

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NANO TİTANYUM Dİ OKSİT BOR OKSİT DOPLANMASI
YAPISININ VE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

SERKAN USTA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA ANABİLİM DALI
ANORGANİK PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. ULVİ AVCIATA**

İSTANBUL, 2012

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**NANO TİTANYUM Dİ OKSİT BOR OKSİT DOPLANMASI
YAPISININ VE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Serkan USTA tarafından hazırlanan tez çalışması 15.03.2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Ulvi Avcıata
Yıldız Teknik Üniversitesi

Eş Danışman

Yrd. Doç. Dr. Oğuzhan Avcıata
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Nebahat Demirhan
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ahmet Gül
İstanbul Teknik Üniversitesi

Bu alışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü' nün 2011-01-02-YULAP03 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans tez çalışmamın Türkiye'nin geleceğine ışık tutacak bir çalışma olmasını dileyerek çalışmada , bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım Sayın Prof. Dr. Ulvi Avcıata ve çalışmada maddi manevi katkıları ayrıca laboratuvar uygulamalarında değerli fikir ve tecrübeleri ile desteğini esirgemeyen Sayın Yrd. Doç.Dr.Oğuz Avcıata'ya ve Devletimin imkanlarını önümüze seren cıvanmert milletime teşekkür ederim.

Mart , 2012

Serkan USTA

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	1
1.3 Hipotez	1
BÖLÜM 2	
NANOTEKNOLOJİ.....	3
2.1.1 Nanomalzemeler.....	7
2.2 Bor Oksit ve Borik Asit	9
2.2.1 Bor Oksit	9
2.2.2 Borik Asit (H_3BO_3).....	10
2.2.3 Borik Asitten Bor Oksit Eldesi	14
2.3 Ti Atomunun ve TiO_2 'in Özellikleri	19
2.3.1 Ti Atomu	19
2.3.2 TiO_2 'in Özellikleri.....	22
2.3.3 TiO_2 'in Anataz, Brukit ve Rutil Yapıları	24
2.4 Hidrotermal Yöntem ile Nano Malzeme Sentezi	25

BÖLÜM 3

DENEYSEL ÇALIŞMA	28
3.1 Sentez	28
3.2 XRD Analizleri	28
3.3 SEM Analizleri	30
3.3.1 B ₂ O ₃ Dop Edilmiş TiO ₂ SEM Analizi	30
3.3.2 H ₃ BO ₃ Dop Edilmiş TiO ₂ SEM Analizi	31
3.4 EDS Analizleri	33
3.4.1 B ₂ O ₃ Dop Edilmiş TiO ₂ EDS Analizi	33
3.4.2 H ₃ BO ₃ Dop Edilmiş TiO ₂ EDS Analizi	34
3.5 DSC- TGA ANALİZLERİ	36
3.5.1 B ₂ O ₃ Dop Edilmiş TiO ₂ TGA Analizi	36
3.5.2 H ₃ BO ₃ Dop Edilmiş TiO ₂ TGA Analizi	37

BÖLÜM 4

SONUÇ VE ÖNERİLER	38
KAYNAKLAR	40
ÖZGEÇMİŞ	42

SİMGE LİSTESİ

$\text{\AA}$	Dalga boyu ölçüsü
β	Beta
λ	Dalga boyu
Θ	Pik kitle merkezinin yarım difraksiyon açısı
D_p	Nanometre cinsinden kristal boyutu

KISALTMA LİSTESİ

FT-IR	Kızılötesi Fourier Dönüşümü Spektroskobu
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
DSC	Disferensiyel Taramalı Kalorimetri
TGA	Termal Gravimetrik Analiz
XRD	X-Işınları Kırınımı
EDS	Enerji Dağılım Spektroskobu
MPa	Megapaskal
GHz	Gigahertz
pH	Ortamın asitlik-bazlık derecesi
M(OR) _n	Metal Alkoksit
dak	Dakika
HT	Hidrotermal
PTFE	Politetrafloroetilen
ppm	Milyonda bir
atm	Atmosfer basınç
nm	Nanometre
kV	Kilovolt
W	Watt
N	Normalite
ml	Mililitre
lt	Litre
cm	Santimetre
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
ÖİK	Özel İhtisas Komisyonu

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1. 1	Nano Boyut.....3
Şekil 1. 2	Ti Atomları ile kaplanmış Karbon Nanotüpler.....4
Şekil 1. 3	Nano Kumaş8
Şekil 1. 4	B ₂ O ₃ -H ₂ O sistemi faz diyagram.....10
Şekil 1. 5	H ₃ BO ₃ ün Tabakalı Kısım13
Şekil 1. 6	H ₃ BO ₃ ün Kristal Yapısı13
Şekil 1. 7	Tek Tabakalı HBO ₂ 'de Atomların Düzeni.....14
Şekil 1. 8	Borik asidin susuzlaştırma işleminde moleküler değişimi15
Şekil 1. 9	Titanyumun rutil, brukit ve anataz olmak üzere üç kristal yapısı21
Şekil 1. 10	Hidrotermal ünite25
Şekil 1. 11	Hidrotermal reaktör.....25
Şekil 1. 12	Hidrotermal reaktörün iç kısmı ve reaktörü oluşturan parçalar26
Şekil 2. 1	B ₂ O ₃ katkısı ile Bor dop edilmiş TiO ₂ XRD Analiz Sonucu.....27
Şekil 2. 2	Borik Asit katkısı ile Bor dop edilmiş TiO ₂ XRD Analiz Sonucu28
Şekil 2. 3	B ₂ O ₃ Dop Edilmiş TiO ₂ in 20kVx10.000 SEM Görüntüsü.....29
Şekil 2. 4	B ₂ O ₃ Dop Edilmiş TiO ₂ in 20kVx50.000 SEM Görüntüsü.....30
Şekil 2. 5	H ₃ BO ₃ Dop Edilmiş TiO ₂ in 20kVx10.000 SEM Görüntüsü.....31
Şekil 2. 6	H ₃ BO ₃ Dop Edilmiş TiO ₂ in 20kVx50.000 SEM Görüntüsü31
Şekil 2. 7	Sentezlenen B ₂ O ₃ Dop Edilmiş TiO ₂ EDS analiz sonucu34
Şekil 2. 8	Sentezlenen H ₃ BO ₃ Dop Edilmiş TiO ₂ EDS analiz sonucu35
Şekil 2. 9	B ₂ O ₃ Dop Edilmiş TiO ₂ TGA Analizi Sonucu36
Şekil 2. 10	H ₃ BO ₃ Dop Edilmiş TiO ₂ TGA Analizi38

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 1. 1	Su- bor oksit sisteminde fiziksel sabitler.....16
Çizelge 1. 2	Konsantre ve Rafine Bor Ürünleri Kurulu Kapasiteleri17
Çizelge 1. 3	Eti Maden Bor İşletme Müdürlükleri ve Ürünleri.....18
Çizelge 1. 4	Ticari Saf Titanyumun Mekanik Özellikleri.....18
Çizelge 2. 1	B ₂ O ₃ ve H ₃ BO ₃ dop edilmiş TiO ₂ nin uygulama oranları.....27

**NANO TİTANYUM Dİ OKSİT BOR DOPLANMASI
YAPISININ VE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Serkan USTA

Anorganik Kimya Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ulvi Avcıata

Eş Danışman: Yrd. Doc. Dr. Oğuzhan Avcıata

Titanyum dioksit (TiO_2), çevresel arıtma ve enerji üretimi alanlarında köklü değişikliklerle gelişen teknolojilerde üzerinde en çok araştırma yapılan yarıiletken oksitlerden birisidir. Havadaki ve sudaki organik kirliliklerin uzaklaştırılmasında fotokatalizör olarak kullanılabildiği gibi yine suyun iyonlarına ayrıştırılarak hidrojen elde edilmesine kadar fotokatalizör olarak oldukça geniş uygulamaları bulunmaktadır. Bu özelliklere sahip diğer maddelere göre fiyatının daha düşük olması, düşük zehirlilik, yüksek ısıya ve kimyasallara dayanma özelliklerinden dolayı kullanımı yaygındır. Ancak fotokatalist olarak görünür ışığa duyarlılığının düşük olması TiO_2 in sınırlayıcı özelliklerinden biridir. Birçok çalışmada TiO_2 in görünür ışıktaki aktivitesini artırmak, elektronik ve yüzey yapısını iyileştirmek için soy metal katma, metal iyon yükleme, katyonik ve anyonik doplama gibi işlemler yapılmaktadır. Çalışmaların birçoğunda görünür ışık altında fotokatalitik etkisi artırılmıştır. Bu araştırmalarda temel olarak fotokatalitik, elektrokatalitik ve biyomedikal uygulamalar için nano yapıda titanyum dioksitin hazırlanması, belirli nanometrik bir yapı için yüzey kaplanmasında sol-jel yönteminin uygulanması esas alınan çalışmalar yapılmaktadır.

Isı artışı ile Borik Asitten (H_3BO_3) su kaybı ile Bor oksit (B_2O_3) oluşumu $B_2O_3-H_2O$ sistemi faz diyagramı ispatlanmıştır. Bu dönüşümden yola çıkılarak TiO_2 'ye Boroksit dop edilmesine karar verilmiştir. Dop edilen Boroksit bu noktada Borik Asit (H_3BO_3) ve Bor Oksit (B_2O_3) kullanılarak elde edildi. Isısal farklılıklar ile oluşan bu 2 Bor Bileşiğinin dop edilen üründe farklılıkları ve ortak yönleri bu çalışmada ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çalışmanın amacı yanmaz özellik taşıyan malzemelerde özellikle tekstil endüstrisinde sentezlenen bu ürünün kullanılmasıdır.

Anahtar Kelimeler : Nano ,Bor ,Titanyum dioksit ,Doplama .

**STRUCTURE VE SPECIFICATION ANALYSIS
OF
NANO TITANIUM DI OXIDE DOPED WITH BORON OXIDE**

Serkan Usta

Department of Chemistry

MSc. Thesis

Advisor: Prof. Dr. Ulvi Avciata

Co-Advisor: Ass. Prof. Dr. Oguzhan Avciata

Titanium dioxide (TiO_2) is one of the most researched semiconductor oxides that has revolutionised Technologies in the field of enviromental purification and energy generation. It has found extensive applications in heterogenous photocatalysis for removing organic pollutants from air and water and also in hydrogen production from photocatalytic water-splitting. Its use popular because of its low cost, low toxicity, high chemical and thermal stability. But one of the critical limitations of TiO_2 as photocatalyst is its poor response to visible light. Several attempts have been made to modify the surface and electronic structures of TiO_2 to enhance its activity in the visible light region such as noble metal depositions, metal ion loading, cationic and anionic doping and sensitisation. Most of the results improved photocatalytic performance under visible light irradiation. The overall goal was an in-depth study of an adaptation of the surface sol-gel process as a nanometer-precise method to prepare nanostructured titanium oxides for photocatalytic, electrocatalytic and bio-medical applications. With the increase of heat ,because of loss water Boric Acid

(H_3BO_3) is transformed to Boron Oxide (B_2O_3) in phase diagram that was proven . Reason of this transformation ,Titanium di Oxide doped by two different form first Boric Acid (H_3BO_3), second Boron Oxide (B_2O_3) form.In this thesis it will be presented common point and different point for two form.

Keywords: Nano ,Boron ,Titanium dioxide ,Doped .

GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Isı artışı ile Borik Asitten (H_3BO_3) su kaybı ile Bor oksit (B_2O_3) oluşumu $B_2O_3-H_2O$ sistemi faz diyagramı ispatlanmıştır. Bu dönüşümden yola çıkılarak TiO_2 'ye Boroksit dop edilmesine karar verilmiştir. Dop edilen Boroksit bu noktada Borik Asit (H_3BO_3) ve Bor Oksit (B_2O_3) kullanılarak elde edildi. Isısal farklılıklar ile oluşan bu 2 Bor Bileşiğinin dop edilen üründe farklılıkları ve ortak yönleri ortaya konulmaktadır.

1.2 Tezin Amacı

Doplama işlemi ile; TiO_2 nin nano boyutta doplanmış ürününün eldesi amaçlanmaktadır. Doplamada gerek Borik Asit (H_3BO_3) ve gerekse Bor Oksit (B_2O_3) giren olarak kullanılacaktır. Böylece farklı fazlardaki girenlerin , bu farklılıkları ürünü nasıl etkiledikleri gözlemlenecektir.

1.3 Hipotez

Doplama işlemi ile nano boyutlu moleküllerin eldesi söz konusudur , bu yöntem nano molekül eldesinde kullanılan birkaç yöntemden biridir .

Bu çalışmada doplama işlemi sonucu elde edilecek nano ürünler , Borik Asit (H_3BO_3) ve Bor Oksit (B_2O_3) kullanılmasından dolayı farklı faz yapısında girenlere sahip olsa da elde edilecek ürün yakın kimyasal özellikleri gösterecektir .

Sonuçta elde edilen ürünlerdeki TiO_2 nin varlığı pamuk molekülüne bağlanmayı kolaylaştıracağı düşünülmektedir.

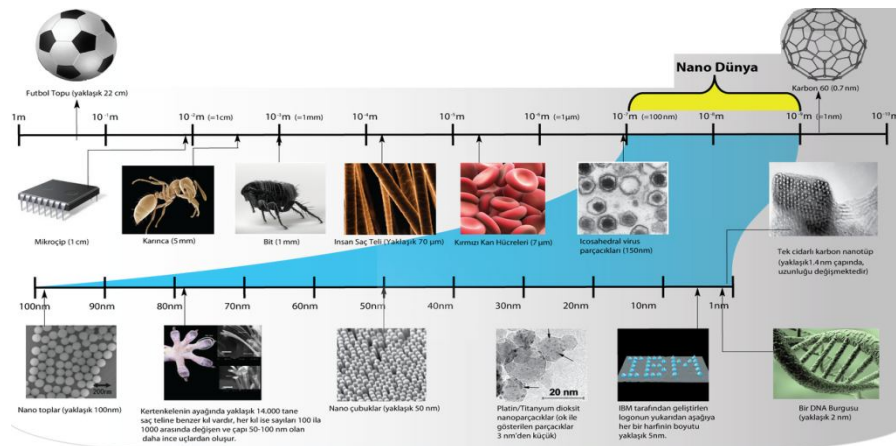
Böylece pamuğa bağlanma sağlayarak B_2O_3 etkisi ile pamuk molekülüne bağlı yapıda dışarıda kalacak B_2O_3 yanma geciktirme özelliğinin ortaya çıkmasını sağlayacaktır. Mevcut bir materyale nano boyutlu bir molekül bağlanarak nano materyal eldesine yönelik bir çalışma ortaya konulmaktadır.

BÖLÜM 2

NANOTEKNOLOJİ

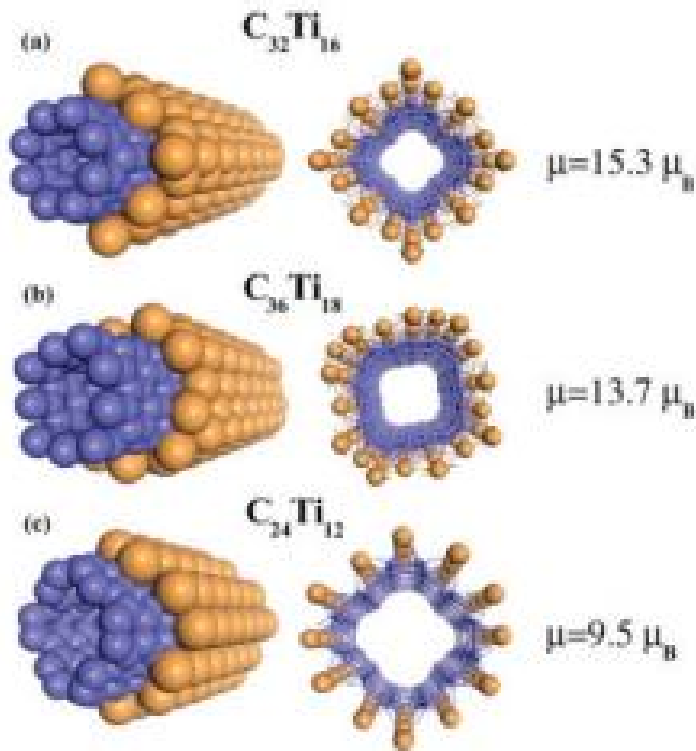
Nano kelime anlamı ile herhangi bir fiziksel büyüklüğün bir milyarda biri anlamına gelmektedir. Nanoyapılar uzunluk olarak bakıldığında yaklaşık 10-100 atomluk sistemlere (10^{-9} metre) karşılık gelmektedirler. Bu boyutlarda sistemlerin fiziksel davranışlarında normal sistemlere kıyasla farklı özellikler gözlemlenmektedir. Nanobilim ve nanoteknoloji olarak nitelendirilen bu farklılıklar yaklaşık 10 seneden beri dünya ülkelerinin sivil-askeri bilim ve teknoloji stratejilerini belirler hale gelmiştir.

Nano-ölçek seviyesinde malzemelerin özellikleri makroskopik ölçekten tamamen farklı olup nano-ölçeğe yaklaştıkça birçok özel ve yararlı olay ve yeni özellikler ortaya çıkmaktadır. Örneğin, iletim özellikleri (momentum, enerji ve kütle) artık sürekli olarak değil ancak kesikli olarak tarif edilmektedir. Benzer olarak, optik, elektronik, manyetik ve kimyasal davranışlar klasik değil kuantum olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 1.1. Nano Boyut

Şimdi maddeyi nanometre seviyesinde işleyerek ve ortaya çıkan değişik özellikleri kullanarak, yeni teknolojik nano-ölçekte aygıtlar ve malzemeler yapmak mümkün olmuştur. Örneğin, tarama tünelleme ve atomik kuvvet mikroskoplarını kullanarak yüzey üzerinde atomları iterek birbirlerinden ayırmak ve istenilen şekilde dizmek mümkündür. Bütün bu gelişmeler, 19. yüzyılda dünyayı yeniden şekillendiren sanayi devrimine eşdeğer bir bilimsel ve teknolojik devrim başlatmıştır. Bu şekilde atom ve moleküller ile oynayarak tek molekülden oluşan transistör ve elektronik aygıtlar gerçekleştirilmiştir ve dünyada birçok grubun aktif çalışmaları ile geliştirilmektedir. Bütün bu çalışmalar ve gelişmeler elektronik, kimya, fizik, malzeme bilimi, uzay ve hatta sağlık bilimlerini bir ortak arakesitte buluşturmuştur.



Şekil 1.2. Ti Atomları ile kaplanmış Karbon Nanotüpler

Önümüzdeki birkaç on yıl içerisinde nanoteknoloji sayesinde süperkompüterlere mikroskop altındabakılabilecek, insan vücudunun içinde hastalıklı dokuyu bulup iyileştiren, ameliyat yapan nanorobotlar bulunabilecek, insan beyninin kapasitesi ek nanohafızalarla güçlendirilebilecek, kirliliği önleyen nanoparçacıklar sayesinde

fabrikalar çevreyi çok daha az kirletecektir. Ulusal güvenliği ilgilendiren konularda nano malzeme bilimi, yeni savunma sistemlerinin geliştirilmesinde, haberalma / gizlilik konularına yönelik çok küçük boyutlarda aygıtların yapılmasında kullanılacaktır. Birim ağırlık başına şundakinden 50 kat daha hafif ve çok daha dayanıklı malzemeler üretilebilecek ve bunların sonucu olarak insanın günlük yaşamında kullandığı tekstil ürünleri gibi ürünler değişebileceği gibi, uzay araştırmalarında ve havacılıkta yeni roket ve uçak tasarımlarının ortaya çıkması mümkün olacaktır.

Nanobilim ve nanoteknolojinin odak noktaları, düşük boyutlarda baskın hale geçen boyut, sınır ve kuvantum etkileri gibi temel fizik araştırması içeren konuların yanında, atomik boyutlarda görüntüleme deneyel yöntemlerin geliştirilmesi, Angstrom altı (10-10 metreden küçük) boyutlarda ölçüm yapabilme teknikleri, düşük boyutlarda eş tip malzeme üretebilme, malzeme yapısını atomik boyutlarda kontrol edebilme, kızılaltı ve morötesi radyasyonlara tepkisi kontrol edilebilir malzeme ve özel amaca yönelik aygıt geliştirme yöntemleridir [1] .

Bilgisayar çağının başları olan 1950'lerden bu yana yaklaşık her 18 ayda bir bilgisayar performansının iki katına çıktığı ve büyüklüğünün yarıya indiği bilinmektedir (Moore kuralı). Bu kural 2020'li yıllara kadar geçerliliğini koruyacak; bu yıllarda, üretilen bilgisayarlar moleküler boyutlara kadar gelip dayanacaktır. Şuanda 40 milyon transistörlü bir işlemci, 2015 yılında 5 milyar transistörden oluşacaktır. Bu şekilde bilgi işleme hızı oldukça artarken enerji kullanımı çok aza indirilebilecektir.

Nanoteknoloji devriminin insanlığın yakın geleceğinde yaratacağı değişiklik sadece ana hatları ile tahmin edilebilir. Öyle görünmektedir ki, nanoteknoloji önümüzdeki birkaç on yıl içinde uygarlığa damgasını vuracak ve bu gelişmelere hazırlık açısından zayıf ve güçlü ülkeler arasındaki fark artacaktır. Ulusal güvenliğimiz için tek yol bu teknolojiye hazırlıklı olmak ve bu tür konularda hem temel bilimler açısından hemde teknolojik olarak ön sıralarda yer almaktır. Geç kalınmadan TÜBİTAK ve diğer ulusal araştırmaları destekleyen kuruluşların bu tür kritik araştırmaları daha çok desteklemesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Nanobilim ve nanoteknoloji çok çeşitli alanlarda hızla yaşamımıza girmektedir. Bu etki bilişim ve haberleşmeden başlamakta, savunma sanayi, uzay ve uçak teknolojileri ve

hatta moleküler biyoloji ve gen mühendisliğine kadar uzanmaktadır. Nanoteknoloji ABD’de, ekonomistlerin telkini ile, Başkan Bill Clinton tarafından yaklaşık 10 sene önce en öncelikli ve kritik alan olarak ilan edilmiş, dolayısı ile ABD’nin en çok desteklenen programlarından olmuştur. Bunun sonucunda ABD’de büyük araştırma merkezleri ve üniversite araştırma üçgenleri kurulmuştur. ABD’de yalnızca devlet ajanslarının (NSF, DoD, DoE, NIH,NASA, NIST, DoA, DoT, DoJ gibi) nanobilim ve nanoteknoloji için ayırdıkları araştırma bütçeleri milyon dolar olarak 270 (2000), 467 (2001), 604 (2002), 710 (2003) ve en son 2004’te de 3 milyar dolardan fazladır. ABD’yi yakından izleyen Japon hükümeti de daha önce benzeri görülmemiş parasal destekleri nanoteknoloji için seferber etmiştir.

ABD ve Japonyadaki gelişmeleri kaygı ile izleyen Avrupa Birliği, teknolojilerinin 10 yıl sonra bu iki ülke ile yarışabilmesi için 6. Çerçeve Programında nanobilim ve nanoteknolojiyi öncelikli alan olarak ilan etmiş ve son dört yıl boyunca bu alandaki araştırmaları desteklemek üzere 1.3 Milyar Euro ödenek ayırmıştır.

Ancak, bu meblağın birlik ülkelerinin milli bütçelerinden ayırdıkları kaynakların toplamının çok küçük bir bölümü olduğu ifade edilmektedir. Ülke bazında özel ve kamu kuruluşları ise bu miktarın belki toplam 7-8 katını bulabilecek harcamalar yapmayı planlamaktadırlar. Komşumuz Yunanistan’ın Girit adasında kurulu, 500 doktoralı araştırmacının çalıştığı Heraklion Araştırma Merkezinde nanoteknoloji geliştirme üzerine yoğun araştırmalar yapılmakta ve bu araştırmalara Avrupa Birliği’nden milyonlarca Euro destek verilmektedir. İsrail bu konuda çok hızlı davranarak çok sayıda tanınmış bilim adamını Nanocenter kuruluşlarında toplamıştır. İrlanda nüfus olarak çok küçük bir ilke olmasına rağmen 630 Milyon Euro miktarında bir kaynağı nanoteknolojiye aktarmıştır.

Nanoteknolojiden gelecek 10-15 yıl içinde büyük ve sürpriz çıktılar ve yeni pazarlar beklenmektedir.Avrupa’da, ABD’de ve Japonya’da yüzlerce nanoteknoloji araştırma merkezi, üniversitelerde bölümler kurulduğu ve uzman kadroların bu merkezlerde bir yarış ortamında, önce ulusal, sonra ticari çıkarlarına yönelik olarak bilgi ve teknoloji ürettikleri gerçeği çok açık bir şekilde görülmektedir. Nanoteknoloji ile gelişmiş ülkelerle gelişmemiş ülkeler arasındaki ara kapanamayacak kadar ve katlanarak

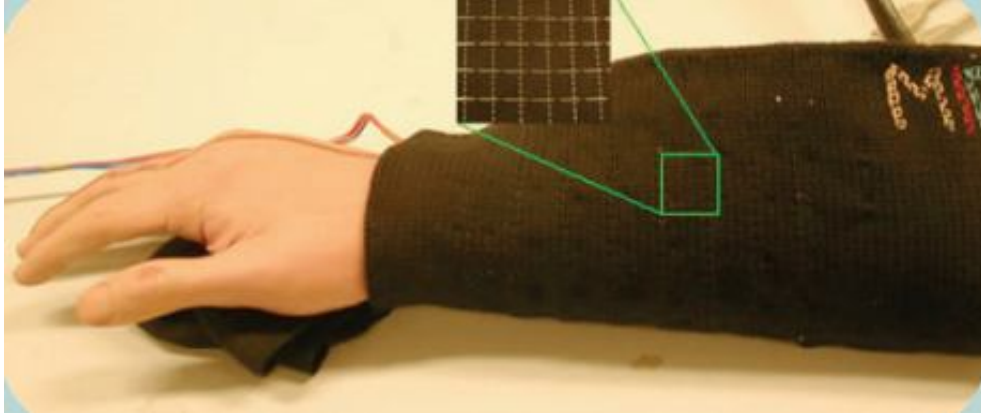
artacak; nanoteknolojiye sahip olan ülkelerin refah seviyesi, ulusal savunması ve ekonomisi daha güçlü bir konuma gelecektir. Bu bağlamda zamanında endüstriyel ve mikroelektronik-enformatik devrimlerini yakalayamayan ülkemizde, ekonomik ve bilimsel gelişme ve refah için nanoteknoloji yakalanabilinecek en son fırsat olmaktadır. Bu fırsatın yakalanabilmesi ancak, ulusal boyutta uzman kadronun güçlendirilmesi, eğitim ve nesilden nesile aktarılabilecek teknoloji birikiminin önünün açılması ile mümkün olacaktır. Bu yolların açılması ile ülkemiz, kritik olan bu uygarlık ve refah düzeyine çok daha aktif olarak katkı sağlayabilecektir. Nanoteknolojinin belli alanlarına girip teknoloji geliştiren Türkiye, Finladiya'daki Nokia örneği uluslararası dev nanoteknoloji ürünü çıkarabilen bir ülke konumuna gelecektir. Bunun ülke refahına ve ekonomik gücüne, yaşayan halkının kendisi ve dünya ile daha bütünleşik olarak yaşamasına büyük katkısı olacaktır.

2.1 Nanomalzemeler

Önümüzdeki 20 yıl içerisinde nanomalzemeler ile ilgili bilimsel, teknik ve mühendislik çalışmalarından beklentiler, klasik malzemelerin özelliklerinin ve uygulamalarının gelişmesine, yeni teknoloji alanlarının ortaya çıkmasına neden olacak niteliktedir. Nanomalzemeler, metal, seramik, organik moleküler topluluk, polimerik ya da kompozit malzemeler olabilir. Tanımlayıcı nitelikleri 1 ile 100 nm arasındaki boyutlarıdır.

Nanomalzemeler, yalnızca minyatürizasyonda yeni bir aşama olarak düşünülmemelidir; tümüyle yeni bir alandır: nanodünya, atomik ve kuantum fenomenleri ile hacimsel (bulk) malzeme ölçeğinin arasında yer almaktadır. Geleceğin teknolojilerinin atom, molekül ve nanoküme boyutlarında, malzemenin şeklinin kontrol edilmesi, nanoyapıların organize edilmesi, aygıtlara dönüştürülmesi, malzemenin ve yüzeylerin tasarlanması-işlenmesi üzerine inşa edileceği öngörülmektedir [2] .

Nanomalzemeler boyutlarından dolayı, elektronik, fotonik, manyetik, reolojik, yapısal ve mekanik niteliklerinde olumlu yönde farklılık gösterirler. Bu farklılığın nedenleri ise, yüksek yüzey-hacim oranları, hacimsel davranışlar ortaya çıkmadan sınırlı sayıda atom ya da molekül arasındaki kooperatif fenomenler ve nano-boyutlu yapılarda ortaya çıkan kuantum etkileridir.



Şekil 1.3. Nano Kumaş ; Gören, duyan ve hissedenden kumaşlar: Çok ince ve hafif fiberler üzerinde üretilen ışık, ısı ve titreşim algılayıcıları, kumaş halinde dokunabiliyor.

Nano malzemeler a) Sol-Jel, b)Plasma, c) Hidrotermal, d)Mekanik alaşımlama, e)Mekano kimyasal yöntemlerle sentezlenebilmektedirler.

2.2 Bor Oksit ve Borik Asit

2.2.1 Bor Oksit

ABD’de iki ayrı kalitede amorf yapıda bor oksit ticari olarak üretilmektedir. Rafine ve granüle bor oksidin cam fırınlarında ergitilmesi sonucunda %99 B_2O_3 içeren yüksek kaliteli bor oksit elde edilir. Ergitilen cam halindeki bor oksit soğuk merdaneler üzerinde soğutulur, kırılır, elenir, nem geçirmeyen ambalajlara alınır. Elde edilen ürün, saflık derecesi yüksek ve pahalı bir üründür.

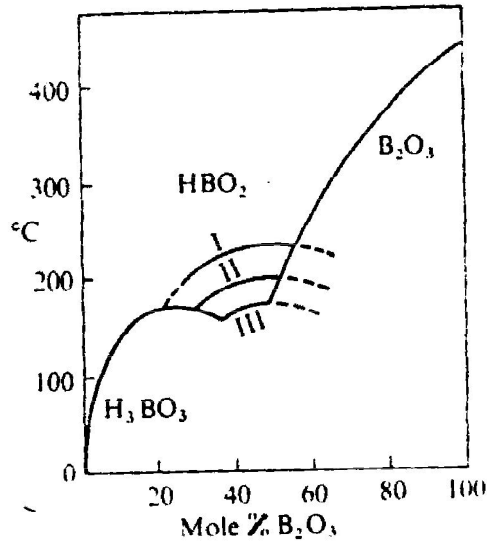
%96-97 B_2O_3 içeren ve daha ucuz olan bor oksit elde etmek için boraks ve sülfürik asit karışımı ergime fırınlarında $750^{\circ}C$ ’de ergitilmekte ve bor oksit ile sodyum sülfat iki ayrı tabaka halinde ayrılır. Elde edilen bor oksit ürününün saflığı pek çok işlem için yeterli olup yüksek saflıktaki bor oksit ürüne göre çok daha düşük fiyata sahiptir.

Bor oksit üretim yöntemleri kullanılan başlangıç hammaddesine göre 4 grupta toplanabilir. Bunlar; Borik asitten bor oksit üretimi, Metal boratlardan bor oksit üretimi, Amonyum Pentaborattan bor oksit üretimi, Bor esterlerinden bor oksit üretimi [3] .

Bor mineralleri, bünyelerinde değişik oranlarda boroksit (B_2O_3) içeren mineraller olup, ülkemizde yaygın olarak bulunan bor mineralleri; tinkal, kolemanit ve üleksittir. Toz deterjan sanayinde aktif oksijen taşıyıcısı olarak kullanılan sodyum perborat dışında, bor ürünlerinin nihai kullanımında asıl işlev bünyelerdeki B_2O_3 içeriği olduğu için, çeşitli bor ürünlerinin birbirlerini ikame özelliği mevcuttur [4].

Borun temel oksidi bor oksittir (B_2O_3 E.N:450 °C, KN:2250 °C). Kristallenmesi en zor olan maddelerden biridir ve 1937 'ye kadar yalnızca camsı hali bilinirdi. Genellikle borik asidin dikkatlice, dehidrasyonu ile hazırlanır.

Normal kristal yapısı ($d=2.56 \text{ g / cm}^3$) oksijen atomlarının içerisine katılmış BO_3 gruplarının üç boyutlu ağını içerir, fakat 525 °C 'de 35 kbar basınç altında yoğun bir formu vardır ve düzensiz iç bağlantılı tetrahedral BO_4 ten yapılıdır. B_2O_3 'ün ($d=1.83 \text{ g / cm}^3$) camsı halinde muhtemelen 6 üyeli $(BO)_3$ halkasının hakim olduğu sıralı trigonal BO_3 birimlerinin ağını içerir, yapı yüksek sıcaklıklara gittikçe düzensizleşmeye başlar ve 450 °C nin üzerinde polar B=O grupları oluşur.



Şekil 1.4 B_2O_3 - H_2O sistemi faz diyagramı [5].

2.2.2 Borik Asit (H_3BO_3)

Borik asit yavaş yavaş ısıtıldığı zaman suyunu kaybederek metaborik asite dönüşür . Meta borik asidin 3 ayrı kristal modifikasyonu vardır.**Ortorombik metaborik asit** (HBO_2 -III, ergime noktası : 176 °C) **Monoklinik metaborik asit** (HBO_2 -II, ergime noktası : 200.9 °C) **Kübik metaborik asit** (HBO_2 I, ergime noktası : 236 °C)

Sıcaklık 150 °C 'nin üzerine çıkmadığı sürece dehidrasyon HBO_2 formunda kalır. Daha yüksek sıcaklıklarda borik asit bünyesindeki tüm su uzaklaştırılarak susuz borik asit elde edilir. Kristal susuz borik asit 450 °C'de erir. Amorf susuz borik asit belli bir ergime derecesine sahip değildir. Yaklaşık 325 °C de yumuşamaya başlar ve yaklaşık 500 °C de tamamen akışkan hale gelir. Borik asidin (H_3BO_3) tamamen ayrışması sonucunda bor oksit (B_2O_3) oluşur.TGA analizinde 50-350 °C arasında elde edilen ağırlık kaybı % 43.72 dir. Bu da borik asidin ağırlık kaybıdır [4] .

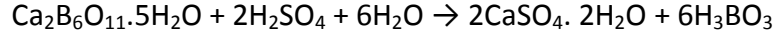
Borik asit, aynı zamanda borasis asit, ortoborik asit ya da acidyum boryum; genellikle antiseptik, böcek ilacı ve koku gidericilerde kullanılan beyaz kristal renkli, suda çözünen bir inorganik asit. İlk olarak Wilhelm Homberg tarafından bulunmuş olup, sülfürik asidin yan ürünü olarak ortaya çıkmıştır.

Hammaddesi olan boraks'ın en geniş kaynakları Türkiye'de bulunmaktadır.

- 1 Kolemanitten borik asit üretimi
 - Filtrasyon
 - Kristalizasyon
 - Santrifüj
 - Kurutma

Kolemanitten borik asit üretimi ;

Türkiye'de borik asit, kolemanitten üretilmektedir. Üretimi Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü yapmaktadır. Üretim prosesi temelde, kolemanitin sülfürik asit ile reaksiyonu sokulmasından ibarettir. Aşağıda gösterildiği gibi, reaksiyon sonucu jips ve borik asit oluşur. Üretim sırasında oluşan jips, çevre kirliliğine sebep olmaktadır.



Üretimde öncelikle, kolemanitin boyutu <0,2 mm olacak şekilde, değirmenlerde öğütülür. Öğütülmüş kolemanit, sülfürik asitle reaksiyona sokularak çözeltiye alınır. Bu reaksiyon 80-100 °C'de gerçekleşir.

Filtrasyon ;Kolemanit asitle çözeltiye alındıktan sonra, kimyasal reaksiyon sebebiyle jips çamuru oluşmaktadır. Bu jipsin ortamdan uzaklaştırılması için çözeltiyi basınçlı filtrelerle süzmek gerekir. Bu amaçla, iki aşamalı süzme yapılır. İlk aşamada tüm çözelti 15-20 dk. boyunca süzülür. İlk aşamadan geçmiş olan süzüntü, ikinci aşamada ise başka bir basınçlı filterede 3 saate yakın süzülür. Bu aşamalar sonucunda elde edilen jips çamuru artık havuzuna gönderilir.

Kristalizasyon ;Filtrasyon sonrası elde edilen kolemanit çözeltisi, sabit bir debi ile kristalizatöre beslenir. Kristalizatöre gelen çözelti, özel spreylemlerle püskürtülerek, kristalizatöre yayılır. Bu şekilde, oluşan kristallerin boyutu arttırılarak, işlemin daha verimli devam etmesi sağlanmış olur. Kristal boyutlarının etkilendiği faktörler ise:

Beslenen çözeltinin yoğunluğu

Çözelti içindeki katılar

Besleme hızı

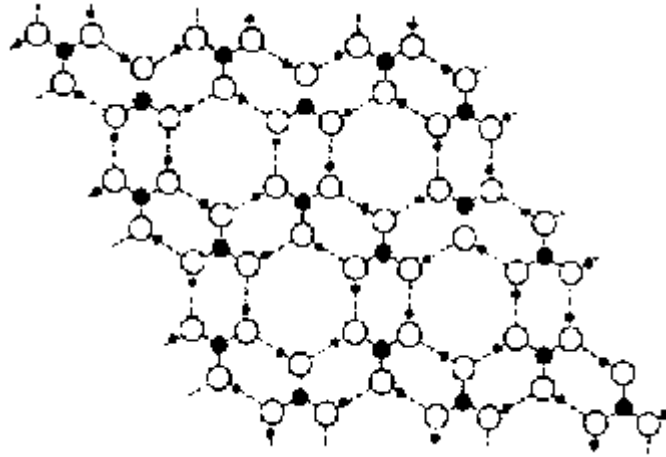
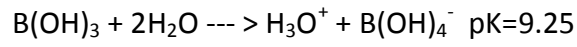
Santrifüj

Çözelti kristalizatöre 80-90 °C sıcaklıkta girdikten sonra 40-45 °C sıcaklıkta çıkarak santrifüje beslenir. Santrifüjde, çözelti kristallerinden ayrılır.

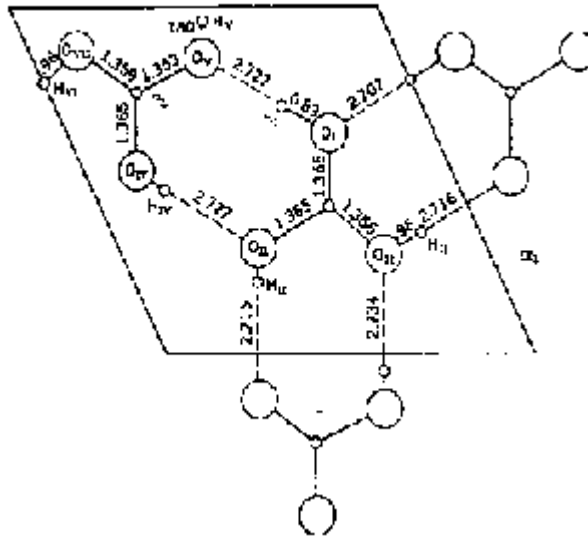
Kurutma ; Santrifüjden çıkan kristaller bir miktar nemlidir. Ürün bu şekilde nemliken satışa sunulamaz. Bu amaçla, akışkan yataklı kurutucularla kurutulması gerekmektedir. Bu tür kurutucularda, dışarıdan alınan hava, belli bir sıcaklığa kadar ısıtıldıktan sonra,

kurutucu içine döşenmiş olan malzemeye alttan verilir.Kurutucudan çıkan ürün torbalanarak satılır [6].

Ortoborik Asit ; Ortoborik asit $B(OH)_3$, bor bileşiklerinin çoğunun hidrolizinin son ürünüdür ve genellikle boraksın sulu çözeltisinin asitlendirilmesiyle yapılır. Şekil 1.8 de gösterildiği gibi düzlemsel sıralı BO_3 birimlerine asimetrik H bağlarının katıldığı kristaller,beyaz,şeffaf ve kar tanesi yapısındadır. Düzlem içindeki kısa O H---O 272 pm uzaklığının aksine kristaldeki ardışık tabakalar arasındaki uzaklık 318 pm'dir. $B(OH)_3$ çok zayıf bir monobazik asittir ve proton vermektense hidroksil iyonu olacak şekilde davranır.



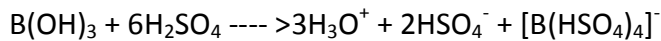
Şekil 1.5 H_3BO_3 ün Tabakalı Kısım



Şekil 1.6 H₃BO₃ ün Kristal Yapısı

Polihidrik alkollerle şelatlaşması asitliğini artırır ve bu analitik kimyada kullanılmasının temelini oluşturur. pK , asitlik denge sabitinin 10^4 ten daha büyük bir faktörle artış göstermesiyle düşer.

$B(OH)_3$ susuz H_2SO_4 te kuvvetli bir asit olarak davranır.

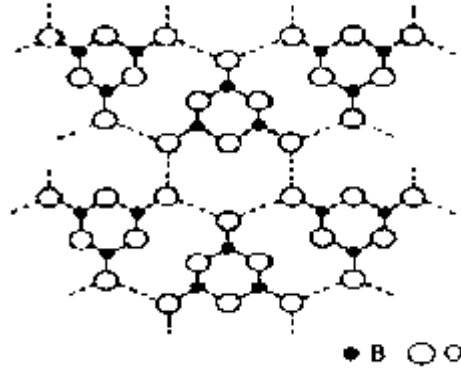


Diğer reaksiyonları $B(OR)_3$ vermek için ROH/H_2SO_4 'le ve güçlü indirgen ayırıcı $Na[BH(OR)_3]$ vermek için THF 'de NaH la koordinasyonunun esterleşmesini içerir. H_2O_2 ile reaksiyonu muhtemelen mono peroksiborat anyonu içeren peroksoborik asit çözeltilerini verir. Floroborik asitlerin sulu çözeltilerinin, tam bir serisi bilinir ve birkaçı saf olarak izole edilebilir.

H[B(OH)₄], H[BF(OH)₃], H[BF₂(OH)₂], H[BF₃OH], HBF₄ hipohalojen analogları [B(OH)₃(OX)]⁻ (X=Cl, Br) son zamanlarda, NaOX içeren B(OH)₃ ün sulu çözeltiğinde karakterize edilmektedir .

Metaborik Asit ; $B(OH)_3$ ün $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ nin üzerinde kısmi dehidrasyonu birkaç kristal modifikasyonu bulunan metaborik asitin (HBO_2) oluşmasını sağlar. Ortorombik HBO_2 , H bağlarıyla tabakalar içerisinde halka oluşturan trimerik $B_3O_3(OH_3)$ birimlerini içerir; tüm B atomları 3 koordinasyon yapar. Monoklinik HBO_2 , B atomlarının bazılarının 4

koordinasyon yaptığı $B_3O_4(OH)(H_2O)$ zincirleriyle meydana getirilir. Halbuki kübik HBO_2 , H bağlarıyla tetrahedral BO_4 gruplarının oluşturduğu kafes bir yapıya sahiptir.



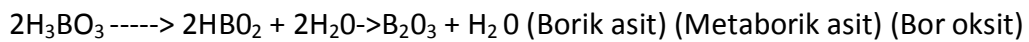
Şekil 1.7 Tek Tabakalı HBO_2 'de Atomların Düzeni

2.2.3 Borik Asitten Bor Oksit Eldesi

Borik asit (H_3BO_3), pek çok bor bileşiğinin hidrolizinin son ürünüdür ve genellikle boraksın sulu çözeltisinin asitlendirilmesiyle üretilir [7] .

Mineral adı sasolit olup yoğunluğu $1,48 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Küçük özbiçimli, beyaz ve yağlı parlak görünümlü kristaller şeklindedir. Endüstride genellikle yapayborik asit kolemanitten elde edilir.[8]

Borik asitin susuzlaştırma işlemi iki basamaklı reaksiyonla gerçekleşmektedir.

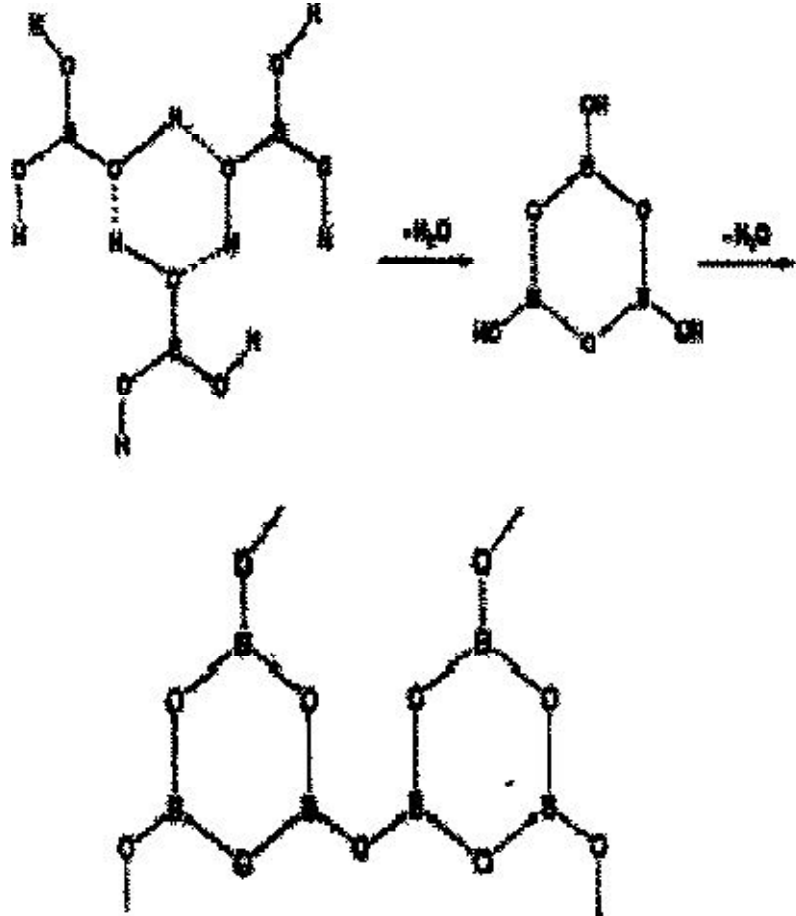


H_3BO_3 kristal yapısı düzlemsel sıralı BO_3 'lerin asimetrik H bağlarıyla bağlanmasından oluşur.

Borik asit ısıtılmaya başlayınca su uzaklaşır. Halka şeklinde B ve O bağlan oluşur ve bora OH bağlanarak HBO_2 (metaborik asit) yapısı meydana gelir. HBO_2 polimorfik yapıya sahiptir. Isıtmaya devam edilecek olursa bora bağlanan OH ile uzaklaşır, tamamıyla susuzlaşmış B_2O_3 yapısı Şekil 1'de görüldüğü gibi oluşu [9].

Borik asit 130°C 'ye kadar ısıtıldığında kristalin $\text{HBO}_2(\text{IH})$ ve dönüşümü tamamlanmayan H_3BO_3 kanşımından oluşur. Sıcaklık 150°C 'ye çıkartılırsakaba kristallerden oluşan HBO^-OH ye dönüşür. Sıcaklık 150°C 'nin üzerine çıkarıldığında $\text{HBO}_2(\text{I})$ ve B_2O_3 elde edilir. Kraeek ve arkadaşları su -boroksit sisteminde bu yapılan ilk defa ifâde etmişlerdir [10].

Su -bor oksit denge diyagramı Şekil 1.4'te görülmektedir. Metaborik asitin 3 ayrı kristaline ait ötektik noktalar, ergime sıcaklıkları ve ağırlıkça $\%\text{B}_2\text{O}_3$ miktarları Çizelge 1.7'dedir (Adams, 1964). HBO_2 ye ait polimorfik yapılar, $\text{HBO}_2(\text{I})$ kübik, $\text{HBO}_2(\text{n})$ monoklinik ve $\text{HBO}_2(\text{ITD})$ ortorombik kristal sistemlerinde oluşur. $\text{HBO}_2(\text{IH})$, H bağlarıyla tabakalar içerisinde halka oluşturan trimerik $\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH}_3)$ birimlerini içerir. $\text{HBO}_2(\text{II})$ zigzag zincir şeklinde $\text{B}_3\text{O}_4(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})$ yapısından meydana gelmekte ve B atomlarının $2/3$ 'ü BO_3 yapısında trigonal, $1/3$ 'ü BO_4 yapısında tetrahedral olarak bağlanmaktadır. $\text{HBO}_2(\text{I})$, H bağlarıyla tetrahedral BO_4 gruplarının oluşturduğu üç boyutlu yapıya sahiptir [11] .



Şekil 1.8 Borik asidin susuzlaştırma işleminde moleküler değişimin şematik gösterimi
Bor oksit camlarının yoğunluğu 1,83'tür.

Çizelge 1.1 Su- bor oksit sisteminde fiziksel sabitler [12] .

Yapı	% ağırlıkça B_2O_3	Ergime noktası (°C)
H_3BO_3	56,30	170,9
$H_3BO_3 = HBO_2(I) +$ sıvı	51	169
$H_3BO_3 + HBO_2(II)$	61,6	169,6 (ötektik)
$H_3BO_3 + HBO_2(III)$	69,8	158,8 (ötektik)
$HBO_2(I)$	79,45	236
$HBO_2(II)$	79,45	200,9
$HBO_2(III)$	79,45	176
$HBO_2(III) + B_2O_3$	82,5	235 (ötektik)

Çizelge 1.2 Konsantre ve Rafine Bor Ürünleri Kurulu Kapasiteleri (Bin Ton/Yıl)

[13]

İŞLETME	ÜRÜN	KONSANTRE BOR	RAFİNE BOR
		KURULU KAPASİTE	KURULU KAPASİTE
Kırka Bor İşletmesi	Tinkal Konsantresi	800	
	Boraks Pentahidrat		480
Bandırma Bor ve Asit Fabrikaları İşletmesi	Boraks (Deka + Penta) Hidrat		55
	Borik Asit		85
	Bor Oksit		1
	Sodyum Perborat		20
Bigadiç Bor İşletmesi	Konsantre Kol.+Ülek.	650	
	Öğütülmüş Kolemanit		90
Emet Bor İşletmesi	Konsantre Kolemanit	900	
	Borik Asit		100
Kestelek Bor İşletmesi	Konsantre Kolemanit	100	
TOPLAM		2.450	831

Çizelge 1.3 Eti Maden Bor İşletme Müdürlükleri ve Ürünleri ,Eti Maden
İşl.Gen.Müd.[14].

		ÜRÜN CİNSİ
RAFİNE BOR ÜRÜNLERİ	BANDIRMA	Boraks Dekahidrat
		Boraks Pentahidrat
		Borik asit
		Bor Oksit
		Sodyum Perborat (Tetra)
		Sodyum Perborat (Mono)
	KIRKA	Boraks PH (Etibor 48)
	EMET	Borik Asit
	BİGADIÇ	Öğütülmüş Kolemanit
KONSANTRE BOR ÜRÜNLERİ	BİGADIÇ	Konsantre Kolemanit
		Konsantre Üleksit
	EMET	Konsantre Hisarcık Kolemanit
		Konsantre Espey Kolemanit
	KIRKA	Konsantre Tinkal
	KESTELEK	Konsantre Kolemanit
		Konsantre Üleksit

2.3 Ti Atomunun ve TiO₂'in Özellikleri

2.3.1 Ti Atomu

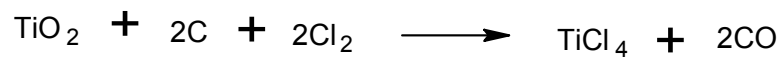
Titanyum, adını Yunan mitolojisinin güçlü tanrıları Titanlardan alır. Fiziksel ve kimyasal açıdan üstün özellikler gösteren titanyum, 316 paslanmaz çelik ve kobalt alaşımlarına göre daha hafif bir malzemedir (Çizelge 1.10). 1791 de W. Gregor'un varlığını belirlediği Titan, 1831 de rutilden Liebig tarafından elde edildi. Özellikleri bakımından silisyumu andırır.Özgül ağırlığı 4.5 gr/cm³, Ergime sıcaklığı 1680 °C olan ve oda sıcaklığında sıkı dizilmiş hekzagonal kafes yapısına sahip bir metaldir.

Çizelge 1.4 Ticari Saf Titanyumun Mekanik Özellikleri

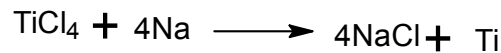
Yoğunluk	4.51 g/cm ³ (60% of steel)
Minimum Akma Dayanımı	480 MPa
Gerilme Dayanımı	550 MPa
Elastisite Modülü	102.7 GPa
Poisson Oranı	0.34
Sertlik	265 (Brinell), 300 Knoop
Termal Genleşme Katsayısı	8.64 x 10 ⁻⁶ /°C
Katı/Sıvı	1725°C
Ergime Noktası	1668±10°C
Özısı (25°C)	0.518 J/kg K

Titanyum, oksit şeklinde dünya kabuğunda bol miktarda bulunmaktadır. Mineralleri; İlmenit $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2 = \text{FeTiO}_3$ (plaj kumlarında, kayalarda bulunur.), rutil TiO_2 (daha az oranda bulunur. Asıl kaynağı Avustralya'daki plaj kumlarıdır. Kırmızı, kahverengi ve sarı olabilen tetragonal kristallerdir.), Anataz bir başka cins TiO_2 olup tetragonal, Perovskit $\text{CaO} \cdot \text{TiO}_2$ bir kalsiyum karbonattır.

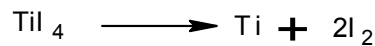
Titan, Titan-4-oksitin TiCl_4 'e indirgenmesinden elde edilir. TiCl_4 ise filiz ve karbon karışımının kızıl derecede klorlanması ile elde edilir. Kaynama noktası 136°C olduğundan distilasyonla saflaştırılır.



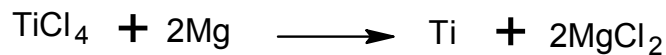
1909'da Hunter TiCl_4 'ü metalik sodyumla kızıl derecede yüksek basınçta indirgeyerek yumuşak bir titan elde etmeyi başarmıştır.



En saf metal, Van Arkel ve arkadaşları tarafından Titan-4iyodür (TiI_4) buharının ($\text{KN} > 360^\circ\text{C}$) kızıl derecedeki bir flaman üzerinde dekompozisyonundan elde edilmiştir.



1940'da Kroll tarafından TiCl_4 'ün atmosfer basıncında helyum ve argon altında, kızıl derecede Mg ile indirgenir.



Titanyumun elde edilmesi ve işlenmesi çok zor olduğundan metal olarak kullanılması çok özel alanlarla sınırlandırılmıştır. Buna karşılık gerek titanyum mineralleri gerekse titanyum oksidin (TiO_2) geniş kullanım alanları vardır.

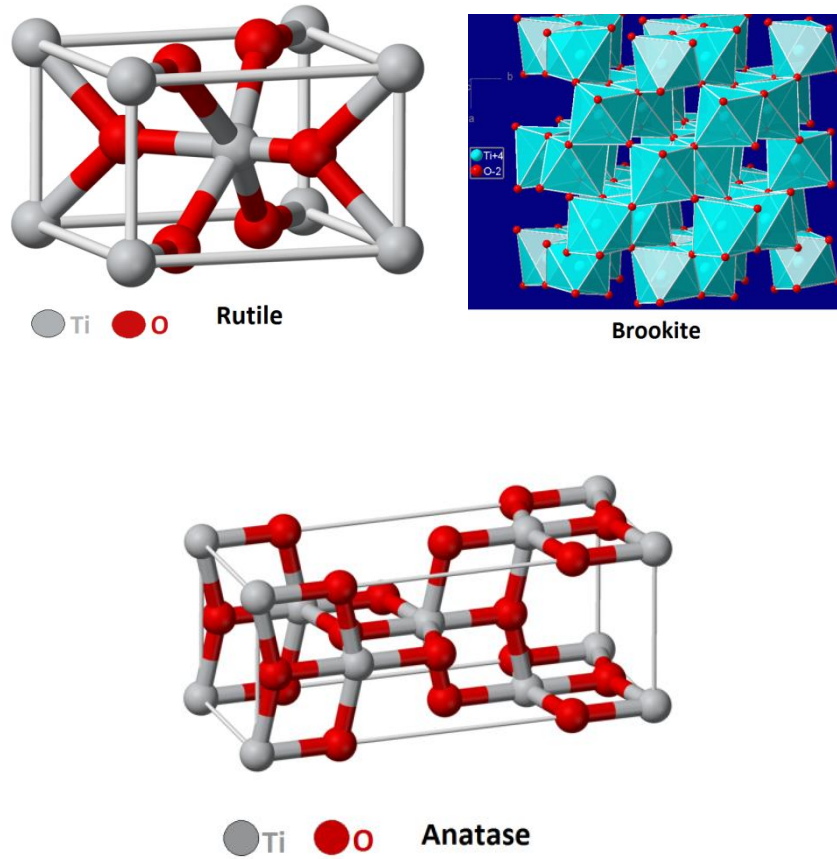
Titanyumun yüksek reaktif doğası, hem avantaj ve hem de dezavantajlara neden olmaktadır. Dökülmüş metalin oksitlenme ve gevrekleşmesinden kaçınmak için titanyum dökümünün vakum veya inert gazlı ortamda yapılması gerekmektedir. Atmosferdeki oksijenin çok düşük bir konsantrasyonuyla sağlanan az bir temas bile, dökülmüş metalin şekil verilebilirliğini ciddi şekilde kayba uğratabilir. Eriyik halindeki alaşım revetman (pota veya döküm duvarı) malzemesiyle ani reaksiyona girebilir. Buna önlem olarak uyumlu döküm malzemesi seçimine dikkat edilmesi ve döküm sonrası, revetman ile temas etmiş yüzeyin tasfiye edilmesi veya her iki önlemin birden uygulanması gerekmektedir. Sözü edilen yüksek reaksiyona meyilli olma özelliği aynı zamanda titanyumun arzu edilen birçok özelliğinin oluşumuna neden olmaktadır. Neredeyse anında oksit olarak, metal yüzeyinde yaklaşık 10 nanometre kalınlığında dirençli ve stabil oksit katmanı oluşur. Bu oksit katmanı kıymetli metallerde olduğu gibi yüksek bio-uyumlu bir yüzey ve korozyona karşı direnç özelliği sağlar. Ayrıca bu oksit katmanı porselene kaynaşma, polimere yapışma ve implantlarda plazma püskürtme veya çekirdek apatit ile kaplama yöntemlerine katkıda bulunmaktadır.

Karbon yüzdesi çok düşük ve hidrojen kırılması olmayan saf titan, demirden çok daha sağlamdır. Özgül kütlesinin çok düşük olması, alaşımlarının yüksek mekanik özellikler taşıması ve alaşım yapmamış metalinin yüzeyinde meydana gelen beyaz oksit ve nitrür tabakaları dolayısıyla korozyona karşı kusursuz bir direnç göstermesi nedeniyle titan, sanayide giderek daha yaygın kullanılmaktadır. Uçak ve uzay araçları yapımında kopma yükü/ özgül kütle oranının yüksekliğinden yararlanılarak ses üstü uçak gövdelerinin, reaktör organlarının, helikopter parçalarının, uzay kapsüllerinin hazırlanmasında kullanılır. Kimya sanayinde, korozyona karşı gösterdiği yüksek dirençten yararlanılarak özellikle klor ve klorlu ürünlerin üretiminde, sodyum klorür elektrolizinde kullanılan anotların yapımında, derişik nitrik asidin konulduğu kaplarda faydalanılır. Deniz suyu ve deniz ortamına karşı iyi bir direnç gösterdiğinden gemi inşasında, denizaltı araştırmalarında ayrıca hafifliği ve mekanik direncinden dolayı, otomobil yapımında ve silah sanayinde yararlanılır. Titan biyolojik bağışıklığı nedeniyle kemik protezi için uygun bir metaldir.

2.3.2 TiO₂'in Özellikleri

TiO₂, kristal ve amorf yapıda bulunmaktadır. Ayrıca, anataz, rutil ve brukit olmak üzere başlıca üç polimerik kristal yapıdadır. Anataz ve rutil tetragonal yapıda iken brukit ortorombik yapıya sahiptir. Hepsi oktahedral TiO₆ yapısını içermektedir, fakat bağ bağlanmaları farklıdır ve bu da fazların farklılığını göstermektedir. Örneğin rutilin latis sabitleri a=4.59, c=2,96 iken anatasın latis sabitleri a= 3.79 ve c=9.51'dir. Brukitte ise a= 5.43, b=9.16 ve c=5.13 olmaktadır.

Rutil yapısı, 2 ile 12 lineer zincirin birleşmesiyle oluşmaktadır. Bu lineer zincirlerin köşelerindeki oksijen atomlarının birleşmesiyle tetragonal yapı oluşmaktadır. Anataz yapısında, köşelerde oksijen atomu yoktur ve 4 kenarı da tetragonal'dir. Brukit kristal yapısında ise 3 kenarı oktahedron yapıdadır.



Şekil 1.9 Titanyumun rutil, brukit ve anataz olmak üzere üç kristal yapısı

TiO₂ başlıca hidrotermal ve sol-jel yöntemleri ile sentezlenmektedir. Anataz ve rutil formu birçok araştırmacı tarafından uzun süredir araştırılırken brukit fazının

özelliklerinin ve yapısının incelenmesi yenidir. Bu çalışmalarda farklı yöntemlerin denenmesiyle sentezlenen TiO₂ molekülündeki tanecik boyutunun, taneciklerin homojen dağılıp dağılmadığı gibi özellikleri kontrol etmek amaçlanmaktadır.

Morfolojinin kontrolü, tanecik boyutu, tanecik boyutu dağılımı, faz bileşimi ve TiO₂ taneciklerinin gözenek büyüklüğü TiO₂'in özelliklerini belirlemektedir.

En iyi özellikteki TiO₂ sentezlemek için sıcaklık, geri soğutma süresi, yüzey belirleyicisinin katılması, faz üzerinde HCl asidin etkisi, morfolojisi ve çevresel koşullar gibi özellikler taneciklerin tane büyüklüğünü etkilemektedir[15] .

Scherrer formülü kullanılarak X-ışını difraksiyonu enleme çizgisinden TiO₂'nin tane boyutu bulunur;

$$D = \frac{K\lambda}{\beta} \cos\theta$$

D: TiO₂'nin kristal boyutu

λ : X- ışınının dalga boyu (1.54 Å)

b: gerçek yarı pik genişliği

θ : Pik kitle merkezinin yarım difraksiyon açısı [16].

Ayrıca TiO₂, pigment, adsorban ve fotokatalitik özelliğinden dolayı fotokatalizör olarak kullanılmaktadır. Bu yapılar arasından anataz en fazla fotokatalitik özellik göstermektedir. Bu yüzden anataz yapısındaki TiO₂ güneş enerji sistemlerinde kullanılmaktadır. Ayrıca kendini temizleme ve süper hidrofilik olma gibi özellikleri de bulunmaktadır.

Rutil TiO₂, yüksek dağılma etkisinden dolayı UV ışığa karşı korumaya sahip beyaz renkli pigmenttir. Rutil modifikasyonu TiO₂'in en kararlı termodinamik yapısı olmaktadır [17] .

Anataz ve Rutil evrelerinin incelenmesi için 50 TiO₂/50 SiO₂ ince filmleri 660 °C'de 30 dakika süre ile sinterleme yapıldığında X-ışını difraksiyon patentinde anatas kristalleri ortaya çıkar. 950 °C'de anatas kristali rutil kristaline dönüşür. Dönüşüm ayrıca yüksek konsantrasyonlu TiO₂ bileşimlerinde daha hızlı gerçekleşir [18] .

Anataz formundaki TiO_2 katalizör, gaz sensörü, pigment ve zararlı kimyasalların parçalanmasını sağlayan fotokatalizör olarak kullanılmaktadır. Katalizör, tepkime hızını arttırarak tepkimenin kısa zamanda dengeye gelmesini sağlayan ve tepkime sonucunda kendisi değişime uğramayan maddedir. Bu tepkimeyi ışık ile gerçekleştiren katalizörlere ise fotokatalizör denilmektedir.

TiO_2 ; ZnO , WO_3 gibi metal oksitlere göre atık suyun temizlenmesinde daha çok kullanılmaktadır. TiO_2 'in avantajları; TiO_2 ucuzdur ve verimi yüksektir, atık suların toksitesini gidermede endüstri için çok önem taşımaktadır, Uygun yüzeylere uygulanabilmektedir. Kataliz işlemi çevre şartlarında meydana gelmektedir. Fotokatalizlenme esnasında ara ürün yoktur. Substratların oksitlenmesi sonucu CO_2 oluşmaktadır. Toz halindeki TiO_2 'in suya katılmasıyla veya bir yüzey üzerine kaplanması ile kirlilik özelliklerinin iyileştirilmesi gerçekleştirilebilmektedir. Fotokatalizleme ile aynı zamanda renk, koku, tat giderme, bakteri ve virüslerin ortadan kaldırılması başarılmıştır [19].

2.3.3 TiO_2 'in Anataz, Brukit ve Rutil Yapıları

Anataz kristalleri, dik piramid veya yassı şekillerdedir. Saydam, kırmızımsı ve sarımsı kahverenginde, kuvvetli saçılma sahiptir. Saf anataz %99.75 TiO_2 içermekte, geri kalanı ilmenittir(FeTiO_3). Brukit ve rutil ile polimorftur. Kırmızılaşınca kadar ısıtıldığında ise rutile dönüşür. Anataz sık sık paramorfizm ile tamamıyla rutile dönüşmüş olarak bulunmaktadır. Anataz, brukit gibi tipik olarak damarlarda veya Alpin tipi diye adlandırılan gnays ve şistler içindeki çatlaklarda yer alır. Bu yataklardaki, TiO_2 yan kayacın içinden geçen hidrotermal sular ile yıkanarak ayrılması sonucu türemiştir.

Brukit, tipik olarak ve sık sık, ince kristaller halinde gnayslardaki damarlarda ve şistlerdeki damarlarda bulunur. Bunlar Alpin tipi olarak anılır ve buralarda anatas, sfen, adularia, kuars, rutil, hematit, albit, muskovit, kalsit, klorit ile birlikte bulunur. Gevrek, kahverenginin çeşitli tonlarında ve siyah renktedir. Yarı saydamdır, %98.78 TiO_2 ile %1.43 ilmenit içerir. Rutil ve anataz'ın polimorfudur. Kor haline gelene kadar ısıtıldığında rutil'e dönüşür.

Rutil, anataz ve brukitten daha yaygındır. İnce kesitlerde rutil genellikle karakteristik kırmızı kahverengine sahiptir. Mineral tipik bir yüksek sıcaklık ürünüdür. Gnays ve

şistlerde yayılmıştır ve ham kayaç içeriği hem de özellikle Alp Tipi diye adlandırılan damarlarda kristaller halinde bulunur. Rutilin mikroskopik iğne şekilli kristalleri yeniden oluşum ürünü olarak kil ve şeyller içinde yaygındır. Rutil detritik kayaçlarda sık sık rastlanan ayrıca alüvyonları zenginleştiren bir plaser mineraldir. Saf rutile yaklaşık %98.96 TiO_2 ile birlikte %0.78 ilmenit ve diğer bazı karışımları içermektedir.

Görünümü genellikle ince iğne şeklinde kristaller halindedir. Kristaller uzunlamasına çizgilidir. Bazen kitleler şeklinde bulunur. Safir, kuars, manyetit, hematit, ilmenit ve flogopit içinde yönlü rutil kristallerine rastlanır.

Gevrektilir, dispersiyondan dolayı parlaklık kazanır, kırmızımsı kahverengi, bazen sarı veya siyah, nadiren mavi, yeşil renktedir. Saydamdır, çift kırılma çok büyüktür, saçılma yüksektir.

2.4 Hidrotermal Yöntem ile Nano Malzeme Sentezi

Hidrotermal terimi yüksek sıcaklık ve su basıncını konu alan bir bilim dalıdır [20]. Hidrotermal yöntemle madde sentezi için “otoklav” veya “bomb” denilen yüksek sıcaklık ve yüksek basınç cihazları kullanılmaktadır. Sıcaklık ve basınç değerlerindeki en yüksek veriler ise 1000 °C ve 500 MPa. dır. Şekil 1.9 de hidrotermal reaktörün iç kısmı ve reaktörü oluşturan parçalar görülmektedir.

Hidrotermal yöntemin sol-jel yönteminden farkı jelleşmeye geçmeden ara ürün yüksek basınç ve sıcaklık ortamına sokulur. Avantajları; nihai ürün genelde nano boyut mertebesinde ve homojendir. Proses süresi kısadır.

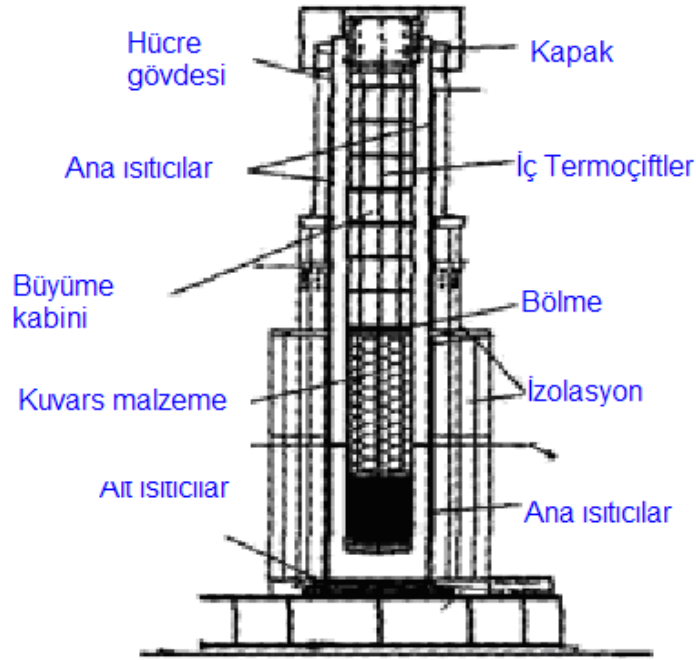
Dezavantajları; sentezleme ortamının hacmi küçüktür; yüksek basınç tehlike oluşturabilir. Si ve P dışında diğer metal alkoksitlerin hidroliz reaksiyonu hızlıdır. Reaksiyon hızlanması için katalizör kullanılabilir ama bu durumda homojen yapı da bozulabilir. Sentez hammadde fiyatları yüksektir. Kullanılan organik hammaddeler sağlığa zararlı olabilmektedir. Sinterleşmede büzülme ile hatalar oluşabilir.



Şekil 1.10 Hidrotermal ünite



Şekil 1.11 Hidrotermal reaktör



Şekil 1.12 Hidrotermal reaktörün iç kısmı ve reaktörü oluşturan parçalar

Hidrotermal deneyler için başlangıç maddeleri için gerekli şartlar vardır. Bu maddeler:

- bileşimi kesinlikle bilinmelidir
- oldukça homojen olmalıdır
- oldukça iyi kalitede olmalıdır

Hidrotermal yöntemiyle sentezlenen tozların diğer yöntemlerle sentezlenen tozlardan farkı:

tozlar direkt olarak solüsyon içinde oluşmaktadır

- tozlar anhidrid, kristalize veya amorf yapıdadır. Bu yapıların oluşumu hidrotermal yöntemde kullanılan sıcaklığa göre değişmektedir.
- Hidrotermal sıcaklıklar ayarlanarak tanecik büyüklüğü ayarlanabilir
- Başlangıç maddeleri ayarlanarak tanecik şekli kontrol edilebilir.
- Tozlar sinterlemede reaktif özellik gösterirler
- Çoğu durumda tozların kalsinasyon ve şekil verme işlemine gerek duyulmaz

BÖLÜM 3

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1 Sentez

Bor dop edilerek TiO_2 sentezinde Bor iki farklı Bor yapısı Boroksit ve Borikasit kullanılarak iki farklı giren ile sentez gerçekleştirildi.

Hidrotermal Yöntem İle Bor(Boroksit ve Borik Asit) Dop Edilmiş TiO_2 Sentezi

w/w=25 (ağırlıkça)

40 gr Ti için

Çizelge 2.1 B_2O_3 ve H_3BO_3 dop edilmiş TiO_2 nin uygulama oranları

Kompozisyon Adı	Su/Alkoksit Oranı (Mol)	pH
B_2O_3 dop edilmiş TiO_2	3.0	5.5
H_3BO_3 dop edilmiş TiO_2	3.0	5.5

Su/Alkoksit Oranı = 3,0 (Molce)

1- Man. karıştırıcıda 97,730 ml IPA içine 42,469 ml Tetrapropyl-orthotitanat ilave edildi, 15 dak. karıştırıldı

2a – 0,2 gr B_2O_3 hem man. karıştırıcıda hem ultrasonik banyoda su içinde/alkol içinde çözülerek 1 no.lu karışıma büret aracılığı ile damla damla ilave edildi, 15 dak. karıştırıldı

2b - 0,2 gr H_3BO_3 hem man. karıştırıcıda hem ultrasonik banyoda su içinde/alkol içinde çözülerek 1 no.lu karışıma büret aracılığı ile damla damla ilave edildi, 15 dak. karıştırıldı

3 – 27,923 ml IPA içine 6,483 ml H₂O katıldı ve bu karışım da 1 no.lu karışıma büret aracılığı ile damla damla ilave edildi, 15 dak. karıştırıldı

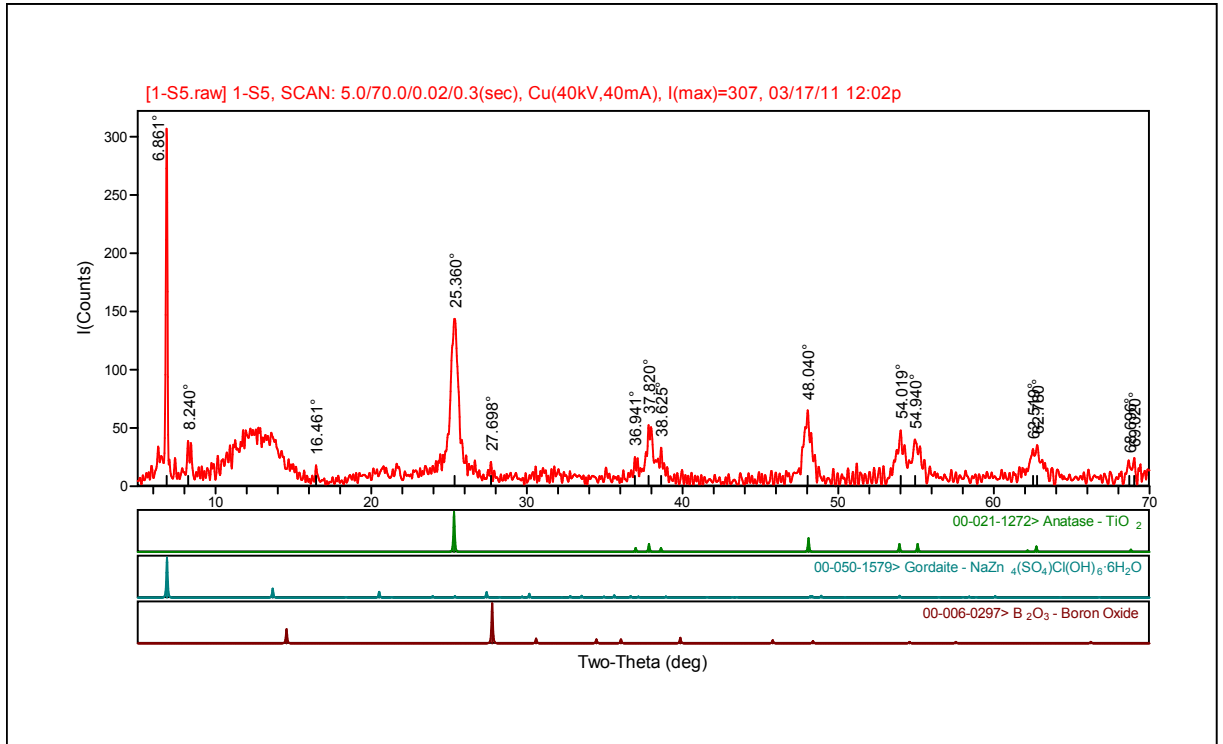
4 – Tüm çözelti 30 dak. karıştırıldıktan sonra PTFE (Teflon) kaplara aktarıldı 200 dercede 4 saat süresince yüksek sıcaklık ve yüksek basınç reaktöründe hidrotermal reaksiyona tabi tutuldu, 4 saat süre sonunda reaksiyon kapatıldı

5 – Kendi halinde oda sıcaklığına gelmesi için 1 gün beklenildi.

6 – Elde edilen çökelti por 4 filtresinden nuçe erleni kullanılarak vakumla önce saf alkolle sonra saf su ile iyice yıkandı.

7 – Vakum etüvünde 75 derecede 2 gün bekletilip kurutulduktan sonra analizler ve uygulamalar için kuvars havanda öğütölüp toz saklama kabına alındılar.

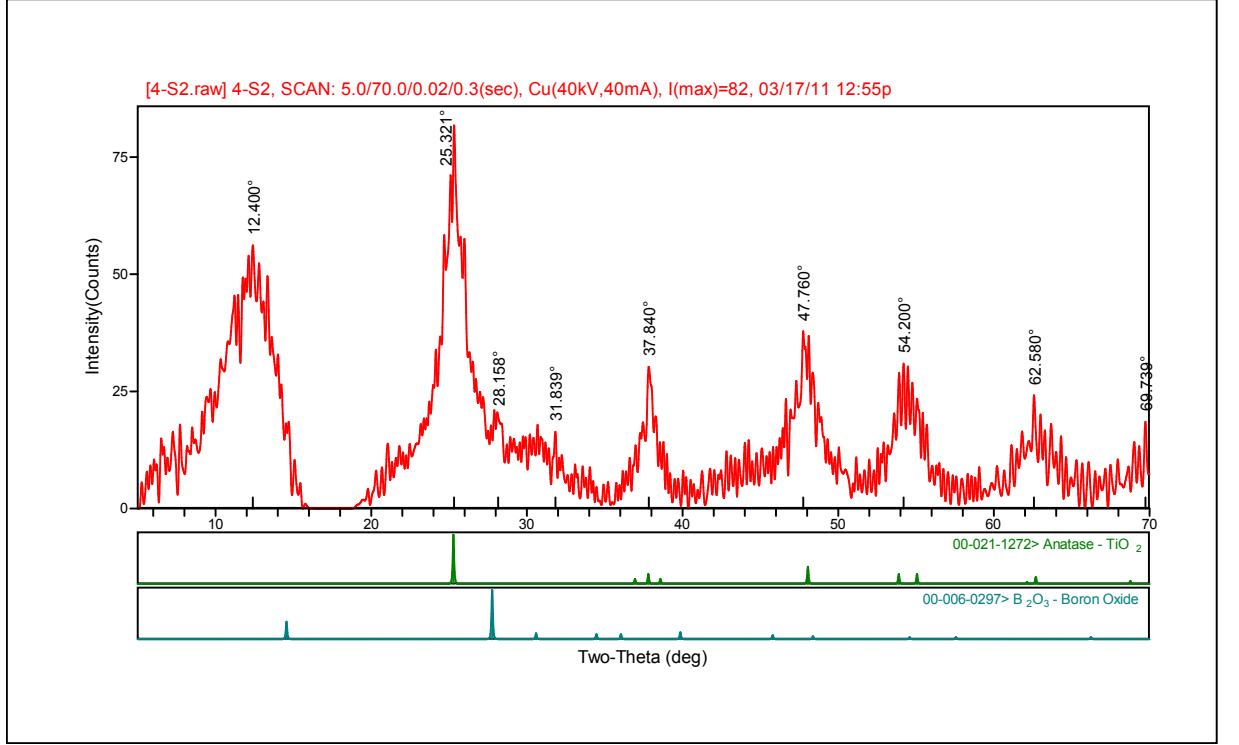
3.2 XRD Analizleri



Şekil 2.1 Bor Oksit katkısı ile Bor dop edilmiş TiO₂ XRD Analiz Sonucu

Şekilden en şiddetli pikler, 25.360;anataz TiO_2 ,27,696 ; B_2O_3 açıları ile ICDD tarafından oluşturulan JCPDS standartlarına göre 21-1272 JCPDS kart numarası uyumluluk göstermektedir.

Hidrotermal yöntem ile sentezlenen bileşikte TiO_2 anataz yapısında olduğu açıkça görülmektedir.



Şekil 2.2 Borik Asit katkısı ile Bor dop edilmiş TiO_2 XRD Analiz Sonucu

Şekilden en şiddetli pikler, 25.321;anataz TiO_2 ,26,168 ; H_3BO_3 açıları ile ICDD tarafından oluşturulan JCPDS standartlarına göre 21-1272 JCPDS kart numarası uyumluluk göstermektedir.

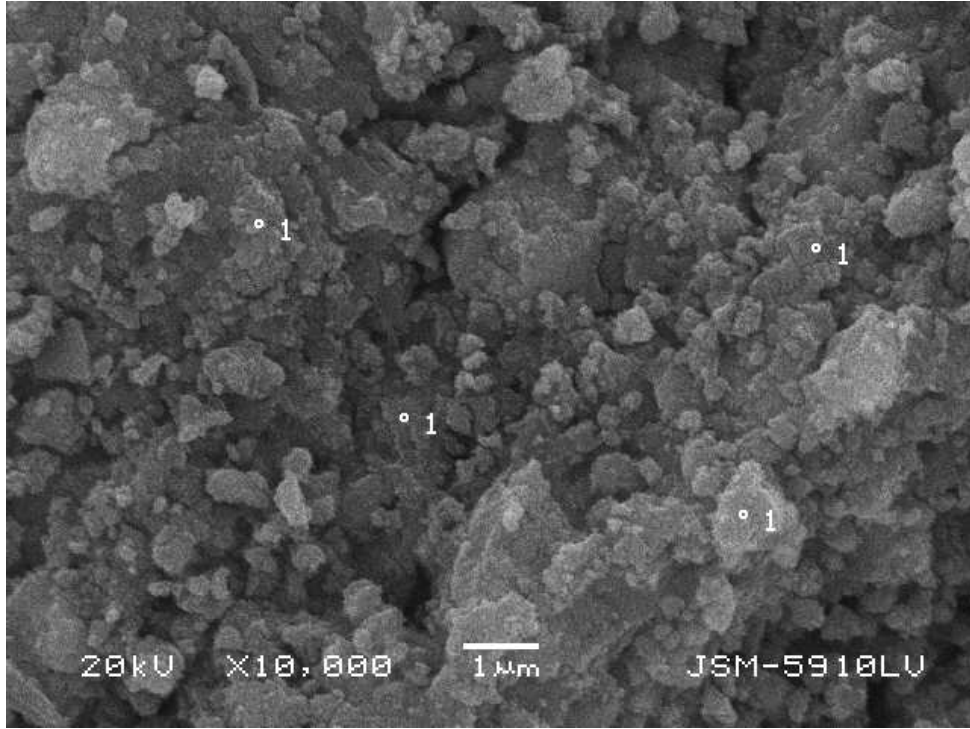
Hidrotermal yöntem ile B dop edilen bileşikte TiO_2 anataz yapısında olduğu açıkça görülmektedir.

H_3BO_3 ile B dop edilmiş yapının XRD pik genişliklerinin artması kristal ve tane boyutlarının küçük olduğunun göstergesidir.

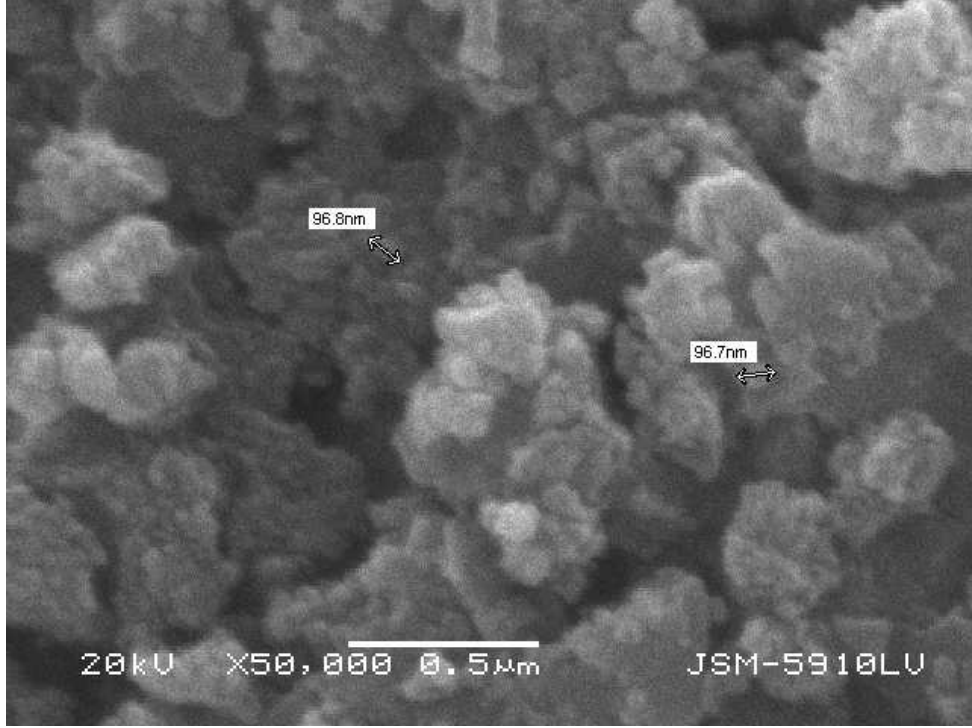
3.3 SEM Analizleri

Sol-jel ve hidrotermal yöntem ile sentezlenen B dop edilen TiO_2 tozlarının 20kVx50000 kadar büyütmelerdeki görüntülerini elde etmek amacıyla Jeol marka JSM-5910LV taramalı elektron mikroskobu cihazı kullanılmıştır.

3.3.1 B_2O_3 Dop Edilmiş TiO_2 SEM Analizi



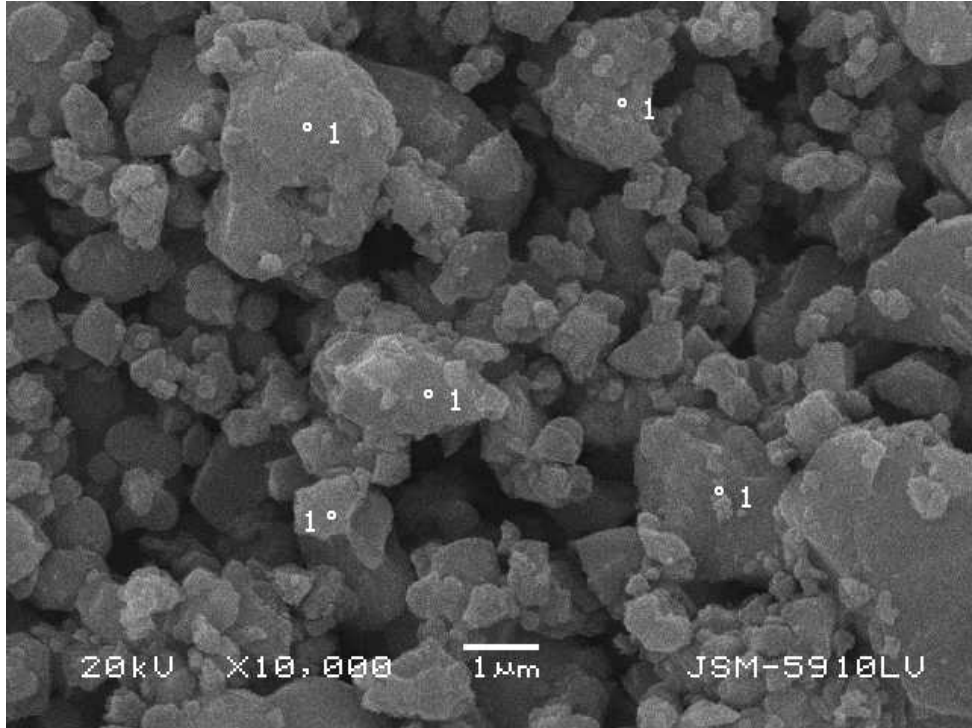
Şekil 2.3 B_2O_3 Dop Edilmiş TiO_2 in 20kVx10.000 SEM Görüntüsü



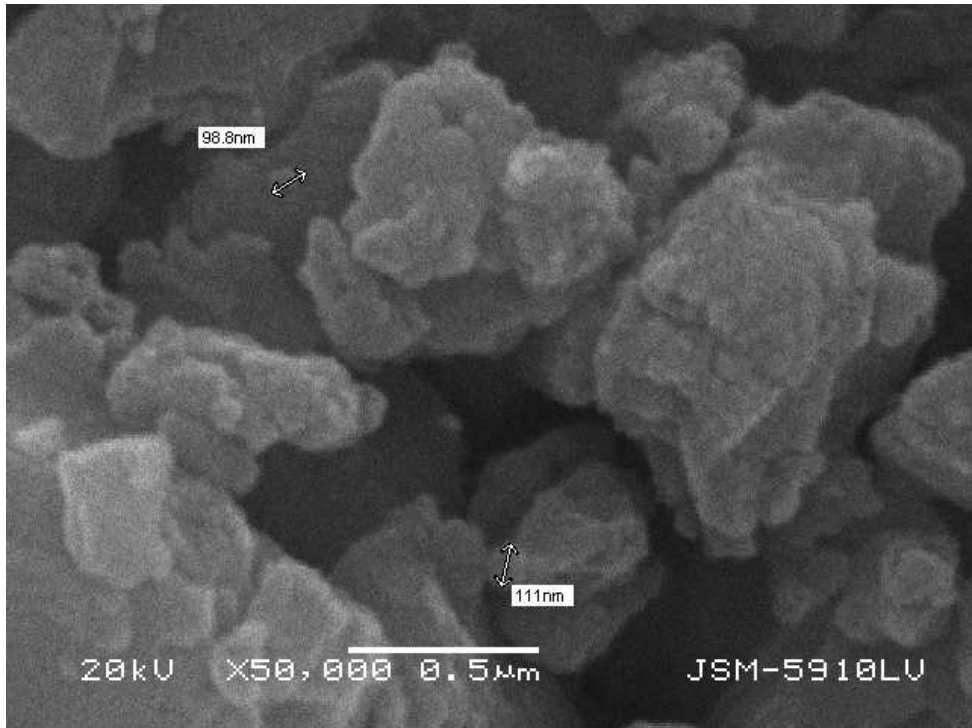
Şekil 2.4 B₂O₃ Dop Edilmiş TiO₂ in 20kVx50.000 SEM Görüntüsü

Şekil 2.4 de B₂O₃ Dop Edilmiş TiO₂ nin x50000 büyütmedeki SEM görüntüsü bulunmaktadır. Ölçülebilen tane boyutlarının 96-97 nm. aralığında olduğu görülmektedir.

3.3.2 H_3BO_3 Dop Edilmiş TiO_2 SEM Analizi



Şekil 2.5 H_3BO_3 Dop Edilmiş TiO_2 in 20kVx10.000 SEM Görüntüsü



Şekil 2.6 H_3BO_3 Dop Edilmiş TiO_2 in 20kVx50.000 SEM Görüntüsü

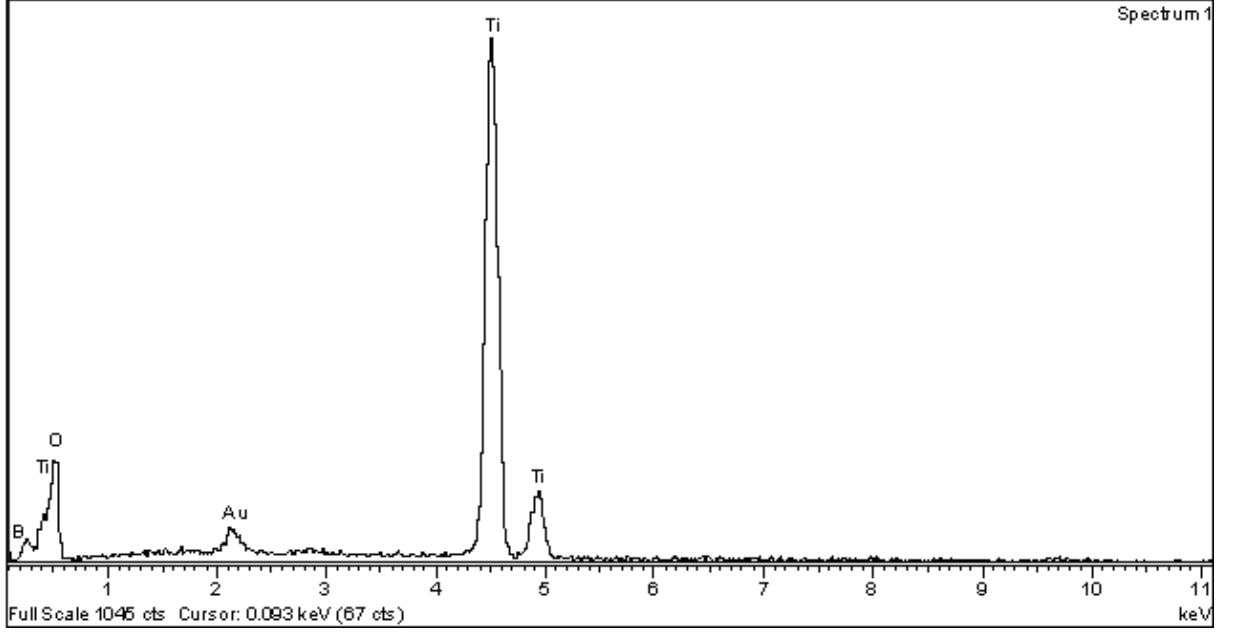
Şekil 2.6 de H_3BO_3 Dop Edilmiş TiO_2 nin x50000 büyütmedeki SEM görüntüsü bulunmaktadır. Ölçülebilen tane boyutlarının 96-111 nm. aralığında olduğu görülmektedir.

3.4 EDS Analizleri

3.4.1 B_2O_3 Dop Edilmiş TiO_2 EDS Analizi

Sample: $TiO_2+B_2O_3$
Type: Default
ID:

Spectrum	B	O	Ti	Total
Spectrum 1	19.01	39.37	41.62	100.0 0
Max.	19.01	39.37	41.62	
Min.	19.01	39.37	41.62	



Şekil 2.7 Sentezlenen B₂O₃ Dop Edilmiş TiO₂ EDS analiz sonucu

Şekil 2.7 de görüldüğü üzere EDS analizi sonucu Ti , B , O pikleri analiz sonucu elde edilmiştir.

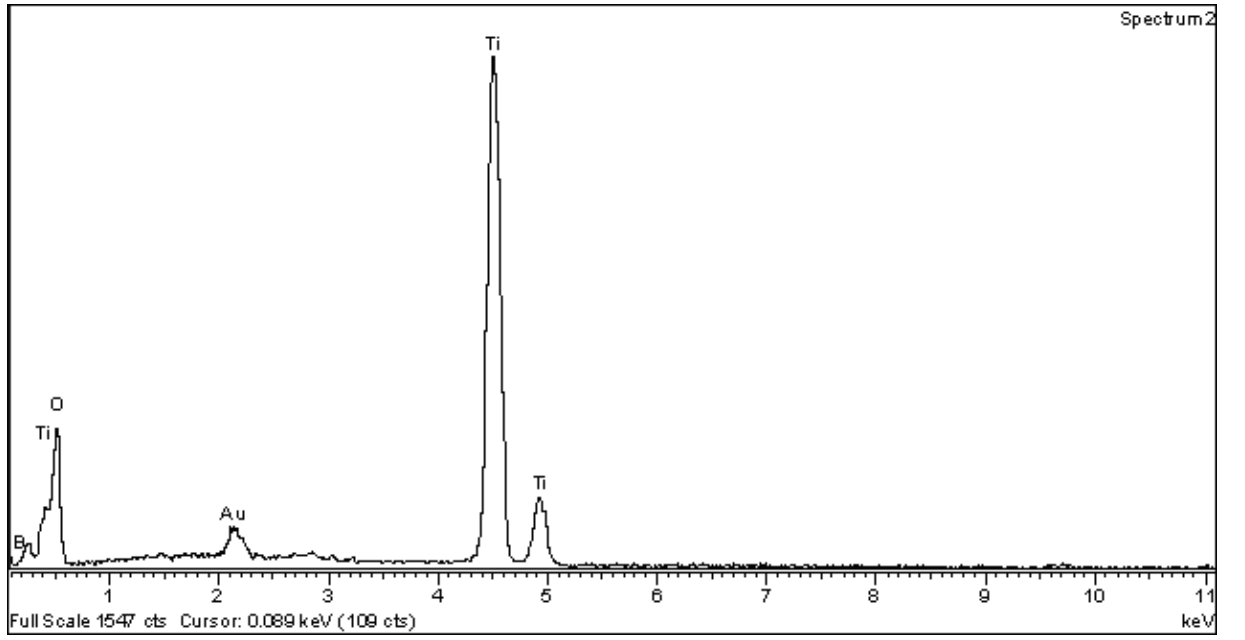
3.4.2 H₃BO₃ Dop Edilmiş TiO₂ EDS Analizi

Sample: HBO₃+TiO₂

Type: Default

ID:

Elementler	B	O	Ti	Total
Miktar (%)	20.83	41.73	37.4 4	100.00
Max.	20.83	41.73	37.4 4	
Min.	20.83	41.73	37.4 4	

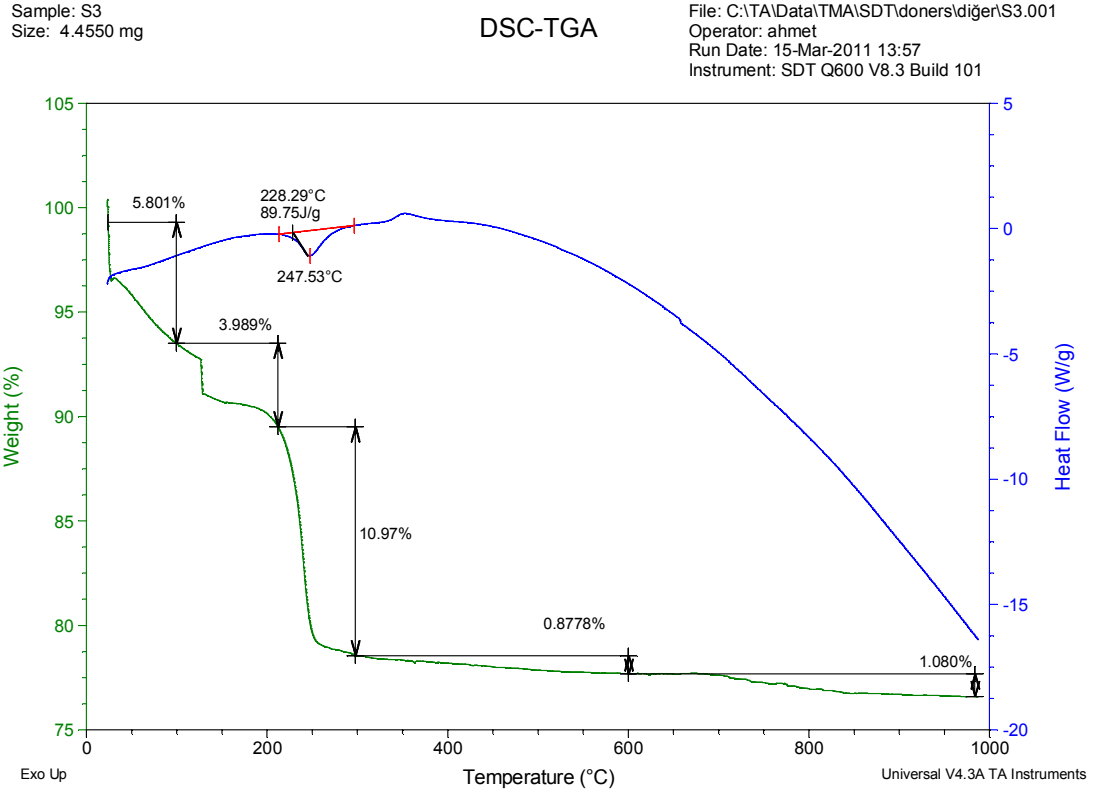


Şekil 2.8 Sentezlenen H_3BO_3 Dop Edilmiş TiO_2 EDS analiz sonucu

Şekil 2.8 de görüldüğü üzere EDS analizi sonucu Ti , B , O pikleri analiz sonucu elde edilmiştir.

3.5 DSC- TGA ANALİZLERİ

3.5.1 B₂O₃ Dop Edilmiş TiO₂ TGA Analizi



Şekil 2.9 B₂O₃ Dop Edilmiş TiO₂ DSC-TGA Analizi Sonucu

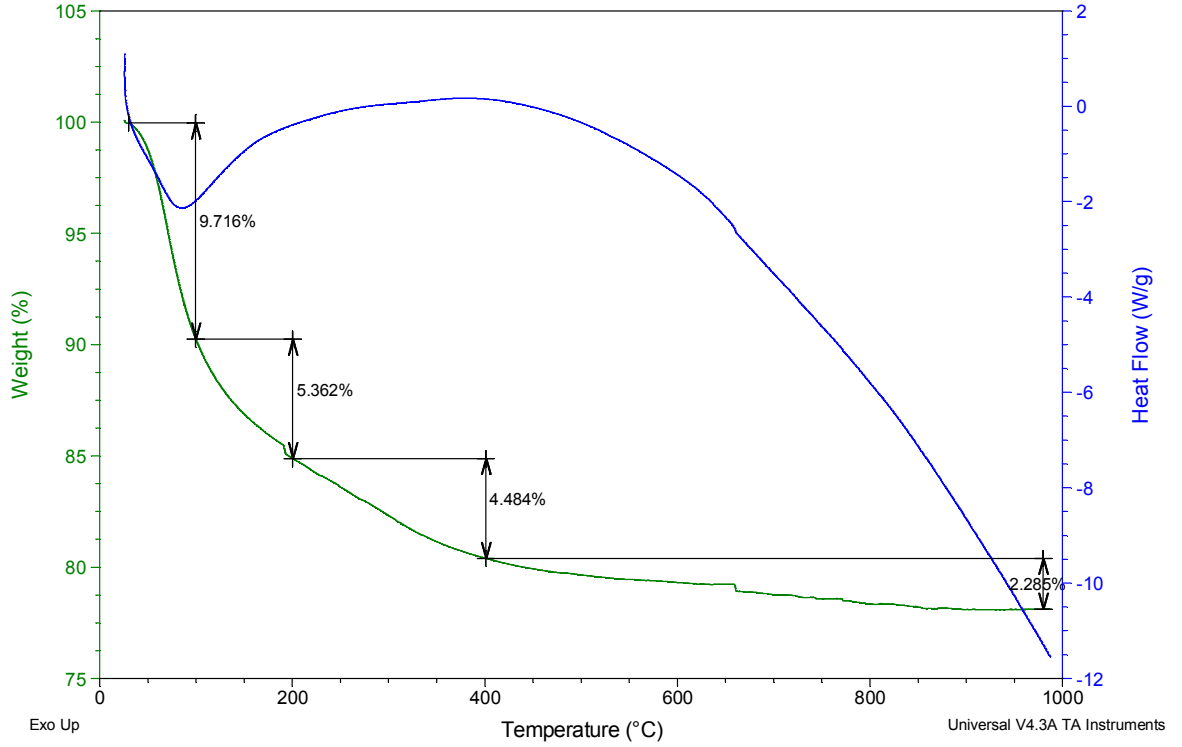
Şekil 2.9 B₂O₃ Dop Edilmiş TiO₂ TGA Analizinde 228,29 °C endotermik değişim Şekil 1.4 B₂O₃-H₂O sistemi faz diyagramındaki B₂O₃ geçişine paralellik göstermekte ve ispat niteliğindedir.

3.5.2 H₃BO₃ Dop Edilmiş TiO₂ TGA Analizi

Sample: S1
Size: 6.0730 mg

DSC-TGA

File: C:\TA\Data\TMA\SDT\doners\diğer\S1.001
Operator: ahmet
Run Date: 15-Mar-2011 10:06
Instrument: SDT Q600 V8.3 Build 101



Şekil 2.10 H₃BO₃ Dop Edilmiş TiO₂ TGA Analizi

Şekil 2.10 H₃BO₃ Dop Edilmiş TiO₂ TGA Analizinde 200 °C altındaki endotermik değişim Şekil 1.4 B₂O₃-H₂O sistemi faz diyagramındaki H₃BO₃ geçişine paralellik göstermekte ve ispat niteliğindedir.

BÖLÜM 4

SONUÇ VE ÖNERİLER

TiO₂ doplama işlemi günümüzde farklı bileşikler üzerinde devam ederken bu çalışmamızda Boroksit ile doplama yapılarak yanmazlık özelliği taşıyan tekstil ürünlerini geliştirmek maksadı ile yola çıkılmıştır. Bor Oksit B₂O₃-H₂O sistemi faz diyagramı gözümüze çarpmış ve faz geçişleri incelenmiştir. Faz geçişlerindeki iki farklı Bor kaynağının Borik Asit (H₃BO₃) ve Bor Oksit (B₂O₃) farklı sıcaklıklardaki faz duruşlarının bu doplamayı nasıl etkilediklerini bu çalışmamızda ispat edilmiştir. Analizleri inceleyerek çalışmamızın vardığı sonuçları birlikte değerlendirebiliriz .

Öncelikle XRD analiz sonuçlarına göre Şekil 2.1 Bor Oksit katkısı ile Bor dop edilmiş TiO₂ XRD Analiz Sonucu en şiddetli pikler, 25.360; anataz TiO₂ ,27,696 ; B₂O₃ açıları ile ICDD tarafından oluşturulan JCPDS standartlarına göre 21-1272 JCPDS kart numarası uyumluluk göstermektedir. Hidrotermal yöntem ile sentezlenen bileşikte TiO₂ in anataz yapısında olduğu açıkça görülmektedir.

Şekil 2.2 Borik Asit katkısı ile Bor dop edilmiş TiO₂ XRD Analiz Sonucu en şiddetli pikler, 25.321; anataz TiO₂ ,26,168 ; H₃BO₃ açıları ile ICDD tarafından oluşturulan JCPDS standartlarına göre 21-1272 JCPDS kart numarası uyumluluk göstermektedir. Hidrotermal yöntem ile Bor dop edilen bileşikte TiO₂ in anataz yapısında olduğu açıkça görülmektedir.

H₃BO₃ ile B dop edilmiş yapının XRD pik genişliklerinin artması kristal ve tane boyutlarının küçük olduğunun göstergesidir.

SEM analizleri Şekil 2.4 de B₂O₃ Dop Edilmiş TiO₂ nin x50000 büyütmedeki SEM görüntüsü bulunmaktadır. Ölçülebilen tane boyutlarının 96-97 nm. aralığında olduğu görülmektedir.

Bir diğer SEM analizi Şekil 2.6 de H₃BO₃ Dop Edilmiş TiO₂ nin x50000 büyütmedeki SEM görüntüsü bulunmaktadır. Ölçülebilen tane boyutlarının 96-111 nm. aralığında olduğu görülmektedir.

EDS analizlerinde ilk olarak Şekil 2.7 de görüldüğü üzere EDS analizi sonucu Ti , B , O pikleri analiz sonucu elde edilmiştir. Bir diğer EDS analizi ise Şekil 2.8 de görüldüğü üzere analiz sonucu Ti , B , O pikleri analiz sonucu elde edilmiştir.

Bu çalışmamızda Şekil 1.4 B₂O₃-H₂O sistemi faz diyagramında Borik Asit(H₃BO₃) ve Bor Oksitin (B₂O₃) faz geçişleri belirlenmiştir . TiO₂ de Bor dop ederken kullandığımız bu iki bileşik sıcaklık faz geçişlerinin bu durumu DSC-TGA analizinde ispatlanmıştır.

Öyle ki ilk olarak Şekil 2.9 B₂O₃ Dop Edilmiş TiO₂ TGA Analizinde 228,29 °C endotermik değişim Şekil 1.4 B₂O₃-H₂O sistemi faz diyagramındaki B₂O₃ geçişine paralellik göstermekte ve ispat niteliğindedir.

Bir diğer DSC-TGA analizi Şekil 2.10 H₃BO₃ Dop Edilmiş TiO₂ TGA Analizinde 200 °C altındaki endotermik değişim Şekil 1.4 B₂O₃-H₂O sistemi faz diyagramındaki H₃BO₃ geçişine paralellik göstermekte ve ispat niteliğindedir.

KAYNAKLAR

-
- [1] Çıracı S., (2005),Fizik Bölümü, Bilkent Üniversitesi, Türkiye’de Nanoteknoloji, Bilim ve Teknik Dergisi Eki , 4-5 .
 - [2] Bayındır M., (2005), Türkiye’de Nanoteknoloji Bilim ve Teknik Massachusetts Teknoloji Enstitüsü .
 - [3] Kimya Sanayii Özel İhtisas Komisyonu,(2006).Dokuzuncu Kalkınma Planı ”Bor Oksit ” , Ankara.
 - [4] Sümer G. ,(2004) , “Bor Bileşikleri”, Uluslararası Bor Sempozyumu,Eskişehir.
 - [5] Balıkesir Üniversitesi,Bor Oksit ,<http://bor.balikesir.edu.tr/bor.html> , 18 Nisan 2011
 - [6] Wikipedia , Borik Asit , http://tr.wikipedia.org/wiki/Borik_asit , 12 Haziran 2011
 - [7] Taşcıoğlu, S., (1992) ,Bor ve Silisyum Kimyası,Marmara Üniversitesi Yayınlan, İstanbul.
 - [8] Saniz K. ve Nuhoğlu L.,(1992). Endüstriyel Hammadde Yatakları ve Madenciliği, Anadolu Üniversitesi Yayın, 636, 61
 - [9] Joo C.,Werner ve Zwanziger U. ve Zwanziger J.W. ,(2000) , The Ring Structure of Boron Trioxide Glass, Journall of Non-Crystalline Solids, 261, 282-286.
 - [10] Adams R.M.,(1964). Compounds and Publisher, 60-89. Boron, Métallo- Boron Boranes, Interscience
 - [11] Moe J.K. ,(1969), The structure of Vitreous and Liquid Boron Oxide, J. Of Non-Crystalline Solids 1: 269-284.
 - [12] Töre I. ve Ay N. ,(2004),Amorf Bor Oksit Eldesi ve Karakterizasyonu , Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
 - [13] Acarkan N. ,(2004) , Bor Ürün Çeşitleri ve Kullanım Alanları ,İstanbul Teknik Üniversitesi , İstanbul
 - [14] Eti Maden İşl.Gen.Müd. , Eti Maden Bor İşletme Müdürlükleri ve Ürünleri Verileri Raporu,(2005).
 - [15] Bhave R.C., Lee B.I., (2007), Experimantal variables in the synthesis of brookite phase TiO₂ nanoparticles , Materials Science and Engineering A, 467, 146-149

- [16] Venkatachalam N.,(2007), Sol-Gel Preparation and Characterization of Nanosize TiO_2 , Materials Chemistry and Physics .
- [17] Khanna P.,Singh K., Shobbit C., (2007), Synthesis of nano-particles of anatase- TiO_2 and preparation of optically transparent film in PVA, Centre for Materials for Electronics Technology, 61, 4725- 4730
- [18] Avcıata O.,(2009),Nano Tozların Sentezi ve Karakterizasyonu, Yıldız Teknik Üniversitesi , Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi ,İstanbul .
- [19] Matthews R.W., (1993), In Photocatalytic Purification and Treatment of Water and Air, Ollis D.F., Al-Ekabi H.,Elsevier ,Amsterdam .
- [20] Yoshimura M. ,(2001), Handbook of Hydrothermal Technology, William Andrew Publishing, U.S.A.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Serkan USTA
Doğum Tarihi ve Yeri :18/04/1978
Yabancı Dili :İngilizce
E-posta :fatihserkanusta@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Kimya	Yıldız Teknik Üniversitesi	2000
Lise	Fen	Dr. Kemal Naci Ekşi Lisesi	1995

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2010	Usta İç ve Dış Tic. Ltd. Şti.	Kurucu Yönetici
2005	Çalık Holding	Satış Yöneticisi
2002	Unilever	Kalite Güvence Uzmanı

YAYINLARI

Proje

1.YULAP Projesi