارة مختلفة (600-1100 °C).



الشكل (6) مخطط التحليل الحراري التفاضلي لمزيج أكسيدي الباريوم والسيليكون بنسبة مولية (1:1)

5-2- مخطط (XRD) للعينات المحضرة عند درجة حرارة (600 °C):

يبين الشكل التالي مخطط انعراج الأشعة السينية (XRD) للعينة التي تم حرقها عند درجة حرارة (600 °C):



الشكل (7) مخطط (XRD) لمركب سيليكات الباريوم المحضر عند الدرجة (600 °C)

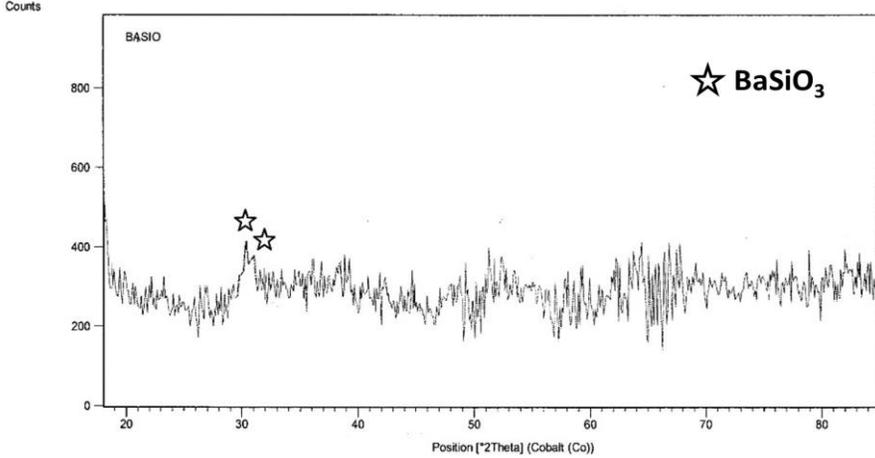
نلاحظ من الشكل السابق عدم وجود قمم في المخطط مما يدل على عدم تشكل المركب وعدم وجود الأكاسيد الأولية بشكل بلوري. وهو ما يتطابق مع منحنى (DTA) السابق. لذا قمنا برفع درجة حرارة الترميد حتى الدرجة (700°C).

5-3- مخطط (XRD) للعينات المحضرة عند درجة حرارة (700 °C):

قمنا بتسجيل مخطط (XRD) لعينة من مركب سيليكات الباريوم المرمدة عند الدرجة (700 °C) لمدة (5 hr) ويبين الشكل (8) المخطط الناتج.

يلاحظ من المخطط ظهور قمتين متلاصقتين عند قيم زوايا انعراج (2θ=30.40°, 31.19°) وهي تعود لمركب سيليكات الباريوم وفق البطاقة المرجعية ذات الرقم (BaSiO₃:261-402) وهو ما أكدته مخطط (DTA) بظهور قمة ناشرة للحرارة

عند الدرجة (700.1 °C) وهي قريبة من درجة الترميد. وبالتالي يمكن القول أنه في هذه الدرجة بدأ المركب بالتشكل.



الشكل (8) مخطط (XRD) لمركب سيليكات الباريوم المحضر عند الدرجة (700 °C)

الجدول التالي يبين القمم العائدة للمركب وشداتها وقرائن ميلر الموافقة لها:

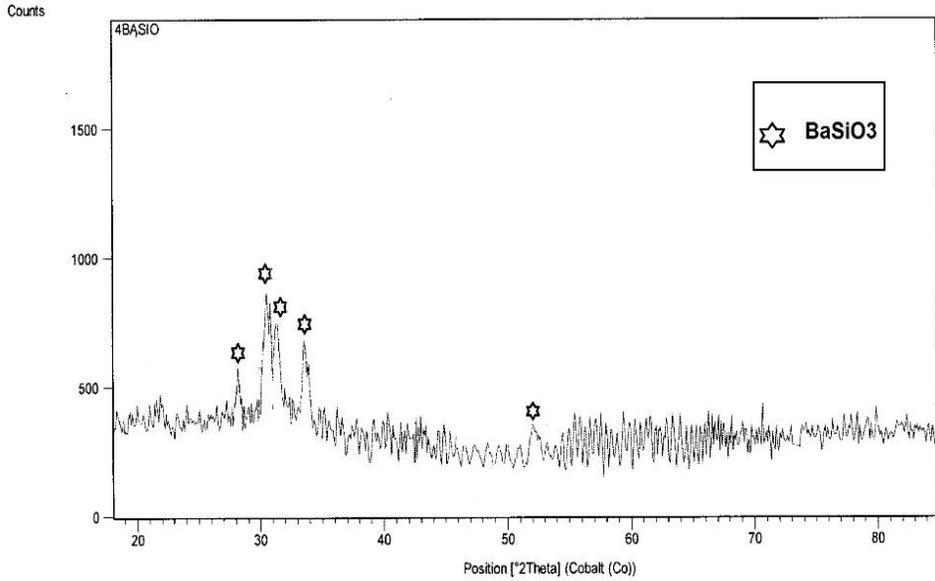
الجدول (1) زوايا الانعراج وشداتها للعينات المرمدة عند الدرجة (700 °C)

المركب	2θ	2θ Ref	Rel. Int. [%]	hkl
BaSiO ₃	30.400	30.342	100	111
BaSiO ₃	31.190	31.078	65	040

5-4 - مخطط (XRD) للعينات المحضرة عند درجة حرارة (800 °C):

برفع حرارة ترميد العينات للدرجة (800 °C) يظهر لدينا المخطط المبين في الشكل (9) وفيه نلاحظ انخفاض التشويش بشكل كبير مقارنة بالمخطط السابق وفيه يزداد عدد القمم

العائدة لمركب سيليكات الباريوم كما تزداد شدة القمم الأساسية في المخطط.



الشكل (9) مخطط (XRD) لمركب سيليكات الباريوم المحضر عند الدرجة (800 °C)

ويبين الجدول التالي قيمة زوايا الانعراج وشدة كل منها:

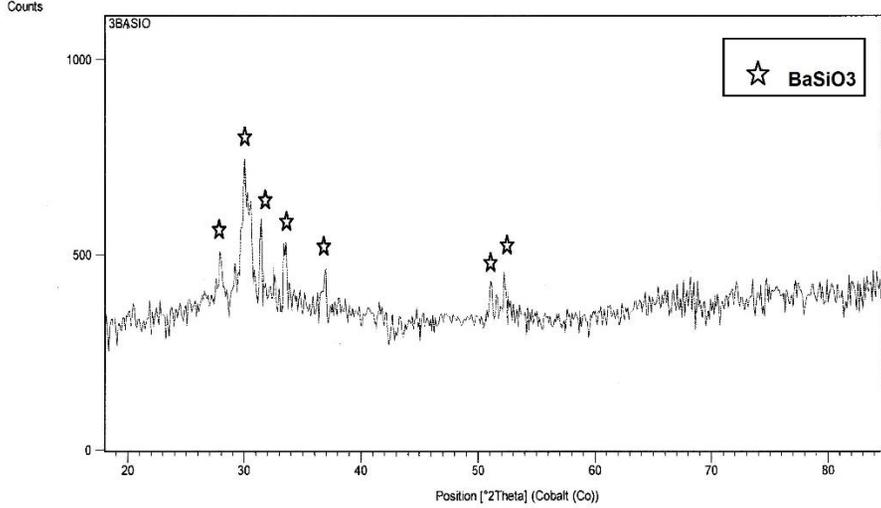
الجدول (2) زوايا الانعراج وشداتها للعينات المرمدة عند الدرجة (800 °C)

المركب	2θ	REF 2θ	Rel. Int. [%]	hkl
BaSiO ₃	27.91	28.034	35	021
BaSiO ₃	30.22	30.342	100	111
BaSiO ₃	31.41	31.078	65	040
BaSiO ₃	33.95	33.408	55	200
BaSiO ₃	51.91	51.072	18	122

المخطط السابق يدل على اكتمال عملية التحضير وهو ما يتوافق مع مخطط (DTA).

5-5 - مخطط (XRD) للعينات المحضرة عند درجة حرارة (1100 °C):

أما برفع حرارة ترميد العينات للدرجة (1100 °C) يظهر لدينا المخطط التالي:



الشكل (10) مخطط (XRD) لمركب سيليكات الباريوم المحضر عند الدرجة (1100 °C)

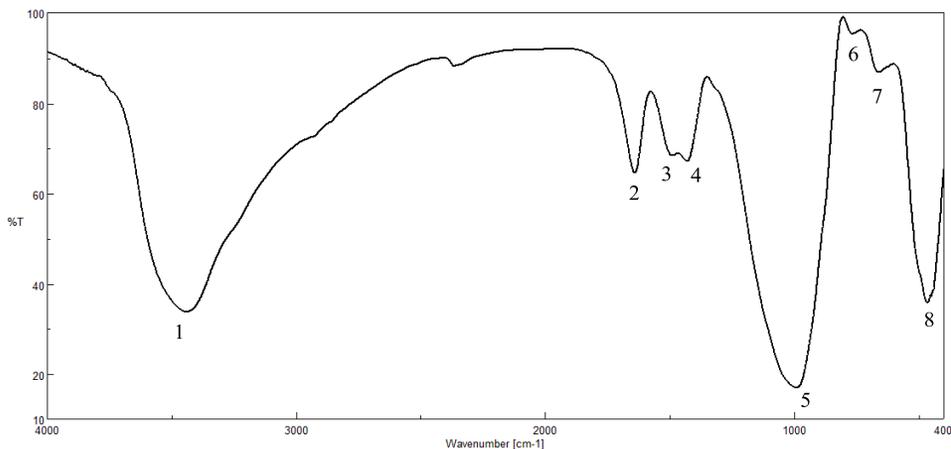
بمقارنة هذا المخطط مع المخطط السابق نلاحظ ظهور القمم العائدة لمركب سيليكات الباريوم بشكل أكثر حدة ووضوحاً، كذلك يلاحظ عدم ظهور أية قمم عائدة للأكاسيد الأولية مما يثبت عدم تفكك المركب عند درجة الحرارة (1100 °C) وبذلك يعتبر المركب ثابتاً حرارياً عند هذه الدرجة. ويبين الجدول التالي قيمة زوايا الانعراج وشدة كل منها:

الجدول (3) زوايا الانعراج وشداتها للعينات المرمدة عند الدرجة (1100 °C)

المركب	Pos. [°2Th]	Rel. Int. [%]	hkl
BaSiO ₃	27.91	35	021
BaSiO ₃	30.22	100	111
BaSiO ₃	31.41	65	040
BaSiO ₃	33.95	55	200
BaSiO ₃	36.96	14	131
BaSiO ₃	51.91	18	122
BaSiO ₃	52.89	10	042

5-6- دراسة مطيافية (IR) لمركب سيليكات الباريوم:

تم تسجيل طيف (IR) للجملة المحضرة والمرمدة عند درجة الحرارة (1100 °C) والتي تظهر بشكل نقي وفق مخططات (XRD) ويبين الشكل التالي الطيف الناتج:



الشكل (11) طيف الأشعة تحت الحمراء لمركب سيليكات الباريوم المتشكل عند الدرجة (1100 °C)

يبين الجدول التالي عصابات الامتصاص في الطيف والأعداد الموجية الموافقة لكل منها:

الجدول (4) عصابات الامتصاص في طيف (IR) لمركب سيليكات الباريوم

العدد الموجي cm ⁻¹	نمط الاهتزاز	عصابة الإمتصاص
3439.42	OH امتطاط غير متناظر للرابطة	1
1642.09	H-O-H حني الرابطة في جزيئ الماء	2
1486, 1429	SiO ₄ امتطاط غير متناظر للرابطة Si-O في	3, 4
991.23	Si ₂ O ₇ امتطاط غير متناظر للرابطة Si-O في	5
769.45	Si ₃ O ₉ امتطاط غير متناظر للرابطة Si-O في	6
664.35	Si-O-Si امتطاط غير متناظر للرابطة	7
467.65	Ba-O-Si امتطاط غير متناظر للرابطة	8

ويتأكد لنا من عصابة الامتصاص للرابطة (Ba-O-Si) دخول الباريوم في البنية البلورية للسيليكا، وهو ما يتطابق مع مخطط (XRD) للعينة المحضرة.

5-7- دراسة البنية البلورية لمركب سيليكات الباريوم:

بعد مقارنة قمم انعراج الأشعة السينية في المخطط المبين في الشكل (9) (والذي تكون فيه جميع القمم عائدة للمركب المطلوب) مع القيم المرجعية للمركب. تبين أن نمط التبلور من النوع المعيني القائم. حيث لا يمكن معرفة نمط التبلور إلا باستخدام جهاز انعراج الأشعة السينية أحادي البلورة monocystal وهذه التقنية غير متوفرة.

وفي النظام المعيني القائم يكون:

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ , \quad a \neq b \neq c$$

وتحسب قيمة (d) المعبرة عن المسافة بين المستويات البلورية وفق العلاقة التالية المعبرة عن قانون براغ في انعراج الأشعة السينية والعلاقة الرابطة بين بارامترات الشبكة البلورية للنظام المعيني القائم:

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

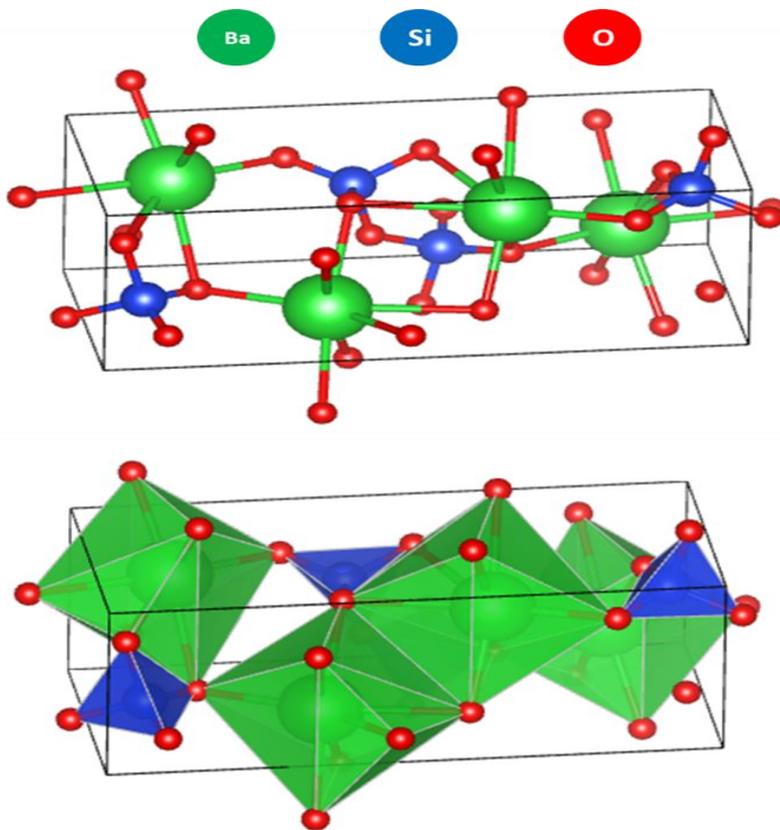
$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2}$$

$$d = \left[\frac{a^2}{h^2} + \frac{b^2}{k^2} + \frac{c^2}{l^2} \right]^{1/2}$$

وبالاعتماد على جدول قيم زوايا الانعراج المذكور (الجدول رقم 2) والتي تعود فيه القمم للمركب المتشكل بصورة نقية نجد قيم أبعاد الخلية الأساسية وكانت:

$$a=6.1207 \text{ \AA}, b=13.2033\text{\AA}, c= 5.0531\text{\AA}$$

وبالتالي يمكننا توضيح البنية البلورية للمركب وفق الشكل التالي:



الشكل (12) البنية البلورية لمركب سيليكات الباريوم وفق النمط البلوري المعيني القائم

نلاحظ من الشكل السابق تموضع ذرات السيليكون في مركز رباعيات الوجوه وهو ما أثبتته طيف (IR) للمركب المحضر.

6- الخلاصة والتوصيات:

- 1- تم في هذا البحث تحضير المركب سيليكات الباريوم بطريقة الاصطناع الصلب انطلاقاً من أكسيد الباريوم وأكسيد السيليكون.
- 2- تم دراسة تحضير المركب عند درجات حرارة مختلفة ضمن مجال (600- 1100 °C) وكانت الدرجة المناسبة للتحضير (700 °C) وهو ما ظهر بمخطط (DTA) وأكدته مخططات (XRD).
- 3- تم اثبات هوية الجلمة بالاعتماد على مخططات IR, XRD للعينات ومقارنتها مع البطاقات المرجعية المذكورة.
- 4- نوصي بدراسة تحضير مركبات سيليكاتية للعديد من المعادن نظراً للتطبيقات الهامة لها.

المراجع:

1. Fernandez-Garcia M, Martinez-Arias A, Hanson JC, Rodriguez JA. Nanostructured oxides in chemistry: characterization and properties. *Chemical Reviews*. 2004 Sep 8;104(9):4063-104.
2. Buxbaum G, editor. *Industrial inorganic pigments*. John Wiley & Sons; 2008 Jul 11.
3. Roberts WL, Rapp GR, Weber J, Rapp GR. *Encyclopedia of minerals*. New York: Van Nostrand Reinhold; 1990.
4. Cho IS, Yim DK, Kwak CH, An JS, Roh HS, Hong KS. Investigation of crystal/electronic structure effects on the photoluminescence properties in the BaO–SiO₂:Eu²⁺ systems. *J Lumin*. 2012;132:375–80.
5. Beglaryan HA, Melikyan SA, Zulumyan NH, Terzyan AM, Isahakyan AR. Influence of colloid synthesis techniques on barium silicates formation using silica hydrogel derived from serpentine minerals. *J Mol Liq [Internet]*. 2019;291:111263. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.111263>
6. Shiratori D, Engineering M, Nakauchi D, Ph D, Fukushima H, Kato T, et al. Photoluminescence and scintillation properties of Ce-doped barium silicate glasses synthesized by the FZ method. *Opt Mater (Amst) [Internet]*. 2020;105(March):109895. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.optmat.2020.109895>
7. Walia T, Singh K. Mixed alkaline earth modifiers effect on thermal , optical and structural properties of SrO-BaO-SiO₂ - B₂O₃ -ZrO₂ glass sealants. *J Non Cryst Solids [Internet]*. 2021;564(October 2020):120812. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2021.120812>
8. Gong L, Liang J, Kong L, Chen B, Li Y, Tian G. Synthesis of high-performance copper barium silicate composite pigment from waste iron ore tailings. *Ceram Int [Internet]*. 2021;(June). Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2021.06.230>

