

دراسة تحليلية لأطياف النفوذية لمركب ثاني أكسيد التيتانيوم المشاب

بالرصاص $Ti_{(1-x)}Pb_xO_2$; (x = 0.1 - 0.3 - 0.4 g)

أحمد خضروا¹، صباح سيد قدوري²

الملخص

يعتبر ثاني أكسيد التيتانيوم من الأكاسيد الأكثر أهمية في مخابر البحوث العالمية نظراً لامتيازه بخصائص متميزة ولدراسة التغيرات التي تطرأ على خصائصه الفيزيائية، تم فحص الخصائص الضوئية لمساحيق من ثاني أكسيد التيتانيوم المشاب بالرصاص بنسب مختلفة (x = 0.1 - 0.3 - 0.4 g) بعد تحضيرها بطريقة تفاعل الحالة الصلبة. أظهرت نتائج جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء الخصائص الضوئية للمساحيق النقية والمشابة بالرصاص وهي: النفوذية T و الامتصاصية A و الانعكاسية R و معامل الإمتصاص α و معامل التخامد K وقرينة الإنكسار n والطول الموجي الضوئي L و الناقلية الضوئية σ_{opt} و الكثافة الضوئية O.D و ثابت العزل الحقيقي ϵ_r و التخيلي ϵ_i و التغيرات التي طرأت على كل نسبة إشابة مقارنة بالعينة النقية.

الكلمات المفتاحية: الامتصاصية A ، الانعكاسية R ، معامل الإمتصاص α ، ثابت العزل ϵ ، الكثافة الضوئية O.D، قرينة الإنكسار n، الطول الموجي الضوئي L .

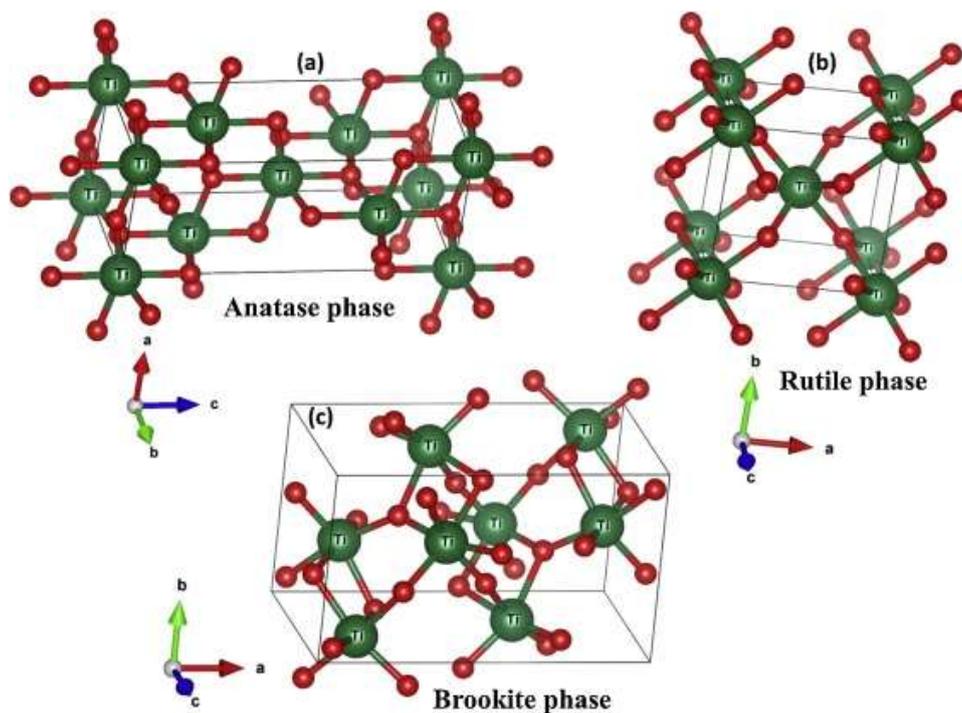
1- مقدمة:

بدأت دراسة المواد نصف الناقل منذ أوائل القرن التاسع عشر وذلك لأهميتها الكبيرة من الناحية العملية والتجريبية فقد استمرت هذه الأبحاث بصورة واسعة للتعرف على خواص المواد نصف الناقل و بنيتها و تركيبها و إمكانية استغلالها إلى أن تمكن الباحثون في عام 1886 من تصنيع أول صمام ثنائي .

ومن بين هذه المواد مادة ثاني أكسيد التيتانيوم المستخدمة حالياً و قديماً في نطاق واسع من التطبيقات و المنتجات نظراً لخواصها المميزة و الواسعة التي تختلف باختلاف الشوائب المضافة للمركب و باختلاف الظروف التي تم تعريضها لها من ضغط عالي و حرارة و تحويلها لمواد نانوية و لأفلام و غيرها من العمليات التي قام بها العديد من الباحثين [1-2-3-4-5-6-7-9-15-16-19-21-22-25-27-30-31]، بغية استغلال هذا المركب كصباغ و الذي يتم إنتاجه بالإعتماد على طريقتين صناعيتين رئيسيتين من خامه و هما إما الإلمنيت أو الروتيل سواء الطبيعي أو الصناعي [12]. استخدم هذا المركب في تبييض الأوراق و صبغ معاجين الأسنان و حشوات الاسنان و تلوين المواد الدوائية و الغذائية كما يستخدم كمسحوق للوجه فهو يحميه من الأشعة فوق البنفسجية الضارة من خلال امتصاصه للإشعاع الضوئي فوق البنفسجي [4],[15]. يتواجد ثاني أكسيد التيتانيوم بثلاثة أطوار بلورية وهي: الأناتاز، والروتيل ببنيتهما البلورية الرباعية، والبروكيت ببنيته البلورية المعينية القائمة [30] والشكل (1) يظهر هذه البنى.

كما يمتاز المركب أيضاً بقدرة كبيرة على تحمل درجات الحرارة العالية [32]، مما يمكننا من استغلاله بشكل أساسي في السفن البحرية و الصواريخ و الطائرات و المركبات الفضائية و أنابيب محطات الطاقة و في صناعة الدروع الواقية من الإشعاع .

في هذا العمل سنقوم بإدخال شائبة الرصاص بنسب مختلفة على مركب TiO_2 النقي و ندرس التغيرات التي تطرأ على الخصائص الضوئية وذلك بعد أن نقوم بتعريض المركبات النقية و المشابه للأشعة تحت الحمراء التي يقع عددها الموجي ضمن المجال $400-4000\text{ cm}^{-1}$.



الشكل (1): البنية البلورية لثنائي أكسيد التيتانيوم TiO_2 (a) الأنازاز (b) الروتيل (c) البروكيت

2- العمل التجريبي:

تم وزن مساحيق مركب ثاني أكسيد التيتانيوم TiO_2 النقي وعنصر الرصاص Pb بواسطة ميزان حساس نوع (SARTORIUS) ذو دقة مقدارها (10^{-4} gr) و تمت إشابة عينات المركب النقي بنسب مختلفة من الرصاص وفق ($x = 0.2 - 0.5 - 0.7 - 0.9$ g) $Ti_{1-x}Pb_xO_2$ باستخدام طريقة تفاعل الحالة الصلبة [9] (Solid-state interaction method)، [3]، حيث قمنا بخلط المواد و طحنها جيداً لمدة ساعتين باستخدام هاون و مدقة من العقيق (Agate mortar and pestle) لتحويلها إلى مساحيق (Powders) دقيقة جداً، ثم نخلها بواسطة منخل قطر فتحاته 90 ميكرون ، ثم تم تسخين العينات التي تم سحقها حتى $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ بواسطة مرمدة حيث أن عملية التحضير تمت في كلية العلوم في جامعة تشرين في مخابر قسمي الفيزياء و الكيمياء، كما أجريت قياسات IR في كلية العلوم في جامعة حلب.

3- النتائج والمناقشة

3-1 دراسة مخططات FT-IR:

يوضح الشكل (2) أطياف IR لعينات ثاني أكسيد التيتانيوم النقية و المشابة بالرصاص بالنسب -0.5-0.2)x= (0.7-0.9g) حيث قمنا بقياس :

- 1- النفوذية T: وهي النسبة بين شدة الإشعاع النافذ إلى شدة الإشعاع الساقط و تؤخذ من الجهاز نفسه
2- الإمتصاصية A: وهي النسبة بين شدة الإشعاع الممتص إلى شدة الإشعاع الساقط و تحسب من العلاقة [28]:

$$A = \log \left(\frac{100}{T\%} \right) = \log \left(\frac{1}{T} \right) \quad (14)$$

حيث T النفوذية .

- 3- معامل الإمتصاص α : و يعبر عن النسبة بين النقصان في فيض طاقة الإشعاع الساقط إلى واحدة المسافة باتجاه انتشار الموجة الضوئية الساقطة داخل الوسط ، و يحسب من العلاقة [26]:

$$\alpha = 2.303 \frac{A}{d} \quad (15)$$

حيث: d=1mm تمثل سماكة العينة و A الإمتصاصية .

- 4- معامل التخامد k : و هو كمية ما تمتصه إلكترونات المادة المدروسة من طاقة فوتونات الإشعاع الساقط عليها ، و يحسب من العلاقة [17]:

$$K = \frac{A}{4\pi v} \quad (16)$$

حيث: v التردد

- 5- قرينة الإنكسار n : و هي النسبة بين سرعة الضوء في الخلاء إلى سرعته في الوسط ، و تحسب من العلاقة [18]:

$$n = \left[\frac{100 - T\%}{T\%} \right]^{1/2} \quad (17)$$

- 6- عمق الامتصاص L: و هو مقلوب معامل الإمتصاص و يحسب من العلاقة [22]:

$$L = \frac{1}{\alpha} \quad (18)$$

7-الناقلية الضوئية $\sigma_{(opt)}$: ترتبط بمعامل الإنكسار و معامل التخامد وفقا للعلاقة [19]:

$$\sigma_{opt} = \frac{1}{30} nk\nu \quad (19)$$

8- ثابت العزل العقدي ϵ_i [5]: يرتبط بمعامل الإنكسار و معامل التخامد و يتألف من قسم حقيقي ϵ_r و قسم تخيلي ϵ_i يحسب كل منهما من العلاقتين :

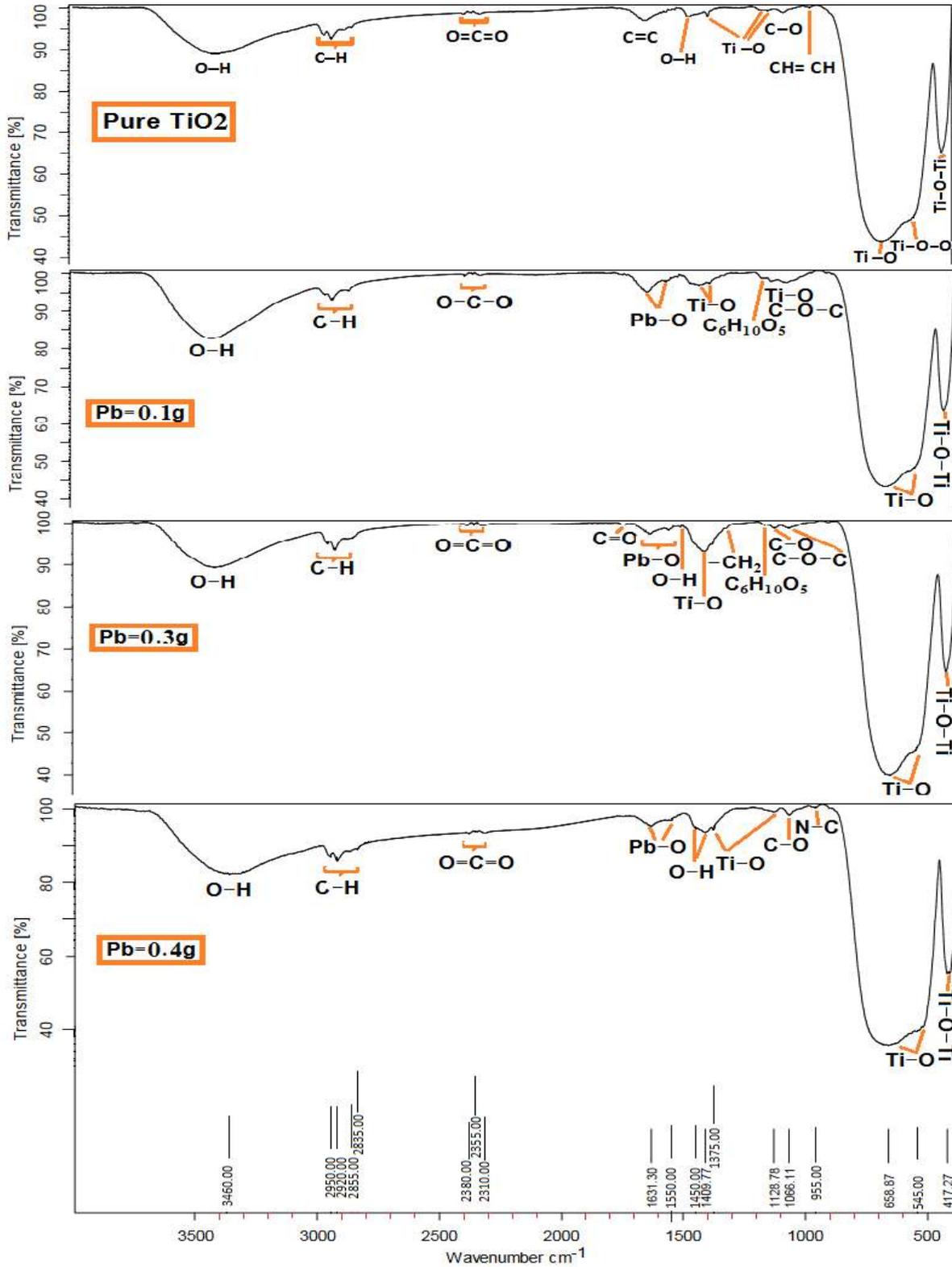
$$\epsilon_r = n^2 + k^2 \quad (20)$$

$$\epsilon_i = 2k\nu \quad (21)$$

9-الكثافة الضوئية OD : و هي تتعلق بمعامل الإمتصاص و سمك العينة و تعطى بالعلاقة [29] :

$$OD = 0.434 \alpha d \quad (22)$$

تم إجراء تحليل FTIR للعينات النقية و المشابة في درجة حرارة الغرفة ضمن المجال [400- 4000 cm^{-1}] و الذي ضم العديد من الحزم المذكورة في الجداول (13-14-15-16-17) و منها الحزمة التي ظهرت عند القيم المقابلة للأعداد الموجية $3400 - 1406 - 3422 - 3430 - 3500 \text{ cm}^{-1}$ تعود إلى اهتزاز مجموعة الهيدروكسيد O-H. بالإضافة إلى الروابط الإهتزازية التي حصلنا عليها و التي تعود لمركب ثاني أكسيد التيتانيوم و روابط أكسيد الرصاص و التي ازداد أعدادها بازدياد نسبة الإشابة بالرصاص .



الشكل (2): أطياف FTIR لعينات ثاني أكسيد التيتانيوم النقي و المشاب بالرصااص بالنسب (-0.1x=

(0.3-0.4 g

الجدول (1): يبين تردد الإهتزازات و الروابط المقابلة للقمم لثاني أكسيد التيتانيوم النقي مع قيم النفوذية والامتصاصية و الإنعكاسية و معامل الإمتصاص و معامل التخامد و قرينة الإنكسار و الطول الضوئي .

TiO ₂ النقي								
$\nu(\text{cm})^{-1}$	الروابط	T	A	R	$\alpha(\text{cm})^{-1}$	$K \cdot 10^{-6}$	N	L(cm)
3400.00	O-H	0.890	0.0506	0.0594	1.16538	27.00	0.3516	0.8581
2960.00	C-H	0.935	0.0292	0.0358	0.67248	18.00	0.2677	1.4870
2920.00	C-H	0.925	0.0339	0.0411	0.78072	21.00	0.2847	1.2809
2868.00	C-H	0.949	0.0227	0.0283	0.52279	15.00	0.2318	1.9128
2830.00	C-H	0.952	0.0214	0.0266	0.49284	14.00	0.2245	2.0291
2375.00	O=C=O	0.985	0.0066	0.0084	0.15110	5.100	0.1234	6.6181
2350.00	O=C=O	0.979	0.0092	0.0118	0.21188	7.200	0.1465	4.7197
2310.00	O=C=O	0.975	0.0101	0.0149	0.23260	8.000	0.1601	4.2992
1629.69	C=C	0.969	0.0137	0.0173	0.31551	15.00	0.1789	3.1695
1457.48	O-H	0.979	0.0092	0.0118	0.21188	12.00	0.1465	4.7197
1376.28	Ti-O	0.980	0.0088	0.0112	0.20266	12.00	0.1429	4.9344
1153.35	Ti-O	0.990	0.0044	0.0056	0.01010	0.700	0.1005	99.001
1165.00	Ti-O	0.992	0.0035	0.0045	0.08061	5.500	0.0898	12.4054
1066.70	C-O	0.989	0.0048	0.0062	0.11054	8.200	0.1055	9.0465
965.00	CH=CH	100.0	0.0000	0.0255	0.00000	0.000	0.0000	∞
668.38	Ti-O	0.439	0.3576	0.2034	8.23553	980.0	1.1304	0.1214
568.00	Ti-O-O	0.485	0.3143	0.2007	7.23833	1010.0	1.0305	0.1382
416.87	Ti-O-Ti	0.650	0.1871	0.1692	4.30891	820.0	0.7338	0.2321

الجدول (2) يبين تردد الإهتزازات و الروابط المقابلة للقمم لثاني أكسيد التيتانيوم المشاب بالخصائص بنسبة 0.1g مع قيم النفوذية و الإمتصاصية و الإنعكاسية و معامل الإمتصاص و معامل التخامد و قرينة الإنكسار و الطول الضوئي.

TiO ₂ :Pb (x=0.1g)								
$\nu(\text{cm})^{-1}$	الروابط	T%	A	R	$\alpha(\text{cm})^{-1}$	$K \cdot 10^{-6}$	N	L(cm)
3410.00	O-H	82.50	0.0487	0.1263	1.1122	26.00	0.461	0.891
2950.00	C-H	94.00	0.0269	0.0331	0.6195	17.00	0.253	1.614
2915.00	C-H	92.60	0.0334	0.0406	0.7692	21.00	0.283	1.300
2840.00	C-H	95.00	0.0223	0.0277	0.5136	14.00	0.229	1.947
2380.00	O=C=O	99.89	0.0005	0.0006	0.0115	0.400	0.033	86.41
2350.00	O=C=O	100.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000	∞
2315.00	O=C=O	99.90	0.0004	0.0006	0.0092	0.300	0.032	108.7
1636.49	Pb-O	95.00	0.0223	0.0277	0.5136	18.00	0.229	1.947
1560.00	Pb-O	98.00	0.0088	0.0112	0.2027	9.900	0.143	4.933
1419.65	Ti-O	97.00	0.0132	0.0168	0.3040	16.00	0.176	3.289
1380.00	Ti-O	98.20	0.0079	0.0101	0.1819	10.00	0.136	5.497
1161.66	C ₆ H ₁₀ O ₅	98.40	0.0070	0.0090	0.1612	11.00	0.128	6.203
1127.35	Ti-O	97.05	0.0132	0.0168	0.3040	21.00	0.176	3.289
1062.05	C-O-C	97.90	0.0092	0.0118	0.2119	16.00	0.147	4.719
665.840	Ti-O	44.90	0.3478	0.2032	0.8010	96.00	1.108	1.248
550.000	Ti-O	48.00	0.3188	0.2012	0.7342	110.0	1.041	1.362
417.230	Ti-O-Ti	63.20	0.1993	0.1687	0.4590	88.00	0.763	2.179

الجدول (3) يبين تردد الإهتزازات و الروابط المقابلة للقمم لثاني أكسيد التيتانيوم المشاب بالرصاص بنسبة 0.3g مع قيم النفوذية و الإمتصاصية و الإنعكاسية و معامل الإمتصاص و معامل التخامد و قرينة الإنكسار و الطول الضوئي.

TiO ₂ :Pb (x=0.3g)								
$\nu(\text{cm})^{-1}$	الروابط	T%	A	R	$\alpha(\text{cm})^{-1}$	$K \cdot 10^{-6}$	N	L(cm)
3410.00	O-H	89.40	0.0487	0.0573	1.1216	26.00	0.344	0.892
2955.00	C-H	94.50	0.0246	0.0304	0.5666	15.00	0.241	1.765
2925.00	C-H	92.50	0.0339	0.0411	0.7807	21.000	0.285	1.281
2850.00	C-H	96.30	0.0164	0.0206	0.3777	11.000	0.196	2.648
2380.00	O=C=O	98.90	0.0048	0.0962	0.1105	3.700	0.105	9.050
2355.00	O=C=O	99.60	0.0017	0.0023	0.0392	1.300	0.063	25.51
2320.00	O=C=O	98.90	0.0048	0.0062	0.1105	3.800	0.105	9.050
1745.00	C=O	99.00	0.0044	0.0056	0.1013	4.600	0.101	9.872
1635.26	Pb-O	97.50	0.0110	0.0140	0.2533	12.00	0.160	3.948
1550.00	Pb-O	98.50	0.0066	0.0084	0.1520	7.800	0.123	6.579
1406.92	O-H	92.00	0.0362	0.0438	0.8337	47.00	0.295	1.200
1375.00	Ti-O	93.90	0.0273	0.0337	0.6287	36.00	0.255	1.591
1340.00	-CH ₂	97.50	0.0110	0.0140	0.2533	15.00	0.160	3.948
1160.00	C ₆ H ₁₀ O ₅	99.40	0.0026	0.0034	0.0599	4.100	0.078	16.69
1115.00	C-O	98.50	0.0066	0.0084	0.152	11.00	0.123	6.579
1060.00	C-O-C	98.50	0.0066	0.0084	0.152	11.00	0.123	6.579
645.810	Ti-O	40.00	0.3979	0.2021	9.164	1129	1.225	0.109
545.000	Ti-O	45.00	0.3468	0.2032	7.987	1166	1.106	0.125
418.350	Ti-O-Ti	65.20	0.1858	0.1622	4.279	814.0	0.731	0.234

الجدول (4) يبين تردد الإهتزازات و الروابط المقابلة للمقم لثاني أكسيد التيتانيوم المشاب بالرصاص بنسبة 0.4g مع قيم النفوذية و الإمتصاصية و الإنعكاسية و معامل الإمتصاص و معامل التخامد و قرينة الإنكسار و الطول الضوئي.

TiO ₂ :Pb (x=0.4g)								
$\nu(\text{cm})^{-1}$	الروابط	T%	A	R	$\alpha(\text{cm})^{-1}$	$K \cdot 10^{-6}$	N	L(cm)
3460.00	O-H	82.50	0.0835	0.9150	1.9230	44.000	0.4606	0.5200
2950.00	C-H	88.00	0.0555	0.0645	1.2781	34.000	0.3693	0.7824
2920.00	C-H	86.85	0.0612	0.0703	1.4094	38.000	0.3891	0.6693
2855.00	C-H	89.00	0.0506	0.0594	1.1653	32.000	0.3516	0.8581
2835.00	C-H	89.90	0.0462	0.0548	1.0640	30.000	0.3352	0.9398
2380.00	O=C=O	95.00	0.0223	0.0277	0.5129	17.000	0.2294	1.9497
2355.00	O=C=O	95.25	0.0211	0.0264	0.4859	16.000	0.2233	2.0579
2310.00	O=C=O	95.00	0.0223	0.0277	0.5136	18.000	0.2294	1.9470
1631.30	Pb-O	97.00	0.0132	0.0168	0.3040	15.000	0.1759	3.2895
1550.00	Pb-O	98.40	0.0070	0.0090	0.1612	8.3000	0.1275	6.0235
1450.00	O-H	96.50	0.0155	0.0195	0.3570	20.000	0.1904	2.8011
1409.77	O-H	95.40	0.0205	0.0305	0.4721	27.000	0.2196	2.1182
1375.00	Ti-O	95.90	0.0182	0.0228	0.4191	24.000	0.2068	2.3861
1128.78	Ti-O	98.50	0.0065	0.0085	0.1497	11.000	0.1234	6.6800
1066.11	C-O	97.70	0.0101	0.0109	0.2326	17.000	0.1534	4.2992
955.000	N-C	100.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	∞
658.870	Ti-O	34.00	0.4685	0.1915	10.790	1303.0	1.3933	0.0927
545.000	Ti-O	37.50	0.4260	0.8010	9.8108	1433.0	1.2910	0.1019
417.270	Ti-O-Ti	56.50	0.2480	0.1870	5.7114	1089.0	0.8774	0.1751

نلاحظ أن أعلى قيمة للإمتصاصية من أجل العينة النقية هي 0.3576 و المقابلة للعدد الموجي cm^{-1} 668.38 و أدنى قيمة لها 0 و التي تقابل العدد الموجي cm^{-1} 965.00 ، و أدنى قيمة للإمتصاصية من أجل العينة المشابة هي 0 المقابلة للعدد الموجي cm^{-1} 955 و 2350 عند نسبتي الإشابة 0.1 g و 0.4 g على الترتيب و أعلى قيمة لها 0.4685 و التي تقابل العدد الموجي cm^{-1} 658.870 ، و نلاحظ أن

الإمتصاصية ازدادت بازدياد نسبة الإشابة بالرصاص و تكون العينة ذات نسبة الإشابة بالرصاص 0.1 g أقرب للعينة النقية .

بلغت أدنى قيمة للإنعكاسية من أجل العينة النقية 0.0045 و التي تقابل العدد الموجي 1665 cm^{-1} أما أعلى قيمة لها عند هذه العينة 0.2034 و المقابلة للعدد الموجي 668.38 cm^{-1} أما من أجل العينة المشابة أدنى قيمة لها هي 0 المقابلة للعدد الموجي 2350 cm^{-1} و أعلى قيمة لها 0.8010 و التي تقابل العدد الموجي 545 cm^{-1} في العينة ذات نسبة لإشابة ، و نلاحظ أن الإنعكاسية ازدادت بازدياد نسبة الإشابة بالرصاص و تكون العينة ذات نسبة الإشابة بالرصاص 0.1 g أقرب للعينة النقية .

إن أدنى قيمة لمعامل الإمتصاص من أجل العينة النقية 0 و التي تقابل العدد الموجي 965 cm^{-1} أما أعلى قيمة لها عند هذه العينة 8.23553 و المقابلة للعدد الموجي 668.38 cm^{-1} أما من أجل العينة المشابة أدنى قيمة لها هي 0 المقابلة للعدد الموجي 2350 cm^{-1} و أعلى قيمة لها 9.164 و التي تقابل العدد الموجي 645.81 cm^{-1} ، و نلاحظ أن معامل الإمتصاص تتاقص بازدياد نسبة الإشابة بالرصاص عدا العينة ذات نسبة الإشابة 0.4 g والتي ازداد عندها بازدياد نسبة الإشابة و تكون العينة ذات نسبة الإشابة بالرصاص 0.1 g أقرب للعينة النقية .

إن أدنى قيمة لمعامل التخماد من أجل العينة النقية 0 و التي تقابل العدد الموجي 965 cm^{-1} أما أعلى قيمة لها عند هذه العينة 0.00101 و المقابلة للعدد الموجي 568 cm^{-1} أما من أجل العينة المشابة أدنى قيمة لها هي 0 المقابلة للعدد الموجي 2350 cm^{-1} و 955 عند نسبي الإشابة 0.1 g و 0.4 g على الترتيب و أعلى قيمة لها $1433.0 \cdot 10^{-6}$ و التي تقابل العدد الموجي 545 cm^{-1} ، و نلاحظ أن معامل التخماد ازداد بازدياد نسبة الإشابة بالرصاص عدا العينة ذات نسبة الإشابة 0.1g و التي تتاقص عندها معامل التخماد عند المجال الإهتزازي [$1062.05 - 3410 \text{ cm}^{-1}$].

إن أدنى قيمة لقرينة الإنكسار من أجل العينة النقية 0 و التي تقابل العدد الموجي 965 cm^{-1} أما أعلى قيمة لها عند هذه العينة 1.1304 و المقابلة للعدد الموجي 668.38 cm^{-1} أما من أجل العينة المشابة أدنى قيمة لها هي 0 المقابلة للعدد الموجي 955 cm^{-1} و 2350 عند نسبي الإشابة 0.1 g و 0.4 g على الترتيب و أعلى قيمة لها 1.3933 و التي تقابل العدد الموجي 658.87 cm^{-1} ، و نلاحظ أن قرينة الإنكسار تتاقتت بازدياد نسبة الإشابة بالرصاص و تكون العينة ذات نسبة الإشابة بالرصاص 0.4 g أقرب للعينة النقية .

بلغت أدنى قيمة للطول الضوئي من أجل العينة النقية 0.1214 و التي تقابل العدد الموجي 668.38 cm^{-1} أما أعلى قيمة لها عند هذه العينة الانهاية و المقابلة للعدد الموجي 690 cm^{-1} أما من أجل العينة المشابة

أدنى قيمة لها هي 0.0927 المقابلة للعدد الموجي 558 cm^{-1} و أعلى قيمة لها الانهائية التي تقابل العدد الموجي 2350 cm^{-1} و 955 عند نسبتي الإشابة 0.1 g و 0.4 g على الترتيب ، و نلاحظ أن الطول الضوئي ازداد بازدياد نسبة الإشابة بالرصاص.

الجدول (5) يبين تردد الإهتزازات لثاني أكسيد التيتانيوم النقي مع قيم الناقلية الضوئية و الكثافة الضوئية و القسم الحقيقي والتخيلي لثابت العزل.

TiO ₂ النقي				
$\nu(\text{cm})^{-1}$	$\sigma_{\text{opt}}(\Omega.\text{cm})^{-1}$	O.D	$\epsilon_i \times 10^{-4}$	ϵ_r
3400.00	0.000044	0.00500	0.189	0.123
2960.00	0.0000468	0.00260	0.095	0.070
2920.00	0.000582	0.09250	0.120	0.081
2868.00	0.000151	0.00240	0.070	0.054
2830.00	0.000296	0.00160	0.063	0.051
2375.00	0.000050	0.00050	0.013	0.015
2350.00	0.000083	0.00072	0.021	0.021
2310.00	0.000099	0.00080	0.026	0.026
1629.69	0.000146	0.00101	0.054	0.032
1457.48	0.000083	0.00072	0.035	0.021
1376.28	0.020449	0.00063	0.034	0.020
1153.35	0.000055	0.00031	0.002	0.010
1165.00	0.000002	0.00025	0.110	0.008
1066.70	0.000031	0.00040	0.015	0.011
965.00	0	0	0	0.000
668.38	0.024681	0.05780	22.15	1.277
568.00	0.019706	0.05020	20.81	1.061
416.87	0.008361	0.02550	12.038	0.539

الجدول (6) يبين تردد الإهتزازات لثاني أكسيد التيتانيوم المشاب بالرصاص بنسبة 0.1g مع قيم الناقلية الضوئية و الكثافة الضوئية و القسم الحقيقي والتخيلي لثابت العزل .

TiO₂:Pb (x=0.1g)				
$\nu(\text{cm})^{-1}$	$\sigma_{(\text{opt})}(\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$	O.D	$\epsilon_i \times 10^{-4}$	ϵ_r
3410.00	0.001361	0.0483	0.2400	0.212
2950.00	0.000422	0.0269	0.0860	0.064
2915.00	0.000577	0.0334	0.1190	0.080
2840.00	0.000304	0.0223	0.0640	0.053
2380.00	0.000001	0.0005	0.0030	0.001
2350.00	0.000000	0.0000	0.0000	0.000
2315.00	0.000000	0.0004	0.0002	0.001
1636.49	0.000225	0.0223	0.0820	0.001
1560.00	0.000074	0.0088	0.0280	0.053
1419.65	0.000133	0.0132	0.0560	0.031
1380.00	0.000062	0.0079	0.0270	0.018
1161.66	0.000054	0.0070	0.0280	0.016
1127.35	0.000139	0.0132	0.0740	0.031
1062.05	0.000083	0.0092	0.0470	0.022
665.840	0.002360	0.0348	2.1270	1.227
550.000	0.002100	0.0319	2.2900	1.083
417.230	0.000930	0.0199	1.3430	0.582

الجدول (7) يبين تردد الإهتزازات لثاني أكسيد التيتانيوم ا المشاب بالرصاص بنسبة 0.3g مع قيم الناقلية الضوئية و الكثافة الضوئية و القسم الحقيقي والتخيلي لثابت العزل .

TiO ₂ :Pb (x=0.3g)				
$\nu(\text{cm})^{-1}$	$\sigma_{(\text{opt})}(\Omega.\text{cm})^{-1}$	O.D	$\epsilon_i \times 10^{-4}$	ϵ_r
3410.00	0.001010	0.0527	0.179	0.119
2955.00	0.000350	0.0246	0.036	0.058
2925.00	0.000590	0.0339	0.060	0.081
2850.00	0.000200	0.0164	0.022	0.038
2380.00	0.000031	0.0048	0.004	0.011
2355.00	0.000006	0.0017	0.001	0.004
2320.00	0.000031	0.0048	0.004	0.011
1745.00	0.000027	0.0044	0.005	0.010
1635.26	0.000105	0.0110	0.019	0.026
1550.00	0.000050	0.0066	0.010	0.015
1406.92	0.000650	0.0362	0.139	0.087
1375.00	0.000042	0.0273	0.092	0.065
1340.00	0.000110	0.0110	0.024	0.026
1160.00	0.000012	0.0260	0.003	0.006
1115.00	0.000050	0.0066	0.014	0.015
1060.00	0.000048	0.0066	0.014	0.015
645.810	0.031426	0.3977	13.827	1.500
545.000	0.023417	0.3466	12.890	1.222
418.350	0.008293	0.1857	5.9470	0.534

الجدول (8) يبين تردد الإهتزازات لثاني أكسيد التيتانيوم المشاب بالرصاص بنسبة 0.4g مع قيم الناقلية الضوئية و الكثافة الضوئية و القسم الحقيقي والتخيلي لثابت العزل.

TiO ₂ :Pb (x=0.4g)				
$\nu(\text{cm})^{-1}$	$\sigma_{(\text{opt})}(\Omega.\text{cm})^{-1}$	O.D	$\epsilon_i \times 10^{-4}$	ϵ_r
3460.00	0.00234	0.0835	0.405	0.2121
2950.00	0.00123	0.0555	0.251	0.1364
2920.00	0.00144	0.0612	0.296	0.1514
2855.00	0.00107	0.0506	0.225	0.1236
2835.00	0.00095	0.0462	0.201	0.1123
2380.00	0.00031	0.2226	0.078	0.0526
2355.00	0.00028	0.2109	0.071	0.0499
2310.00	0.00032	0.2230	0.083	0.0526
1631.30	0.00014	0.0132	0.053	0.0309
1550.00	0.00005	0.0067	0.021	0.0162
1450.00	0.00018	0.0155	0.076	0.0362
1409.77	0.00028	0.0205	0.119	0.0482
1375.00	0.00023	0.0182	0.099	0.0428
1128.78	0.00005	0.0065	0.027	0.0152
1066.11	0.00009	0.0101	0.052	0.0235
955.000	0.00000	0.0000	0.000	0.0000
658.870	0.03887	0.4683	18.155	1.9413
545.000	0.033608	0.4258	37.000	1.6667
417.270	0.013296	0.2479	19.109	0.7698

بلغت أدنى قيمة للناقلية الضوئية من أجل العينة النقية 0 و المقابلة للعدد الموجي 965cm^{-1} أما أعلى قيمة لها عند هذه العينة 0.024681 و التي تقابل العدد الموجي 668.38cm^{-1} أما من أجل العينة المشابة أدنى قيمة لها هي 0 المقابلة للعدد الموجي 2350cm^{-1} و 2315 عند العينة ذات نسبة الإشابة 0.1g و

أعلى قيمة لها 0.023417 و التي تقابل العدد الموجي 545 cm^{-1} ، و نلاحظ تناقص الناقلية الضوئية بازياد نسبة الإشابة بالرصاص عدا العينة ذات نسبة الإشابة 0.4g و التي ازديادت بازياد نسبة الإشابة بالرصاص.

بلغت أدنى قيمة الكثافة الضوئية من أجل العينة النقية 0 و التي تقابل العدد الموجي 965 cm^{-1} أما أعلى قيمة لها عند هذه العينة 0.05786 و المقابلة للعدد الموجي 668.38 cm^{-1} أما من أجل العينة المشابة أدنى قيمة لها هي 0 المقابلة للعدد الموجي 955 cm^{-1} و 2350 عند نسبتي الإشابة 0.4 g و 0.1 g على الترتيب و أعلى قيمة لها 0.2789 و التي تقابل العدد الموجي 419.41 cm^{-1} ، نلاحظ أن الكثافة الضوئية ازدادت بازياد نسبة الإشابة بالرصاص.

بلغت أدنى قيمة ثابت العزل التخيلي من أجل العينة النقية 0 و المقابلة للعدد الموجي 965 cm^{-1} أما أعلى قيمة لها عند هذه العينة 22.15×10^{-4} و التي تقابل العدد الموجي 668.38 cm^{-1} أما من أجل العينة المشابة أدنى قيمة لها هي 0 المقابلة للعدد الموجي 955 cm^{-1} و 2350 عند نسبتي الإشابة 0.4 g و 0.1 g على الترتيب و أعلى قيمة لها 37×10^{-4} و التي تقابل العدد الموجي 545 cm^{-1} ، و نلاحظ تناقص ثابت العزل التخيلي بازياد نسبة الإشابة بالرصاص عدا العينة ذات نسبة الإشابة 0.4g فقد ازدادت عند المجال الإهتزازي [$1128.78 - 417.270 \text{ cm}^{-1}$].

إن أدنى قيمة ثابت العزل الحقيقي من أجل العينة النقية 0 و المقابلة للعدد الموجي 965 cm^{-1} أما أعلى قيمة لها عند هذه العينة 1.277 و التي تقابل العدد الموجي 668.38 cm^{-1} أما من أجل العينة المشابة أدنى قيمة لها هي 0 المقابلة للعدد الموجي 955 cm^{-1} و 2350 عند نسبتي الإشابة 0.4 g و 0.1 g على الترتيب و أعلى قيمة لها 1.9413 و التي تقابل العدد الموجي 658.870 cm^{-1} ، و نلاحظ ازدياد ثابت العزل الحقيقي بازياد نسبة الإشابة بالرصاص عند النسبتين 0.2g و 0.5g و تناقص عند النسبتين 0.7g و 0.9g .

4- الخاتمة

يقدم هذا البحث دراسة للخصائص الضوئية لمساحيق TiO_2 المشابة بالرصاص بنسب مختلفة . أظهرت نتائج FTIR وجود روابط اهتزازية لمركب TiO_2 و لأكاسيد الرصاص و التي ازدادت الأخيرة بازياد نسب الإشابة . وقعت النفاذية ضمن المجال [40 - 100 %] ، ووقعت الامتصاصية ضمن المجال [0 - 0.4685] و الإنعكاسية ضمن المجال [0 - 0.8010] و معامل الإمتصاص وقع ضمن المجال [0 - 9.164 cm^{-1}]¹ و معامل التخماد وقع ضمن المجال [0 - 1433.0 . 10^{-6}] و قرينة الإنكسار وقعت تقع ضمن المجال [0 - 1.3933] أما عمق الاختراق فقد وقع ضمن المجال

[$-\infty$ - 0.1214] ، والناقلية الضوئية ضمن المجال [0 - 1.9413] و الكثافة الضوئية ضمن المجال [0 - 0.0037] و ثابت العزل التخيلي ضمن المجال [0 - 0.2789] و ثابت العزل الحقيقي ضمن المجال [0 - 0.023417] كما انخفضت بازدياد نسبة الإشابة بالرصاص كل من النفاذية، و معامل الإمتصاص، و معامل التخماد، و قرينة الإنكسار، و الناقلية الضوئية، و ثابت العزل المعقد لتزداد مقابل ذلك كل من الكثافة الضوئية، الإمتصاصية، الإنعكاسية، وعمق الاختراق بازدياد نسبة الإشابة بالرصاص .

5- المراجع

- [1] J, Tauc,"Amorphous and liquid Semiconductours "Plenum press,London,N.Y.(1974).
- [2] M. G. Yousif ,"Solid state physics",Vol.1, Ministry of Higher Education Printing presses , 1987.
- [3] H.P.Myers, "Introductory to Solid State physics"(Superconductivity Ch.13), Taylar and Francis ,1990.
- [4] Katarzyna Zakrzewska, Marta Radecka, Mieczyslaw Rekas,"Effect of Nb, Cr, Sn Additions on Gas Sensing Properties of TiO₂ Thin Films", Thin Solid Films 310 (1997) I61-166.]
- [5] M.S.Dresselhaus," Optical Properties Solids"Part II ,(1998).
- [6] Diana Mardare a, M. Tasca b, M. Delibas a, G.I. Rusu, "On the Structural Properties and Optical Transmittance of TiO₂ r.f. Sputtered Thin Films", Applied Surface Science 156, (2000), 200–206.
- [7] Zhongchun Wang, Ulf Helmersson, Per-Olov Käll, “Optical Properties of Anatase TiO₂ Thin Films Prepared by Aqueous sol–gel Process at Low Temperature”, Thin Solid Films 405 (2002) 50–54.
- [8]. Chen J, Yaling Li, Wang Y, Yun J, Cao D. Preparation and characterization of zinc sulfide nanoparticles under high-gravity environment. Mat.Res.Bull. 2004; 39(2): 185-194. DOI:10.1016/j.materresbull.2003.10.017.
- [9] K .Kumar , T. Sreekanth, "Solid State Physics", Ch 10, pp214-216 , 2005 .
- [10] Jiji A, Joseph N, Donald RB, Daniel M, Amit S, You Qiang . Size-Dependent Specific Surface Area of Nanoporous Film Assembled by Core-Shell Iron Nanoclusters. J.Nanomater. 2006; 2006(54961): 1-4. DOI:10.1155/JNM/2006/54961.
- [11]. Jo-Yong P, Yun-Jo L, Ki-Won J, Jin-Ook Bg, Dae JY. Chemical Synthesis and Characterization of Highly Oil Dispersed MgO Nanoparticles. J.Ind.Eng.Chem. 2006; 12(6): 882-887.
- [12] PERTTI KOUKKARI et al , " IV.9 –Modlleig TiO₂ production by explicit use of reaction kinetics", Woodhead Publishing Series in Metas and Surface Engineering, Pages 437-466 , 2008 .
- [13]. S.P.K. Naik, M. Santosh and, P.S. Raju, "Structural and Thermal Validations of Y₃ Ba₅Cu₈ O₁₈ Composites Synthesized via Citrate Sol-Gel Spontaneous Combustion Method", Journal of Superconductivity and Novel Magnetism, Vol.31(5), pp.1279-1286.2010.

- [14] Theivasanthi T, Alagar M. An Insight Analysis of Nano sized powder of Jackfruit Seed. *Nano Biomed. Eng.* 2011; 3(3): 163-168. DOI:10.5101/nbe.v3i3.p163-168.
- [15] Yu-Chao Tang, et al. "Nitrogen-Doped TiO₂ Photocatalyst Prepared by Mechanochemical Method: Doping Mechanisms and Visible Photoactivity of Pollutant Degradation" Hindawi Publishing Corporation International Journal of Photoenergy Volume 2012, Article ID 960726 , pages 10, 2012.
- [16] Biying Li, et al. "Synthesis and Characterization of Fe-N-S-tri-Doped TiO₂ Photocatalyst and Its Enhanced Visible Light Photocatalytic Activity" Hindawi Publishing Corporation. *Advances in Materials Science and Engineering*. Volume 2012, Article ID 348927, 5 pages, 2012.
- [17] Mansour. M, 2012, Studying the structural and optical properties of ZnO:Cu thin films by APCVD method , Vol.5 .
- [18] Zaid.A , 2012 , Studying the structural and optical properties of NiO thin films , Master thesis , Dyala university , Iraq .
- [19] Agatino Di Paola et al , "Brookite, the Least Known TiO₂ Photocatalyst ", *Catalysts*, ISSN 2073-4344 , 18 January 2013.
- [20] - Turgut G., Keskenler E. F., Aydin S.; Sonmez E., Dogan S., Duzgun B. & Ertugrul M, "Effect Of Nb Doping On Structural, Electrical And Optical Properties Of Spray Deposited SnO₂ Thin Films", *Super lattices and Microstructures*, 56, 107-116,(2013).
- [21] Jenny Schneider, Masaya Matsuoka, Masato Takeuchi, Jinlong Zhang, Yu Horiuchi, Masakazu Anpo, and Detlef W. Bahnemann, "Understanding TiO₂ Photocatalysis: Mechanisms and Materials", *Chem*, 2014 .
- [22] F. I. H. Qader, " Structure Rietveld Refinement Study of BaCo_xTi_xFe_{12-2x}O₁₉ ferrite Using Powder XRD Analysis ", *Ibn Al-Haitham Jour. for Pure & Appl. Sci*, Vol.27(2), pp70-77, 2014 .
- [23] Eliana Pérez , et al. "Nitrogen doped TiO₂ photoactive in visible light" ISSN 1517-7076. artículo 11624, pp.561- 570, 2015.
- [24] R. J. MOLOANTOA , " STUDIES OF STRUCTURAL AND OPTICAL VARIATIONS OF NANOSIZED TiO₂ INDUCED BY PRECIOUS METAL DOPANTS (Au, Pt, Pd and Ag) " *FACULTY OF SCIENCE AND AGRICULTURE* , p 52 , 2016.
- [25] ALJAWAD , S. et al 2016 , Studying effect of doping on the structural and optical properties of tin oxide thin films , *Journal of engineering and technology* , Vol.34..
- [26] SAKNIL , 2017 , Studying the structural of Fe doped tin oxide , Master thesis , Alwadi university.

- [27] Abrahao .R.T., et al,"Use of optical density and TiO_2 light and scattering to identify optimization potential in architectural coatings"Brazil,2018,.
- [28] Maihemuti Maimaiti, Binhao Zhao, Mamatrishat Mamat, Yisimayili Tuersun, Abuduwaili Mijiti, Qian Wang and Yanfei Sun, "The Structural, Optical and Photocatalytic Properties of the TiO_2 Thin Films", Mater. Res. Express 6 ,2019.
- [29] Fouzia , et al. " Optical Properties of Lead Doped Titanium Oxide of Thin Films Prepared by Sol-Gel Method at Low Temperature ", Universal Journal of Materials Science, Pages: 25-33, 2019.
- [30] Mhan Singh Mehata et al, " Phase-dependent optical and photocatalytic performance of synthesized titanium dioxide (TiO_2) nanoparticles " September 2019, 163011..
- [31] Aleksandra , et al. " C-,N- and S-Doped TiO_2 Photocatalysts ": A . 19 January 2021 Review .
- [32] Gaina A. Zencovets et al. "Heat – resistant TiO_2 nanocompsites With anatase phase as carriers fr highy efficient CO oxidation cataysts",Materials Research Bulletin,January , 2022.

Analytical Study of the Transmittance Spectra of lead-Doped Titanium Dioxide $Ti_{(1-x)}Pb_xO_2$; ($x = 0.1 - 0.3 - 0.4$ g)

Ahmad Khoudro¹ Sabah Sayed Kadory^{2*}

Abstract

Titanium dioxide is considered one of the most important oxides in international research laboratories due to its distinct characteristics. To study the changes that occur in its physical properties, the optical properties of powders of titanium dioxide were examined with lead in different ratios ($x = 0.1 - 0.3 - 0.4$ g) after being prepared by the solid state reaction method. . The results of the infrared spectroscopy showed the optical properties of the pure and lead-doped powders, which are: transmittance T, absorbance A, reflectivity R, absorption coefficient α , damping coefficient K, refractive index n, optical wavelength L, optical conductivity σ_{opt} , optical density O.D, and The real dielectric constant ϵ_r and the imaginary dielectric constant ϵ_i and the changes that occurred at each dopant percentage compared to the pure sample.

Keywords:, absorbance A, reflectivity f, absorption coefficient α , dielectric constant ϵ , optical density O.D, refractive index n, optical wavelength L.

1.Professor, Department of Physics, Faculty of science, Tishreen University, the Syrian Arab Republic.

2.Doctor, Department of Physics, Faculty of science, Afurat University,Deir-ez-Zor,the Syrian Arab Republic.