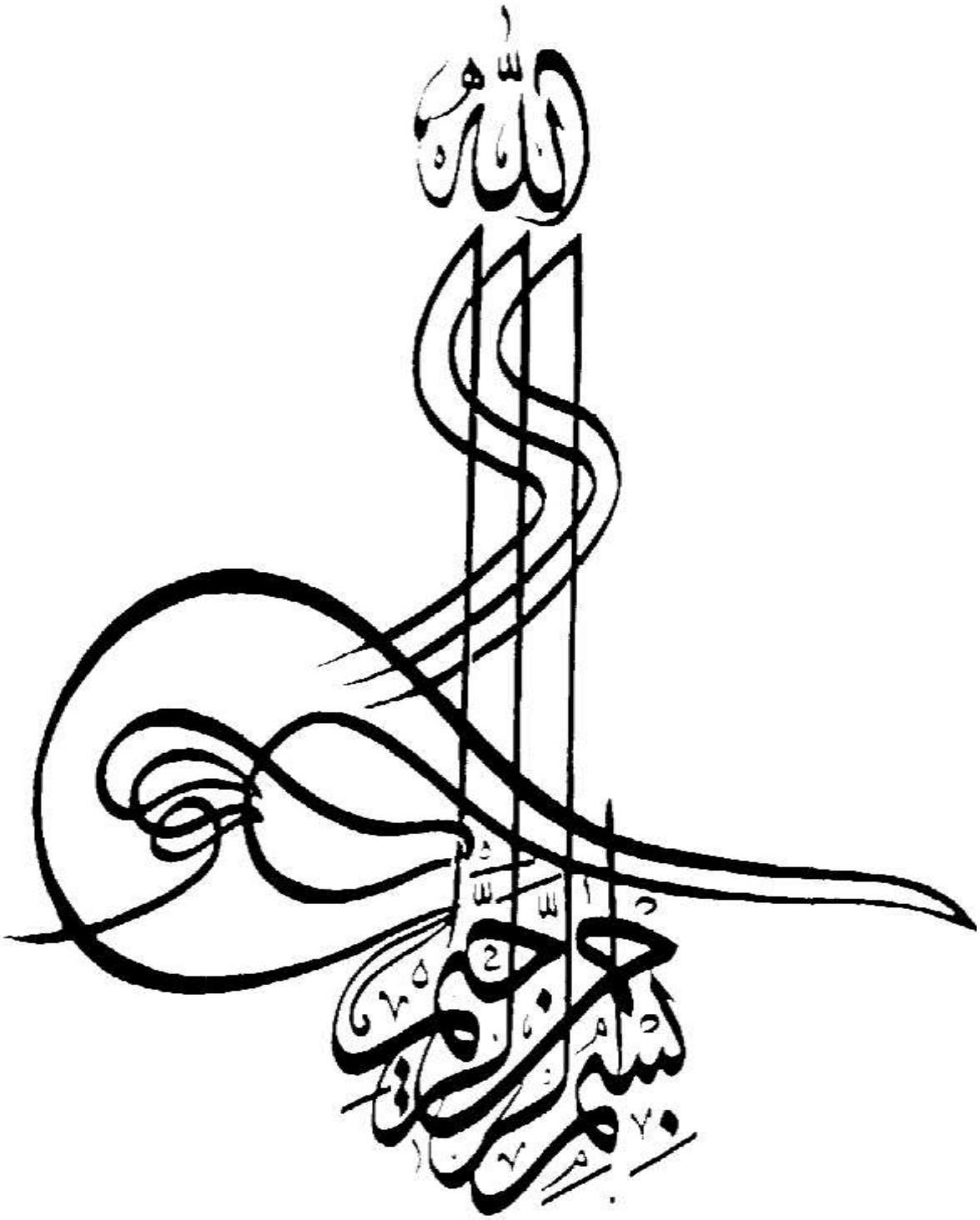

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شاهرود

دانشکده علوم پایه، گروه شیمی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد((M.Sc.))

گرایش: شیمی فیزیک

عنوان :

سنتز نانوساختارهای دی اکسید تیتانیوم (TiO_2) به روش هیدروترمال و بررسی ویژگی های آن

استاد راهنما:

دکتر صاحبعلی منافی

استاد مشاور:

دکتر سید حسین بدیعی

نگارش:

شهرزاد شریعتی

زمستان 1390

ISLAMIC AZAD UNIVERSITY

Shahrood Branch

Faculty Basic Science, Chemistry Group

(M.Sc.) Thesis

on PhysicalChemistry

Subject:

Synthesis and Investigation of Titanium Oxide Nanostructures by Hydrothermal Method

Thesis Advisor:

Sahebali Manafi

Consulting Advisor:

Seyed Hosein Badiee Dr

By:

Shahrzad Shariati

Winter 2012

تقدیم به

پدر، مادر، همسر و فرزند عزیز ، دلسوز و مهربانم که آرامش روحی و آسایش فکری فراهم نمودند تا با حمایت های همه جانبه در محیطی مط لوب ، مراتب تحصیلی و نیز پایان نامه درسی را به نحو احسن به اتمام برسانم.

تشکر و قدردانی

به مصداق «من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق » بسی شایسته است از شما استادان فرهیخته و فرزانه آقایان دکتر صاحبعلی منافی و سید حسین بدیعی که با کر امتی چون خورشید، سرزمین دل را روشنی بخشیدند و گلشن سرای علم و دانش را با راهنمایی های کار ساز و سازنده بارور ساختند تقدیر و تشکر نمایم.

چکیده

در این پروژه پودر دی اکسیدتیتانیوم در مقیاس نانومتر به وسیله روش هیدروترمال سنتز شد. محلول تیتانیوم تترا ایزو پرو پوکساید به عنوان منبع تیتانیوم مورد استفاده قرار گرفت . بررسی های فازی و ساختاری به وسیله پراش اشعه X (X-ray diffraction: XRD) و بررسی های مورفولوژی نانوذرات به کمک میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مورد مطالعه قرار گرفته است.

هدف از این تحقیق به دست آوردن بهترین شرایط برای سنتز نانوپودرهای تیتانیا به روش هیدروترمال می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که عوامل زیادی بر ویژگی‌های نانوذرات سنتز شده اثر می‌گذارد. از جمله: دما، pH محلول، غلظت مواد اولیه و... برای مثال کاهش دما باعث کاهش اندازه نانوذرات می‌شود. در دمای حدود $140\ ^{\circ}C$ فاز بروکیت شروع به تشکیل شدن می‌کند، اما از آنجا که این فاز کاربردی ندارد و کمتر مورد توجه محققین می باشد، بنابراین با توجه به نوع و درصد فازهای تشکیل شده و همچنین اندازه دانه های پودر دی اکسید تیتانیوم سنتز شده بهترین دما جهت سنتز نانوپودر تیتانیا $180\ ^{\circ}C$ و اندازه نانو ذرات تولید شده در محدوده $30\pm 10\ nm$ می‌باشد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مروری برمنابع مطالعاتی ---------- 1
1-2- فناوری نانو ---------- 2
1-2-1- تاریخچه فناوری نانو ---------- 2
1-2-2- عناصر پایه در فناوری نانو ---------- 3
1-2-3- گونه های نانو مواد ---------- 3
1-2-4- روشهای تولید نانو ذرات ---------- 3
1-2-5- کاربردهای نانوذرات ---------- 4
1-3- دی اکسید تیتانیوم ---------- 5
1-3-1- دی اکسید تیتانیوم و فازهای آن ---------- 6
1-3-2- خواص نانوذرات دی اکسید تیتانیوم ---------- 9
1-3-3- استفاد از نانو تکنولوژی در بهبود خاصیت فوتوکاتالیستیTio_2 ---------- 11
1-3-4- کاربردهای نانوذرات دی اکسید تیتانیوم ---------- 11
1-4- روشهای سنتز نانوذرات دی اکسید تیتانیوم ---------- 13
1-4-1- روشه هیدروترمال ---------- 13
1-4-1-1- متغیرهای فرآیند هیدروترمال ---------- 14
1-4-1-2- روشهای آزمایشگاهی ---------- 14
1-4-1-3- مزایای روش هیدروترمال ---------- 14
1-4-2- روش هم رسوبی ---------- 15
1-4-2-1- ویژگی های واکنش های هم رسوبی ---------- 15
1-4-3- سل- ژل ---------- 16
1-4-3-1- فرآیند سل- ژل ---------- 17
1-4-3-2- انواع ژلها ---------- 17
1-4-3-3- انواع فرآیند سل- ژل ---------- 18
1-4-3-4- مراحل فرآیند سل- ژل ---------- 19
1-4-4- روش پلاسمای حرارتی با فرکانس رادیویی ---------- 20
1-4-5- روش مکانوشیمیایی ---------- 20

1-4-6- روش چگالش از بخار شیمیایی ---------- 21
1-4-7- روش میکرواختلاط ---------- 21
1-4-8- روش سیال فوق بحرانی ---------- 21
1-5- دستگاههای مورد نیاز جهت آنالیز ---------- 23
1-5-1- پراش اشعه ی ایکس ---------- 23
1-5-1-1- اجزای دستگاه پراش پرتوایکس ---------- 24
1-5-1-2- کاربردها ---------- 25
1-5-2- میکروسکوپ نیروی اتمیAFM ---------- 26
1-5-3- میکروسکوپ پیمایشگر الکترونیSEM ---------- 26
1-5-4- میکروسکوپ انتقال الکترونیTEM ---------- 27
1-5-5- میکروسکوپ پیمایشگر تونلیSTM ---------- 27
1-5-6- میکروسکوپ ها و جایزه نوبل ---------- 29
1-5-7- استفاده های عمومی ---------- 29
1-5-8- نمونه ها ---------- 29
1-5-9- آنالیز شیمیایی در میکروسکوپ الکترونی ---------- 30
1-6- فعالیت های تحقیقاتی مرتبط با سنتز نانوذرات دی اکسید تیتانیوم ---------- 30
فصل دوم: مواد و روشها ---------- 35
2-1- مقدمه ---------- 36
2-2- مواد و دستگاههای مورد استفاده جهت سنتز نانوذرات دی اکسید تیتانیوم ---------- 37
2-2-1- مواد اولیه ---------- 38
2-2-2- دستگاههای مورد استفاده ---------- 39
2-3- سنتز نانوذرات دی اکسید تیتانیوم ---------- 39
2-3-1- ساخت محلول ---------- 39
2-3-2- انجام فرآیند هیدروترمال ---------- 40
2-3-3- صاف کردن و خشک کردن نمونه ها ---------- 41
2-4- بررسی عوامل موثر در میزان فاز آناتاز و روتایل دی اکسید تیتانیوم ---------- 42
2-5- بررسی مشخصات پودرهای تهیه شده ---------- 42
فصل سوم: نتایج و بحث ---------- 43

3-1- مقدمه ---------- 44
3-2- صحبت تولید نانوذرات دی اکسید تیتانیوم ---------- 45
3-3- بررسی فازی نمونه های سنتز شده ---------- 46
3-4- اثر دما ---------- 46
3-4-1- اثر دما بر نوع فاز ---------- 46
3-4-2- اثر دما بر ترکیب درصد فازهای موجود در نمونه ---------- 47
3-4-3- اثر دما بر اندازه ذرات ---------- 50
3-5- بررسی اثرPH بر سنتز نانوذرات ---------- 53
3-6- بررسی تأثیر غلظت الکل بر اندازه پودرها ---------- 54
3-7- بررسی تأثیر غلظت تیتانیوم تترا ایزوپروپوکساید بر اندازه پودرها ---------- 56
فصل چهارم: نتیجه گیری و پیشنهادات ---------- 63
نتیجه گیری ---------- 64
پیشنهادات ---------- 65
منابع و مآخذ ---------- 66
فهرست منابع فارسی ---------- 66
سایتهای اینترنتی ---------- 66
فهرست منابع انگلیسی ---------- 67
چکیده انگلیسی ---------- 72

فهرست اشکال

عنوان

صفحه

1-1- شکل: سلول واحدTio_2 ---------- 5

2-1- شکل: تبدیلTio_2 بی شکل به فازهای آناتاز و روتایل ---------- 6

3-1- شکل: فازهای کریستالی دی اکسید تیتانیوم آناتاز، روتایل، بروکیت ---------- 7

4-1- شکل: فناوری سل- ژل و محصولات آن ---------- 16

5-1- شکل: انواع مختلف ژل سیلیسی a) هیدروژلb)گزروژلc)آئروژلd)گزروژل با دانسیته متوسط ---------- 18

6-1- شکل: مراحل فرآیند سل- ژل ---------- 20

7-1- شکل: پراش پرتوX توسط یک بلور ---------- 24

8-1- شکل: پهنای پیک در نصف ارتفاع ---------- 25

9-1- شکل: نوک قلمSTM آنقدر تیزوباریک است که به راحتی در بین اتم ها بالاوپایین می رود 28

10-1- شکل: نمای شماتیک از نحوه کارکردSTM ---------- 29

11-1- شکل:تصاویرTEM پودرهایTio_2 تهیه شده به روش هیدروترمال الف)به کمک امواج فرا صوتی

و ب) معمولی ---------- 32

12-1-شکل:تصویرTEM نانوذراتTio2 ت شده در دمای200 درجه سانتیگراد ------- 32

13-1- شکل:الگویXRD نانوذراتTio2 الف) روتایل و ب) آناتاز ---------- 33

14-1-شکل:الگویXRD نمونهTio2 که به مدت4 ساعت در دمای400 درجه تکلیس شده است 33

15-1-شکل:تصویرTEM نمونهTio2 که به مدت4 ساعت در دمای400 درجه تکلیس شده است 34

1-2-شکل: فلوچارت مراحل کلی سنتز نانوذرات دی اکسید تیتانیوم ---------- 37

2-2- شکل : مواد اولیه ---------- 38

3-2- شکل: ظرف حاوی محلول بر روی همزن مغناطیسی ---------- 40

4-2- شکل: ظرف اتوکلاو حاوی نمونه ---------- 41

5-2- شکل: صاف کردن نمونه ---------- 41

1-3-شکل:پراش اشعه ایکس نمونه ای از دی اکسیدتیتانیوم سنتز شده در دمای 180درجه سانتیگراد ---------- 45

2-3- شکل:پراش اشعه ایکس نمونه ای از دی اکسیدتیتانیوم سنتز شده در دمای 140درجه سانتیگراد ---------- 45
3-3- شکل:پراش اشعه ایکس نمونه ای از دی اکسیدتیتانیوم سنتز شده در دمای 200درجه سانتیگراد ---------- 48
4-3- شکل:پراش اشعه ایکس نمونه ای از دی اکسیدتیتانیوم سنتز شده در دمای 180درجه سانتیگراد ---------- 48
5-3- شکل:پراش اشعه ایکس نمونه ای از دی اکسیدتیتانیوم سنتز شده در دمای 140درجه سانتیگراد ---------- 49
6-3- شکل: پراش اشعه ایکس نمونه سنتز شده در 200 درجه سانتیگراد ---------- 50
7-3- شکل: پراش اشعه ایکس نمونه سنتز شده در 180درجه سانتیگراد ---------- 51
8-3- شکل: پراش اشعه ایکس نمونه سنتز شده در 160درجه سانتیگراد ---------- 51
9-3- شکل: پراش اشعه ایکس نمونه سنتز شده در 140 درجه سانتیگواد ---------- 52
10-3- شکل: پراش اشعه ایکس نمونه سنتز شده در PH=1 ---------- 54
11-3- شکل: پراش اشعه ایکس نمونه سنتز شده در PH=2 ---------- 54
12-3- شکل: پراش اشعه ایکس نمونه E_1 ---------- 55
13-3- شکل: پراش اشعه ایکس نمونه E_2 ---------- 55
14-3- شکل: پراش اشعه ایکس نمونه E_3 ---------- 56
15-3- شکل: پراش اشعه ایکس نمونه E_4 ---------- 57
16-3- شکل:تصاویرSEM نمونه سنتز شده در دمای140 درجه سانتیگراد ---------- 58
17-3-شکل:تصاویرSEM مربوط به نمونه سنتز شده در دمای160 درجه سانتیگراد------- 59
18-3-شکل: تصاویرSEM مربوط به نمونه سنتز شده در دمای200 درجه سانتیگراد ------ 60
19-3- شکل: تصاویرSEM نمونه سنتز شده در PH=1 ---------- 61
20-3- شکل: تصاویرSEM نمونه سنتز شده در PH=2 ---------- 62

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

1-1- جدول: خواص فاز آناتاز ---------- 7
1-2- جدول: خواص فاز آنا روتایل ---------- 8
1-3- جدول: خواص فاز بروکیت ---------- 8
1-2- جدول: مواد اولیه مصرفی ---------- 38
1-3- جدول: اندازه نانوذرات دی اکسید تیتانیوم سنتز شده برحسب دما ---------- 52

فصل اول

مروری بر منابع مطالعاتی

1-2- فناوري نانو

فناوري نانو واژه‌اي است كلي كه به تمام فناوري هاي پيشرفته در عرصه كار با مقياس نانو اطلاق مي‌شود و معمولاً منظور از مقياس نانوابعادي در حدود 1 تا 100 نانومتر مي‌باشد. يا به عبارت ديگر فناوري نانو عبارت است از:

1 -توسعه فناوري و تحقيقات در سطوح اتمي ، مولكولي و يا ماكرومولكولي در مقياس اندازه اي 1 تا 100 نانومتر.

2 -خلق و استفاده از ساختارها و ابزار و سيستمهايي كه به خاطر اندازه كوچک يا حد ميانه آنها، خواص و عملكرد نويني دارند.

3 -توانايي كنترل يا دستكاري در سطوح اتمي.

1-2-1-تاريخچه فناوري نانو

- قرن چهارم پس از ميلاد:

فنجان ليكورگوس(lycurgus cup)، سفالگران از هزاران سال قبل در ساخت كوره از ذراتي با اندازه نانو استفاده مي‌كرده‌اند. به نظر مي‌آيد قديمي‌ترين شي به دست آمده كه از اين طريق ساخته شده است جام ليكرگوس (Lycurgus) باشد كه متعلق به قرن 4 ميلادي است و در موزه انگلستان نگهداري مي‌شود. بر روي اين جام رومي تصويري بـه صورت برجسته از شاه افسانه اي ليكورگوس نقش بسته است. نكته جالب توجه اين است كه به هنگام قرارگرفتن اين جام درمعرض نور غيرمستقيم رنگ جام سبز به نظر مي‌رسد اما با تابيدن نور مستقيم به اين جام رنگ آن قرمز و بدنه آن نيمه شفاف مي شود. اين خاصيت نوري غيرمعمول ناشي از وجود نانوذرات طلا و نقره، با اندازه 70 نانومتر مي‌باشد.

-1480: شيشه هاي رنگي كليساها : براي اولين بار در كليساي شهر ميلان توسط Niccolo da Varallo به صورت رنگ قرمز حاوي نانوذرات كلوئيدي طلا مورد استفاده قرار گرفت.

-1661: پيشنهاد رابرت بويل مبني بر پيشرفت فن آوری عكاسی در قرنهای 18و 19 وابسته به تهيه نانوذرات حساس به نور

-1875: كشف محلول كلوئيدي طلا توسط مايكل فارادي

- 1965: طرح ايده ريچارد فاينمن: "فضاي زياد در سطوح پايين" براي كار با مواد در مقياس نانو

- ايده ساخت ميكروسكوپ تونلی روبشی

-1932: ايجاد لايه‌هاي اتمي به ضخامت يک مولكول توسط لنگمویر (Langmuir)

-1974: استفاده از واژه فناوري نانو براي اولين بار توسط نوريو تانيگوچي

-1981: ارائه توانمندي جابجا كردن اتمها به صورت تك تك توسط شركت IBM

-1985: كشف ساختار جديدي از كربن C60

-1990: ارائه توانمندي كنترل نحوه قرارگيري اتمها توسط شركت IBM

-1991: كشف نانولولههاي كربني

-1993: توليد اولين نقاط كوانتومي با كيفيت بالا

-1997: ساخت اولين نانو ترانزيستور

-2000: ساخت اولين موتور DNA

1-2-2- عناصر پايه در فناوري نانو

تفاوت اصلي فناوري نانو با فناوري هاي ديگر در مقياس مواد و ساختارهايي است كه در اين فناوري مورد استفاده قرار مي‌گيرند. البته تنها كوچك بودن اندازه مد نظر نيست . زماني كه اندازه مواد دراين مقياس قرار مي گيرد، خصوصيات ذاتي آنها از جمله رنگ، استحكام، مقاومت خوردگي و ... تغيير مي‌يابد. در حقيقت اگر بخواهيم تفاوت اين فناوري را با فناوري‌هاي ديگر به صورت قابل ارزيابي بيان نماييم، مي‌توانيم وجود "عناصر پايه" را به عنوان يك معيار ذكر كنيم . عناصر پايه در حقيقت همان عناصر نانومقياسي هستند كه خواص آنها در حالت نانومقياس با خواصشان در مقياس بزرگتر فرق مي‌كند.

1-2-3- گونه هاي نانومواد

مواد نانوكريستالين، نانوذرات، نانوكپسول ها، نانوحفره ها، نانوالياف، نانوسيم ها، فولرين ها، نانوتيوب ها، نانوفنرها، نانو بندها، درخت سان ها

1-2-4- روشهاي توليد نانوذرات

روش شيميايي: توليد نانوذرات با استفاده از واكنشهاي شيميايي

روش حرارتی: توليد نانوذرات با استفاده از تحولات حرارتي

روش مكانيكي: توليد نانوذرات با استفاده از اعمال تنشهاي مكانيكي

روش بيولوژيك: توليد نانوذرات با استفاده از ميكروارگانيزمها

و تركيبي از روشهاي فوق

مثالهايي از روشهاي توليد نانوذرات:

روش شيميايي : روش ميكر واموليسيون، روش هيدروترمال ،مجموعه روشهای سنتز از فاز بخار ، روش هم رسوبي از محلول، روش سل ژل

روش حرارتی: روش سنتز احتراقي

روش مكانيكي: روش فعال سازي مكانيكي

روش بيولوژيك: سنتز نانوذرات با استفاده از باكتري ...و سنتز نانوذرات با استفاده از گياهان

تركيبي از روشهاي فوق: روش مكانيكي- شيميايي

1-2-5- كاربردهاي نانوذرات

مواد كامپوزيتي (نانوكامپوزيتها)

مواد مورد استفاده در صنايع بسته بندي

پوشش دهي

مسائل امنيتي و حفاظتي (رديابي ويا حفاظت در برابر عوامل شيميايي و بيولوژيك)

صنايع و تجهيزات نظامي

كاتاليستها

صنايع آرايشي- بهداشتي (نانوذرات جاذب پرتوهاي UV در كرمهاي ضد آفتاب)

كامپيوتر و الكترونيك (نانوذرات مورد استفاده براي پوليش ميكروچيپها)

افزودنيها در سوخت و مواد منفجره

سلولهاي سوختي و باتريها (ابزار الكترونيكي قابل حمل)

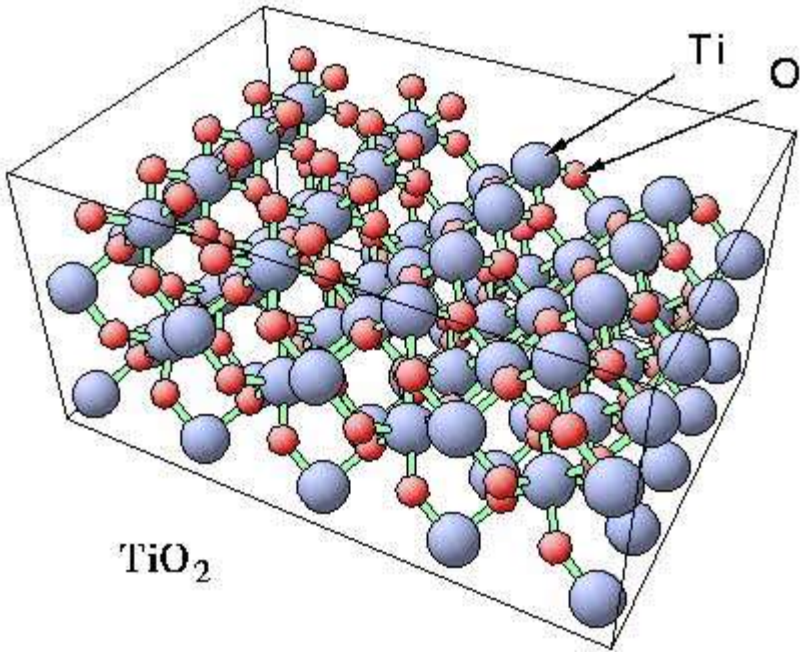
روغنها و روانكارها (نانوذرات مس)

داروسازي و پرتونگاري پزشكي

آناليز زيستي (رزونانس مغناطيسي)

1- 3- دی اکسیدتیتانیوم

عنصر تیتانیوم یک فلز واسطه با چگالی کم استحکام و درخشندگی بالا است . این عنصر در سال 1791 کشف گردید وبه وسیله مارتین کلاپروت تیتان (خدای خورشید برگرفته از اساطیر یونانی) نام گذاری شد [8-7]. این عنصر کاربرد وسیعی در صنایع آرایشی ، بهداشتی، نظامی، علوم زیستی، خودروسازی، هواپیمایی و کالاهای ورزشی داراست . بیش از 90 درصد از تیتانیوم استخراج شده به صورت دی اکسید تیتانیوم است . دی اکسید تیتانیوم که با نامهای اکسید تیتانیوم 4 یا تیتانیا نیزشناخته می‌شود، دارای فرمول شیمیایی TiO_2 است و زمانی که به عنوان رنگدانه مورد استفاده قرار می گیرد نام های تیتانیوم سفید یا رنگدانه سفید را به خود می گیرد [9]. دی اکسید تیتانیوم یک نیمه رسانا با خواص فوق العاده و از جمله پرکاربردترین اکسیدهای فلزی است که در چند دهه اخیر نانوذرات آن بسیارمورد توجه قرار گرفته ، دلیل آن خواص غیر معمول شیمیایی، مکانیکی، نوری، الکتریکی و مغناطیسی دی اکسید تیتانیوم است [11-10]. که باعث شده کاربرد وسیعی در زمینه های مختلف، از قبیل: نورکاتالیز [12]، پایه های کاتالیزگری [13]، حسگرهای گازی [14] و غیره داشته باشد.

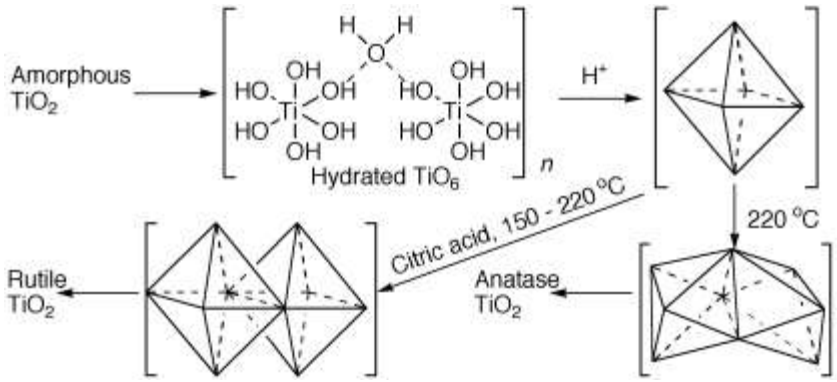


شکل (1- 1). سلول واحدTiO_2.

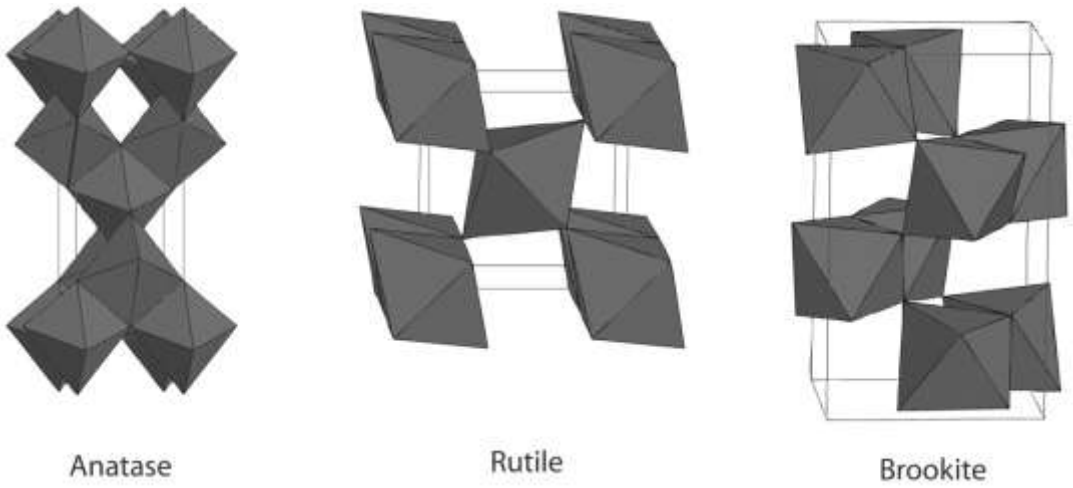
1-3-1- دی اکسید تیتانیوم و فازهای آن:

دی اکسید تیتانیوم یک اکسید فلزی نیمه رسانا از نوع (n-type) با باند انرژی حدود 3 الکترون ولت می‌باشد. دی اکسید تیتانیوم درسه فاز اصلی بلورین روتایل (Rutile)، آناتیس (Anatase) و بروکیت (Brookite) وجود دارد. شبکه بلورین روتایل، معمولترین شکل تیتانیا و از لحاظ ترمودینامیکی نیز پایدارترین فاز این سیستم به شمار می رود [16-15] و نام خود را از واژه (Rutilus) به معنای قرمز تیره بر گرفته است . دو فاز دیگر فاز های نیمه پایدا ر این سیستم هستند [20-19-18-17]. شبکه بلورین آناتیس نیز به صورت تتراگونال بوده و به علت کشیدگی شبکه بلورین آن به Anatasis یا کشیده، معروف است . بر خلاف دو فاز قبلی ، فاز بروکیت به صورت ارتورومبیک بوده، دارای فعا لیت نوری نیست وکمیاب ترین فاز بلورین TiO_2به شمار می‌رود. این فلز به احترام جیمز بروک معدن شناسی که این فاز را برای اولین بار کشف نمود، بروکیت نامگذاری شده است.

معمولا در دماهای پایین، TiO_2به شکل فاز آناتاز متبلور می شود. بابالا رفتن دما فاز نیمه پایدار آناتاز به فاز روتیل که پایدار است تبدیل می‌شود [24-23-22-21- 20]. فاز بروکیت فقط در دماهای خیلی پایین پایدار است. بنابراین این فاز کریستالی کاربردی ندارد . واحدهاي پایه ی بلوري در هر سه فاز، هشت وجهي هاي TiO_6 مي‌باشند. تفاوت این سه فاز در نحوه ي آرایش این هشت وجهي ها است (شکل 1-2).



شکل (1-2). تبدیل TiO_2 بی شکل به فاز های آناتاز و روتایل.



شکل (1-3). فازهای کریستالی دی اکسید تیتانیوم آناتاز ،روتایل، بروکیت.

اين ساختارها مربوط به TiO_2 توده اي مي‌باشد. به دليل نسبت سطح به حجم بسيار بالاي نانوذرات TiO_2 ممكن است نحوه ي آرايش سطح، كاملاً با توده تفاوت داشته باشد [25].

برخی از خواص فازهای TiO_2 در جداول زیر به اختصار آمده است [6].

جدول (1-1). خواص فازآناتاز.

TiO_2	
رده بندی	اکسید
جلا	الماسی - چرب - نیمه فلزی
شکستگی	صدفی
شفافیت	نیمه شفاف - کدر
نوع سختی	ترد
خاصیت مغناطیسی	ندارد
خواص شیمیایی	غیر محلول در اسیدها - ذوب ناشدنی
رنگ کانی	آبی تیره - زرد - قرمز - قهوه ای تا سیاه
رنگ اثر خط	سفید
وجه تسمیه	از واژه یونانی آناتازیس اخذ شده است

جدول (1-2). خواص فاز روتایل.

TiO_2	
رده بندی	اکسید
شکستگی	صدفی - نامنظم
شفافیت	غیرشفاف - نیمه شفاف
خواص شیمیایی	ذوب نمی شود و در اسیدها نامحلول است
رنگ اثر خط	قهوه ای-زرد - قهوه ای قرمز
تشابه کانی شناسی	نقره - آنتیموان
کاربرد	منشأ تیتان
محل پیدایش	اتریش
وجه تسمیه	از کلمه لاتین rutilus یعنی سرخ فام اخذ شده است

جدول (1-3). خواص فاز بروکیت.

TiO_2	
رده بندی	اکسید
جلا	الماس - نیمه فلزی
شکستگی	نیمه صدفی
شفافیت	شفاف - نیمه کدر
نوع سختی	ترد
اشکال ظاهری	بلوری
خواص شیمیایی	نامحلول در اسیدها ذوب ناشدنی
رنگ کانی	قهوه ای زرد - قهوه ای قرمز - سیاه
رنگ اثر خط	سفید متمایل به زرد
منشا تشکیل	ماگمایی - دگرگونی - هیدروترم‌ال
محل پیدایش	انگلستان
وجه تسمیه	اخذ شده است H. Brooke از نام کانی شناس انگلیسی

1-3-2- خواص نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم

دی اکسید تیتانیوم از اکسیدهای فلزی است که در زندگی روزمره کاربرد فراوانی دارد. این ماده پودر سفید رنگی است که دارای سه فاز کریستالی آناتیس، روتایل و بروکیت است. پودر این ماده به عنوان رنگدانه سفید در صنعت استفاده می‌شود. گلف انرژی (Band Gap) این ماده حدود 3/2 الکترون ولت است که می‌تواند نور فرابنفش را جذب کند. از این خاصیت می‌توان به عنوان جاذب نور فرابنفش در کرم‌های ضدآفتاب استفاده کرد. دو خاصیت مهم این ماده که آن را در زندگی بسیار کارا و مفید می-سازد خاصیت فوتوکاتالیستی و فوق آبدوستی آن است. از این دوخاصیت برای تصفیه آب و فاضلابها، حذف آلودگی هوا وساختمان‌ها، تسریع واکنشهای فوتوشیمیایی مانند تولید هیدروژن، ساخت سطوح ولایه‌های ضدمه وشیشه های خود تمیزشونده استفاده می‌شود. در ادامه چند خاصیت مهم TiO_2 شرح داده شده است:

پایه کاتالیزگري

نانوذرات TiO_2 به دليل داشتن ظرفيت تعويض كاتيوني و سطح ويژة بالا، تواناي بالاي براي بارگذاري كاتاليزگري دارند. بنابراين يكي ديگر از كاربردهاي مهم نانوذرات TiO_2 استفاده از آنها به عنوان پايه كاتاليزگر است. نكته ديگري كه باعث مي‌شود استفاده از نانوذرات TiO_2 به عنوان پايه