

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ө.А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты

Материалтану, нанотехнологиялар және инженерлік физика кафедрасы

Кенгесбаева Динара Таранқызы

«Магнетронды тозаңдату арқылы  $TiO_2$  алу және олардың оптикалық сипаттамаларын зерттеу»

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

5B072300 – «Техникалық физика» мамандығы

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ө.А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты

Материалтану, нанотехнологиялар және инженерлік физика кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

«МНЖИФ»

кафедра

меңгерушісі т.ғ.к.

\_\_\_\_\_ У.К. Какимов

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 ж.

### **ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС (ЖОБА)**

«Магнетронды тозаңдату арқылы  $TiO_2$  алу және олардың оптикалық сипаттамаларын зерттеу»

5B072300 – «Техникалық физика» мамандығы

Орындаған:

Кенгесбаева Д.Т

Пікір беруші:

PhD аға оқытушы

\_\_\_\_\_ Кудайберген К.К

Ғылыми жетекшісі:

PhD доктор

\_\_\_\_\_ Бейсенов Р.Е.

«\_\_\_» мамыр 2022 ж.

«\_\_\_» мамыр 2022 ж.

Алматы 2022

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ө.А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты

Материалтану, нанотехнологиялар және инженерлік физика кафедрасы

5B072300 – «Техникалық физика» мамандығы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

«МНЖИФ»

кафедра

меңгерушісі т.ғ.к.

\_\_\_\_\_ У.К. Какимов

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 ж.

**Дипломдық жұмыс  
орындауға ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Кенгесбаева Динара Таранқызы

Тақырыбы: «Магнетронды тозаңдату арқылы  $TiO_2$  алу және олардың оптикалық сипаттамаларын зерттеу»

Университет ректорының «24» қаңтар 2022 ж. №489- бұйрығымен бекітілген Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі « 23 » мамыр 2022 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1)  $TiO_2$  туралы мәлімет , 2)  $TiO_2$  алу жолдары ,

3) Магнетронды бүрку арқылы  $TiO_2$  алу әдісі

2) Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер:

а)  $TiO_2$  құрылымы , қасиеттері , қолдану аясы

б)  $TiO_2$  алу әдістері

в) Магнетронды тозаңдату арқылы  $TiO_2$  алу және олардың оптикалық сипаттамаларын зерттеу.

Алматы 2022

Дипломдық жұмысты дайындау  
**КЕСТЕСІ**

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдер	Ескертулер
Әдеби шолу	02.02.2022 - 28.02.2022	
Тәжірибелік бөлім	28.03.2022 – 25.04.2022	
Дипломдық жұмысты алдын – ала қорғау	23.05.2022	

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа (жобаға) қойған **қолтаңбалары** (жұмысқа қарасты тараулардың нұсқаумен)

Бөлім атауы	Кеңесшілер, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Әдеби шолу	Р.Е. Бейсенов , PhD докторы		
Тәжірибелік жұмыстар	К.П. Аймағанбетов , Физика- техникалық институттың кіші ҒЫЛЫМИ ҚЫЗМЕТКЕРІ		
Нормоконтролер	А.Б. Телешева , PhD докторы		

Ғылыми жетекші \_\_\_\_\_ Бейсенов Р.Е.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы \_\_\_\_\_ Кенгесбаева Д.Т.

Күні « » \_\_\_\_\_ 2022 ж

Алматы 2022

## АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс кіріспеден, негізгі бөлімнен, тапсырмадан, нәтижелерден, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыстың жалпы көлемі 46 бет, 40 сурет және 4 кесте, 4 тарау, 42 пайдаланылған әдебиет көздері бар.

Дипломдық жұмыстың мақсаты – магнетронды тозаңдату әдісі арқылы титани диоксидін алу және оның жұқа қабықшаларының фотокаталитикалық, құрылымдық, оптикалық қасиеттерін зерттеу. Бірнеше зерттеу әдістерін пайдалану:

- Фотокаталитикалық белсенділік
- Сканерлеудің электронды микроскопиясы
- Атомдық күштің микроскопиясы
- Оптикалық зерттеу әдістері (сіңіру және беру спектрлері)
- Рентгендік құрылымдық талдау

Зерттеу нәтижесінде магнетронды тозаңдату әдісімен алынған титан диоксидіне тиімді параметрлер анықталды, барынша тиімді жүргізуге әсер ететін факторлар зерттелді.

Жұмыстың өзектілігі: Қоршаған орта ластануының артуына себепкер болып тұрған жаңартылмайтын энергия көздерін шектен тыс пайдалануға мәжбүрлейтін индустрияландырудың артуы. Қазіргі таңда болашақтың отыны ретінде сутегіні қолдану зерттелуде. Технологиялық тұрғыдан қарастырсақ ең қарапайым жолы фотокаталитикалық суды ыдырату арқылы сутегін алу, оның шығыны аз, шығатын газдар экологияға зиянды емес. Қоршаған ортада титан диоксидінің кристалдық үш түрлі құрылымы бар: брукит, рутил және анатаз. Кристалдық құрылымдағы анатаз түрі титан диоксид сутегі эволюциясының фотокаталитизаторы ең көп таралған. Алайда бұның бір кемшілігі оны көрінетін жарық спектрінде қолданылмайды. Нәтижесінде наносөлшемді қалыңдығы бар 2D құрылымдарын жасау, оларды әртүрлі қоспалармен легирлеу сіңіру спектрлерінің көрінетін аймаққа ауысуына алып келеді.

## АННОТАЦИЯ

Диссертация состоит из введения, основной части, задания, результатов, заключения, списка литературы. Общий объем работы составляет 46 страниц, 40 рисунков и 4 таблицы, 4 главы, 42 библиографии.

Цель дипломной работы – получение диоксида титана методом магнетронного напыления и исследование фотокаталитических, структурных, оптических свойств его тонких пленок. С помощью нескольких методов исследования:

- Фотокаталитическая активность
- Электронная сканирующая микроскопия
- Атомно-силовая микроскопия
- Оптические методы исследования (спектры поглощения и пропускания)
- Рентгеноструктурный анализ

В результате исследования определены эффективные параметры диоксида титана, полученного методом магнетронного напыления, изучены факторы, влияющие на наиболее эффективное проведение.

Актуальность работы: Усиление индустриализации, вынуждающее к чрезмерному использованию невозобновляемых источников энергии, что приводит к усилению загрязнения окружающей среды. В настоящее время изучается использование водорода в качестве топлива будущего. С технологической точки зрения наиболее простым способом является получение водорода путем разложения фотокаталитической воды, его расход невелик, выхлопные газы не вредны для окружающей среды. В окружающей среде диоксид титана имеет три различные кристаллические структуры: брустит, рутил и анатаз. Тип анатаза по кристаллической структуре – диоксид титана. Самый распространенный фотокатализатор выделения водорода. Однако одним из его недостатков является то, что он не используется в видимом спектре света. В результате создание двумерных структур наноразмерной толщины, легирование их различными добавками приводит к переходу спектров поглощения в видимую область.

## **ABSTRACT**

The dissertation consists of an introduction, main part, task, results, conclusion, list of references. The total volume of the work is 46 pages, 40 figures and 4 tables, 4 chapters, 42 bibliographies.

The purpose of the thesis is to obtain titanium dioxide by magnetron sputtering and study the photocatalytic, structural, optical properties of its thin films. With the help of several research methods:

- Photocatalytic activity
- Electronic scanning microscopy
- Atomic force microscopy
- Optical research methods (absorption and transmission spectra)
- X-ray diffraction analysis

As a result of the study, the effective parameters of titanium dioxide obtained by magnetron sputtering were determined, and the factors influencing the most efficient conduction were studied.

Relevance of the work: Strengthening industrialization, forcing the excessive use of non-renewable energy sources, which leads to increased environmental pollution. The use of hydrogen as the fuel of the future is currently being studied. From a technological point of view, the simplest way is to obtain hydrogen by decomposition of photocatalytic water, its consumption is low, and exhaust gases are not harmful to the environment. In the environment, titanium dioxide has three distinct crystal structures: brucite, rutile, and anatase. The type of anatase according to the crystal structure is titanium dioxide. The most common photocatalyst for hydrogen evolution. However, one of its drawbacks is that it is not used in the visible light spectrum. As a result, the creation of two-dimensional structures of nanoscale thickness, doping them with various additives leads to the transition of the absorption spectra to the visible region.

## КІРІСПЕ

**Ғылым мен қоғамдағы әсері мен маңызы.** Титан диоксидін ХХ ғасырдың басында қолданыла бастады. Титан диоксидін пластик пен қағазға арналған толтырғыш ретінде, косметикада, әсіресе күн сәулесінен қорғайтын кремдерде, тамақ өнеркәсібінде, күн панельдерінде, зиянсыз тотығу материалдарын жасауда, герметик формулаларындағы ингредиент үшін, жабындарды жасауда қолданылды, себебі ең көп қолданылатын титан қосылысы бұл титан диоксиді болды. Көптеген жылдар бойы өнеркәсіптерде титан диоксидінің шығыны 4% - 6% - ға артып отырады. Бояу өнеркәсібінде жылына титан диоксидін пайдалану 2% - дан аз емес. Қағаз өнеркәсібінде орта есеппен 1кг қағаз жасау үшін 1.4 кг  $TiO_2$  кетеді[1]. Ғалымдар мен зерттеушілер көптеген жылдар бойы пайдалы жолдарын табуға тырысты. Зерттей келе жартылай өткізгіш титан диоксиді шығынның аздығын, қоғамға зиян еместігін, фотоиндукцияланған коррозияға төзімділігі жоғары екенін, өңдеу жолдарның әр түрлі қарапайымдылығы мен ерекшеліктеріне байланысты катализаторды тасымалдаушы ретінде анықталды.  $TiO_2$  наноұнтақтары сулы фазада суспензия түрінде қолданылады. Қатты фазаларды қыздырғанда брукит пен анатаз рутилге айналып кетеді, өйткені олардың тығыздықтары төмен болғандықтан. Бұлардың практикалық қолданылулары тазарту сатысындағы бөлу мәселелеріне байланысты қысқартылған. Бұл жұқа қабықшалар фотокатализ үшін жақсы электрохимиялық, фотокаталитикалық қасиеттерге ие. Бүгінгі зерттеулер арқасында фотокатализ табиғатты қалпына келтіру, суды фотоыдырату әдісімен сутегі алу, өзін-өзі тазартатын көзілдірік үшін қолданылып келеді. Титан диоксид жұқа қабықшалары бояғыш ластаушы заттарды ыдырату мақсатында пайдалануға да болады. Титан диоксид жұқа қабықшаларының фотокаталитикалық белсенділігі сонымен қатар қалыңдық, беттің кедір-бұдыры, түйіршік немесе бөлшектердің өлшемі, кеуек өлшемдерінің таралуы және қабықшаның кеуектілігі сияқты текстуралық қасиеттерге байланысты болады. Оптика және фотокатализ үшін титан диоксидінің негізгі кемшілігі тек жақын ультракүлгін сәулелену әрекетіндегі белсенділігі болып келеді. Жер бетіне түсетін бүкіл күн спектрінің тек 5% - ын құрайды. Ғалымдар өз зерттеулерінде күн жүйесінің 50% - ын алып жатқан көрінетін жарыққа қолайлы ету үшін  $TiO_2$  диапазонын кем дегенде 0.7 эВ-қа теңестіріп көрді. Жолақ аралығын тарылтудың бұл тәжірибесі фотокатализдегі күн спектріні мүмкіндігінше арттырады. Гетерофазалық құрылымдарды құру арқылы титан диоксидінің фотокаталитикалық, оптикалық қасиеттерінің тиімділігін арттыруға болады[2].



## МАЗМҰНЫ

	<b>КІРІСПЕ</b>	
<b>1</b>	<b>ТiO<sub>2</sub> ЖӘНЕ ОНЫ ПАЙДАЛАНУ АЙМАҒЫ</b>	<b>10</b>
1.1	Титан диоксидіне анықтама	10
1.1.1	Титан диоксидінің кристалдық құрылымы	10
1.1.2	Титан диоксидін алу әдістері	15
1.1.3	Титан диоксидінің нанотүтіктері	16
1.2	Фотокатализ және оның түрлері	17
1.2.1	Фотокаталитикалық әдіс және ғылыми белсенділік	18
1.3	Асыл металлдардың TiO <sub>2</sub> фотокаталитикалық реакциясына әсері	21
1.4	Титан диоксидін пайдалану аймағы	22
<b>2</b>	<b>ЭКСПЕРИМЕНТАЛДЫҚ БӨЛІМ</b>	<b>25</b>
2.1	Титан диоксидінің жұқа қабықшаларын дайындау әдісі	25
2.2	Магнетронды тозаңдату арқылы TiO <sub>2</sub> алу	26
2.3	Титан диоксидінің оптикалық қасиеттерін зерттеу әдісі	28
2.4	Зерттеу әдістері	28
<b>3</b>	<b>НӘТИЖЕЛЕРІН ТАЛҚЫЛАУ</b>	<b>31</b>
3.1	Титан диоксиді жұқа қабықшаларының оптикалық қасиеттерінің сипаттамасы	31
3.2	Титан диоксид қабықшаларының Раман спектріне сипаттамасы	35
3.3	Титан диоксид жұқа қабықшаларының морфологиясының сипаттамасы	36
3.4	Титан диоксид қабықшаларының құрылымы	40
3.5	Фотокаталитикалық белсенділіктің сипаттамасы	41
3.6	АКМ әдісімен TiO <sub>2</sub> қабатының тұндыру жылдамдығын анықтау	42
<b>4</b>	<b>ҚОРЫТЫНДЫ</b>	<b>43</b>
	<b>ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ</b>	<b>44</b>

# 1 TiO<sub>2</sub> ЖӘНЕ ОНЫ ПАЙДАЛАНУ АЙМАҒЫ

## 1.1 Титан диоксидіне анықтама

Титан диоксиді (TiO<sub>2</sub>) – кең таралған өнімдердің кең ауқымында айқын бояғыш ретінде пайдаланылатын ашық ақ зат. Сондай-ақ оның климаттың өзгеруімен күресу және тері қатерлі ісігінің алдын алу үшін өте пайдалы және маңызды ингредиент ететін бірқатар аз белгілі қасиеттер бар. Ультра ақ түсі, жарықты шашырату қабілеті және ультракүлгін сәулелеріне төзімділігі үшін бағаланған TiO<sub>2</sub> - біз күнделікті көретін және қолданатын жүздеген өнімдерде пайда болатын, экономикамызға және жалпы өмір сапасына айтарлықтай пайда әкелетін танымал ингредиент. Оның ультра ақ түсі, жоғары сыну және ультракүлгін сәулелеріне төзімді қасиеттері TiO<sub>2</sub>-ні өнеркәсіптік және тұтынушылық секторлар арасында өте танымал етеді, адамдар күнделікті қолданатын және көретін ондаған өнімдерде пайда болады. Бояулардан, каталикалық жабындардан, пластмассалардан, қағаздан, фармацевтикадан және күннен қорғайтын кремдерден басқа, кейбір аз танымал қолданбаларға қаптамалар, коммерциялық басып шығару сиялары, басқа косметика, тіс пасталары және тағам кіреді [3]. Бояуларда арнайы пигмент ретінде пайдаланылған кезде, TiO<sub>2</sub> титан ақ, Пигмент ақ 6 немесе CI 77891 деп аталады. Ол сондай-ақ күшті, таза ағартқыш қасиеттеріне байланысты «мінсіз ақ» немесе «ең ақ» деп аталады. Құрамында титан бар молекулалардан таза титан диоксиді қалай алынатыны бастапқы минералды рудалардың немесе шикізаттың құрамына байланысты. Таза TiO<sub>2</sub> алу үшін екі әдіс қолданылады: сульфатты процесс және хлоридті процесс. Титан диоксидінің негізгі табиғи көзі 45-60% TiO<sub>2</sub> бар өндірілген ильменит кені болып табылады. Бұдан немесе байытылған туындыдан сульфатты немесе хлоридті процесті пайдаланып таза TiO<sub>2</sub> алуға болады. Мырыш оксиді (ZnO) ақ пигмент ретінде де қолданылады, бірақ онша тиімді емес. Титан диоксиді қазір жаһандық қолданудағы ең көп таралған пигменттердің бірі болып табылады және көптеген бояу түстерінің негізі болып табылады. Ол сонымен қатар жабындар мен пластмассаларда кездеседі. Титан диоксидінің бұл қолданылуы оның жаһандық пайдалануының 50 пайызынан астамын құрайды. Оның жоғары сыну көрсеткіші пигмент ретінде көрінетін жарықты шашырата алатынын білдіреді. Бұл мөлдір емес түске әкеледі және бетке қолданғанда немесе өнімге қосылғанда жарқын, шағылысатын сапаны жасайды [4]. Бұл қолданбаларда оны пайдаланудың негізгі мысалы - қолайлы ақ түсті және ультракүлгін сәулеленуден қорғауды қамтамасыз ететін жел турбиналары үшін жабын ретінде. Дәл осындай себептермен ол пластикалық терезе жақтауларында да кездеседі.

## 1.1 Титан диоксидінің кристалдық құрылымы

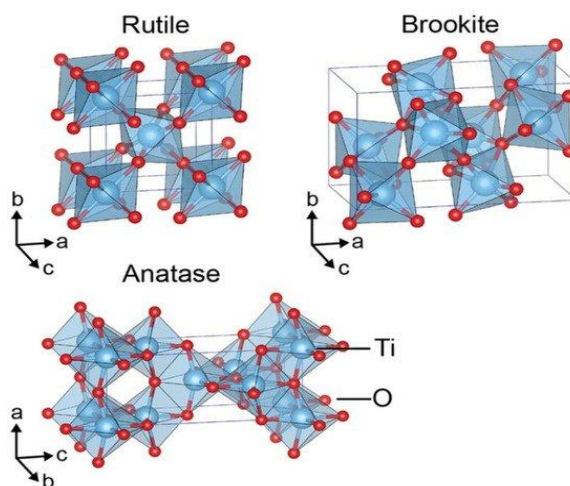
Барлық үш негізгі диоксидте титан алты оксид анионымен байланысқан октаэдрлік геометрияны көрсетеді. Оксидтер өз кезегінде үш Ti орталығымен

байланысады [5]. Рутилдің жалпы кристалдық құрылымы симметрияда тетрагональды, ал анатаза мен бруцит орторомбты. Оттегінің ішкі құрылымдары тығыз қаптаманың барлық шамалы бұрмаланулары болып табылады: рутилде оксид аниондары бұрмаланған алтыбұрышты тығыз орамда орналасады, ал анатазада олар текшелік тығыз орамға және бруцит үшін «қос алтыбұрышты тығыз орамға» жақын [6]. Рутил құрылымы басқа металдардың диоксидтері мен дифторидтері үшін кең таралған, мысалы,  $\text{RuO}_2$  және  $\text{ZnF}_2$ . Балқытылған титан диоксидінің әрбір Ti орта есеппен шамамен 5 оттегі атомымен үйлестірілген жергілікті құрылымы бар. Бұл Ti 6 оттегі атомын үйлестіретін кристалдық формалардан ерекшеленеді.



Сурет 1 - Анатазаның құрылымы. Рутил және бруцитпен бірге,  $\text{TiO}_2$  үш негізгі полиморфының бірі.

Титан диоксиді табиғатта рутил және анатаза минералдары түрінде кездеседі. Қосымша екі жоғары қысымды пішін белгілі минералдар: моноклиникалық бадделейит тәрізді форма акагиит деп аталады, ал екіншісі орторомбты  $\alpha\text{-PbO}_2$  құрылымының шамалы моноклиникалық бұрмалануына ие [7]. Олардың екеуін де Бавариядағы Рис кратерінен табуға болады. Негізінен ильмениттен алынады, бұл дүние жүзінде ең көп таралған титан диоксиді бар кен. Рутил келесі ең көп таралған шамамен 98% титан диоксиді бар. Метатұрақты анатаза және бруцит фазалары  $600\text{--}800\text{ }^\circ\text{C}$  ( $1,110\text{--}1,470\text{ }^\circ\text{F}$ ) диапазонында жоғары температурада қыздыру кезінде тепе-теңдік рутилдік фазаға қайтымсыз түрленеді. Титан диоксидінің он екі белгілі полиморфы бар – рутил, анатаза, бруцит, синтетикалық жолмен үш метастабилді фазалар [8] (моноклиникалық, тетрагональды және орторомбты тәрізді) және төрт жоғары қысымды формалар ( $\alpha\text{-Pb}$ ) алынуы мүмкін, котуннит тәрізді:

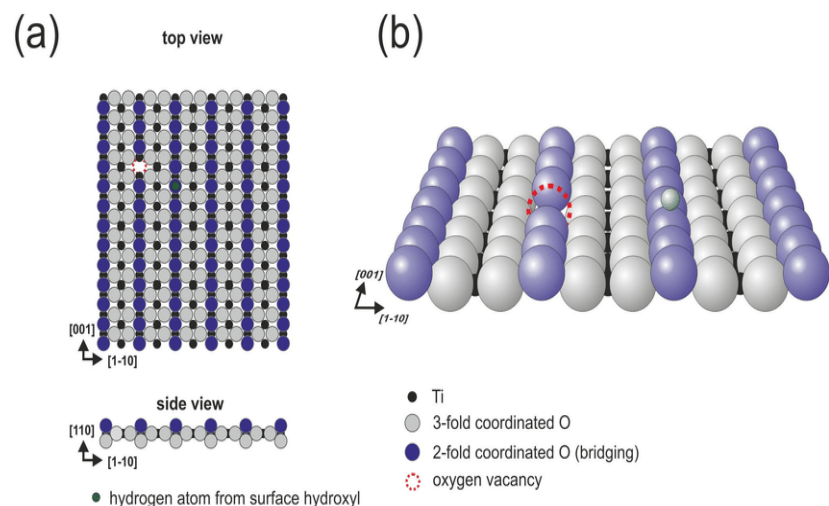


Сурет 2 -  $\text{TiO}_2$  рутилiнiң кристалдық құрылымдары (тетрагональды,  $P4_2/mmm$ ), брукит (ортормбты,  $Pbca$ ) және анатаза (тетрагональды,  $I4_1/amd$ ) полиморфтары.

Кесте 1 -  $\text{TiO}_2$  полиморфтарының тор параметрлерi және жолақ аралық энергиясы

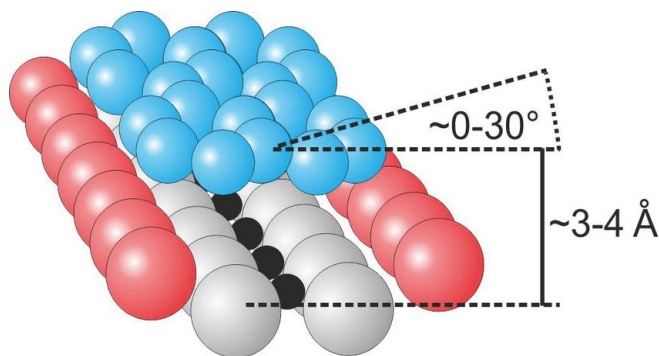
Фаза	Кристалдық құрылым	Тығыздығы ( $\text{г/см}^3$ )	$a$ (Å)	$b$ (Å)	$c$ (Å)	Жолақ аралығының энергиясы (эВ)
Рутил	тетрагональды	4.24	4.5937	4.5937	2.9581	3.0
Анатаза	тетрагональды	3.83	3.7842	3.7842	9.5146	3.20
Брукит	ромб тәрізді	3.17	9.16	5.43	5.13	3.26
$\text{TiO}_2(\text{B})$	моноклиникалық	3.64	12.16	3.74	6.51	

$\text{TiO}_2$  дайындаудың жақсы қалыптасқан әдістемесі 2 монокристалды беттерге негізделген ультра жоғары вакуумдық циклдік тозаңдату+иондары және шамамен  $700\text{ }^\circ\text{C}$  температурада күйдіру бұл процестерде кристалдар жаңа күйде орналасқан оттегі бос жерлерін енгізу арқылы ішкі жолақ алшақтығы азаяды [9]. Бос орындардың шоғырлануын тиісті бақылау арқылы күйдіру температурасын және тозаңдату уақытының ұзақтығын анықтауға болады. Редукциялау процесі кезінде түсі титан диоксидінің үлгілері өзгереді ол мөлдір, ашық кремді түсі сары, көк, қою көк-көктен қара дерлік, мұнда конценция бос орындарды тарту болып табылады [10].



Сурет 3 -  $\text{TiO}_2$  (110)-(1 × 1) беті: (a) үстіңгі көрініс және (b) перспективті көрініс.

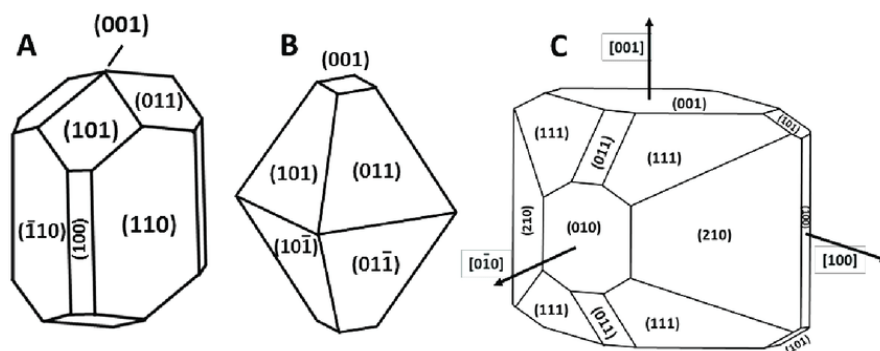
Титан диоксиді ең жиі зерттелетін металл оксидтерінің бірі болып табылады және оның (110) рутилдік беті мұндай материалдардың беттік ғылымының прототиптік үлгісі ретінде қызмет етеді.



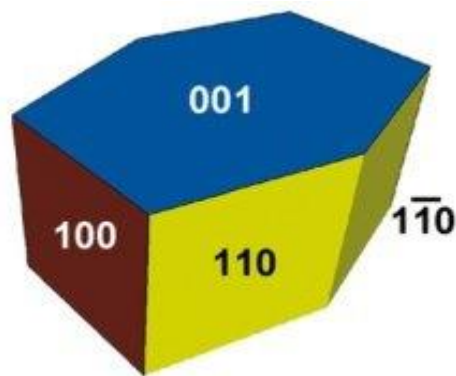
Сурет 4 -  $\text{TiO}_2$  (110) бетінде физсорбцияланған көмірсутекті полициклді молекула; молекуласы оның жазықтығы бетіне қатысты аздап еңкейіп, жазық жатыр. Салыстырмалы түрде жоғары тақта биіктігі күшті байланыстыруды болдырмайды және тек әлсіз Ван-дер-Ваальс пен электростатикалық аттракциондарға, 4 суреттегідей түсті кодтауға мүмкіндік береді [11].

Кристалл құрылымдарының тепе-теңдік пішінін, егер олар бар болса, өсу ортасындағы кристалдық беттердің беттік энергияларын ескере отырып, Вульф конструкциясын қолдану арқылы болжауға болады. Вульф құрылысында кристалдық беттің құрамын оңтайландыру үшін беттік энергияны азайту қолданылады [12]. Кемшілігі—вакуумдағы таза кристалдық жазықтықтар үшін ғана беттік энергиялар қол жетімді және тек осы жағдайларда алынған тепе-теңдік пішіні жарамды болады. Сұйық фазалардың, электролиттер мен адсорбаттардың болуы тепе-теңдік пішінін өзгертуі мүмкін. Негізгі  $\text{TiO}_2$  полиморфтары анатаза, рутил және бруцит болып табылады [13]. Осы үш

фазаның барлығы  $TiO_6$  октаэдрінен тұрады, бірақ анатаза мен рутил жағдайында кристалдық жүйе тетрагональды, ал брукиит үшін орторомбты.  $TiO_6$  октаэдрлері үш полиморфта әртүрлі орналасады. Сондықтан әртүрлі бағыттағы беттік аяқталулар, сондай-ақ кристалдардың тепе-теңдік морфологиялары әртүрлі. Вульф құрылысына сәйкес, анатазаның тепе-теңдік пішіні 5А-суретте көрсетілгендей, сегіз трапеция беттерімен (>94%) және екі үстіңгі квадрат  $\{001\}$  бетімен қоршалған жеңіл кесілген бипирамида болып табылады [14]. Рутилге қатысты макроскопиялық кристалдың болжамды тепе-теңдік пішіні  $\{110\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{001\}$  және  $\{011\}$  беттерді қамтиды (5В-сурет)



Сурет 5 – Рутилдің (А), анатазаның (В) және брукииттің (С) макроскопиялық кристалдары үшін Вульф құрылысын қолданатын тепе-теңдік пішіні.



Сурет 6 - Вульф құрылысын және Виттадини есептеген беттік энергияларды қолданатын макроскопиялық  $TiO_2$ (В) кристалының тепе-теңдік пішіні

Брукиит пен  $TiO_2$  (В) кристалдарының қасқыр пішіні көрсетілген. Брукииттің тепе-теңдік кристалдық құрылымы жеті түрлі қырынан тұрады [15].  $\{001\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{110\}$  және  $\{110\}$  формулалары бойынша салынған жалпақ алтыбұрышты призма  $TiO_2$  (В) нысаны болып табылады.

## 1.1.2 Титан диоксидін алу әдістері

### Титан диоксидін ильменит концентратынан алу.

Зауыттарда титан диоксидін алу процесі кезеңдерге бөліп қарастырсақ болады. Бірінші кезең ильменит концентраттары күкірт қышқылымен өңделеді. Осылайша темір сульфаты және титан сульфаты деген екі компонент түзіледі. Кейін ол темірдің тотығу деңгейінің жоғарылауына себепкер болады [16]. Шламдар мен сульфаттар арнайы жасалған сүзгілерде бөлініп шығады. Келесі кезеңде титанның сульфат тұздарының гидролизі орындалады, сульфат ерітінділерінің ядролары арқылы жүзеге асырылады. Соңғы нәтижеде титан диоксидінің гидраттары түзіледі [17]. Үшінші кезеңде олар белгілі бір температурада қызады.

### Титан төртхлоридінен титан диоксидін алу.

- титан төртхлоридінің сулы ерітінділерінің гидролизі,
- титан тетрахлоридінің бу фазасы гидролизі,
- титан төртхлоридінің термиялық өңдеуі.

Хлор әдісімен титан диоксидінің өндірістік қуаты сульфатқа қарағанда жоғары. Бірінші нұсқаның технологиялық процесі неғұрлым күрделі, бірақ титанға бай кендерді қолдануды қажет етсе де, арзанырақ. Хлор технологиясы қоршаған орта үшін қауіпті емес [18].

### Сульфат әдісі

Алғаш рет өткен ғасырдың 30-жылдарының басында қолданылған. Бастапқы өнім ретінде ильменит концентраты қолданылады. Ол күкірт қышқылымен өңделеді. Титанил сульфатының гидролизі және метатитан қышқылының кальцийленуі нәтижесінде  $TiO_2$  алынады.

### Хлор әдісі

1950 жылы ойлап табылған. технологияның мәні: титаны бар кен төмен қысым жағдайында хлор газымен әрекеттеседі, нәтижесінде металл хлоридтерінің қоспасымен  $TiCl_4$  пайда болады (содан кейін олар жойылады). Тазартылған титан тетрахлориді жоғары температура әсерінен тотығу процесін өтеді. Шығу-ашық ақ түсті титан диоксиді.

### Сипаттамалары:

1. Майларда, спиртте, суда, қышқылдарда ерімейді.
2. Химиялық қосылыстардың көптігіне қатысты инертті.
3. Ол сыну коэффициентінің жоғарылауымен сипатталады. УК-сәулелерді көрсетеді.
4. Қызған кезде ол көлеңкесін өзгертеді (сарыға айналады), салқындағаннан кейін ол әдеттегі ақ түске ие болады.
5. Ылғалға төзімділікті арттырды.
6. Пленка қалыптастыру үшін арналған кез келген заттармен үйлесімді.
7. Ауа райының жоғары төзімділігімен сипатталады..
8. Түрлі материалдарды ағартуға қабілетті.

9. Жоғары концентрацияда ол пластиктердің, бояулар мен лактардың жақсы жабылуын қамтамасыз етеді.

10. Ультракүлгін сәуленің әсерінен фотокатализатор рөлін атқарады.

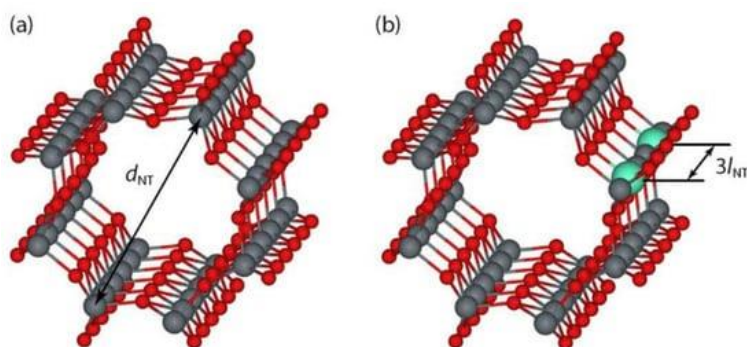
11. Ол уыттылықтың болмауымен өзін дәлелдеді.

12. Ол басқа компоненттермен араласқан кесектерді қалыптастырмайды, құрамы бойынша бірдей бөлінеді.

13. Ең танымал наноматериалдардың бірі ретінде танылған [19].

### 1.1.3 Титан диоксидінің нанотүтіктері

Әртүрлі  $\text{TiO}_2$  нанокұрылымдарын зерттеу қызықты нәтижелерге әкелді. Лисовски және т.б.  $\text{TiO}_2$  нанотүтіктерін күкіртпен легирленген және таза  $\text{TiO}_2$  салыстырғанда тар жолақ аралығына қол жеткізді [20]. Жолақ жиектері де суды тиімді бөлуге арналған шектерге жақын болды. Басқа мақалада Лисовски және т.б. алты қабатты (101) анатаза  $\text{TiO}_2$  нанотүтікшелерінің азот (N), S және S-және N қоспаларын ұсынады. Олар N немесе S монодопинг нанотүтіктердің фотокаталитикалық әсерін төмендететінін анықтады. Дегенмен, N және S-мен бірге допинг фотокаталитикалық белсенділікті жақсартуы мүмкін, дегенмен ол ақау концентрациясына байланысты. Дмитрий Бочаров және т.б. 7 -суретте бейнеленген скандиймен (Sc) легирленген  $\text{TiO}_2$  нанотүтікшелерін қолданды және олардың 1,8-1,9 эВ диапазонында жақсы үміткер екенін анықтады. Нанотүтіктердің бірдей вариациясында жұмыс істей отырып, Е.П.Дьячков және т.б. Nb, молибден (Mo), технеций (Tc) және Pd қоспалары 2 эВ шамасында жолақ аралықтарына әкелетінін анықтады. Бұл қосылмаған  $\text{TiO}_2$  нанотүтікшелері үшін шамамен 4 эВ-тан айтарлықтай төмендеу. Лисовски және т.б. сонымен қатар көлемнен нанотүтіктерге ауысқанда жолақ жиектерінің орналасуы өзгеретінін зерттеді.



Сурет 7 - Оңтайландырылмаған ( a ) таза және ( b ) легирленген кресло түріндегі (4,4) флюоритпен құрылымдалған  $\text{TiO}_2$  нанотүтіктерінің құрылымдық үлгілері. Қызыл шарлар O, сұр шарлар  $\text{TiO}_2$ , ал көгілдір шарлар Ti атомдарымен алмастырылған 3D-металл қоспаларын білдіреді. Нанотүтікшенің диаметрі (d nt ) 0,84 нм және қоспа концентрациясы 4,17% деп есептеледі [21].



## 1.2 Фотокатализ және оның түрлері

Наноөлшемді титан диоксидінің фотокаталитикалық қасиеттерін 1967 жылы Акира Фудисима ашты. Титан диоксидінің бетіндегі процесс Хонда-Фудишима эффектісі деп аталды [22]. Жұқа қабықша және нанобөлшек түріндегі титан диоксиді энергия өндіруде пайдалану мүмкіндігіне ие: фотокатализатор ретінде ол суды сутегі мен оттегіге ыдырай алады. Жиналған сутегімен оны отын ретінде пайдалануға болады. Бұл процестің тиімділігін оксидті көміртегімен легірту арқылы айтарлықтай жақсартуға болады. Титан диоксиді нанокристалдарының беткі қабатының тор құрылымына инфрақызыл сәулелерді сіңіруге мүмкіндік беретін бұзылулар енгізу арқылы қосымша тиімділік пен ұзақ мерзімділік алынды. Көрінетін-жарық-белсенді наноөлшемді анатаза және рутил фотокаталитикалық қолдану үшін әзірленген. 1995 жылы Фудисима күн сәулесінің әсеріне ұшыраған титан диоксидімен қапталған шыны үшін супергидрофильділік құбылысын ашты. Бұл өзін-өзі тазартатын шыны мен тұманға қарсы жабындардың дамуына әкелді [23]. Ноксер блоктарындағы тротуарлар немесе бояулар сияқты сыртқы құрылыс материалдарына қосылған наноөлшемді  $TiO_2$  ұшқыш органикалық қосылыстар мен азот оксидтері сияқты ауадағы ластаушы заттардың концентрациясын айтарлықтай төмендетеді.

$TiO_2$  бірнеше факторларға байланысты ағынды суларды детоксикациялау немесе ремедиациялау үшін өнеркәсіптік технология ретінде үлкен әлеуетті ұсынады :

1. Процесс табиғи оттегі мен күн сәулесін пайдаланады және осылайша қоршаған орта жағдайында жүреді; ол толқын ұзындығы бойынша селективті және ультракүлгін сәулесінің әсерінен жеделдетіледі.
2. Фотокатализатор қымбат емес, оңай қол жетімді, улы емес, химиялық және механикалық тұрғыдан тұрақты және жоғары айналымға ие.
3. Тікелей фотолиз әдістерінен айырмашылығы өнімдердің түзілуіне жол берілмейді.
4. Субстраттардың  $CO_2$  дейін тотығуы аяқталды.
5.  $TiO_2$  тазартылған судан оңай бөлінетін қолайлы реактор астарындағы жұқа қабықшалар ретінде қолдауға болады [24]. Органикалық заттардың фотокаталитикалық ыдырауы сонымен қатар фотокаталитикалық микробқа қарсы жабындарда қолданылады.

Біртекті фотокатализде әрекеттесуші заттар мен фотокатализаторлар бір фазада болады. Ең жиі қолданылатын біртекті фотокатализаторларға озон және фотофентон жүйелері ( $Fe^{2+}$  және  $Fe^{3+} / H_2 O_2$ ) жатады. Фентон типті процестердің тиімділігіне сутегі асқын тотығының концентрациясы, рН және ультракүлгін сәулесінің қарқындылығы сияқты бірнеше жұмыс параметрлері әсер етеді. Бұл процестің басты артықшылығы 450 нм-ге дейінгі жарық сезімталдығы бар күн сәулесін пайдалану мүмкіндігі, осылайша ультракүлгін шамдар мен электр энергиясының жоғары шығындарын болдырмайды. Бұл реакциялар фотокатализдің басқа мысалдарына қарағанда тиімдірек екені дәлелденді, бірақ

процестің кемшіліктері рН жоғары мәндерде темір тұнбаға түсетіндіктен талап етілетін төмен рН мәндері және өңдеуден кейін темірді алып тастау фактісі болып табылады.

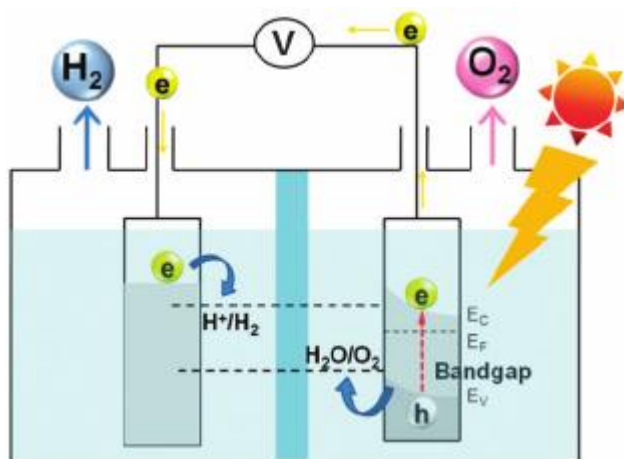
Гетерогенді фотокатализ – бұл әртүрлі реакцияларды қамтитын пән: жеңіл немесе толық тотығу, дегидрлеу, сутегінің берілуі,  $^{18}\text{O}^2 - ^{16}\text{O}^2$  және дейтерий-алканды изотоптық алмасу, металды тұндыру, суды детоксикациялау, газды ластаушы заттарды жою және т.б [25]. Ең көп таралған гетерогенді фотокатализаторлар - өтпелі металдар оксидтері мен жартылай өткізгіштер, олардың бірегей сипаттамалары бар. Электрондық күйлердің металдардан айырмашылығы, жартылай өткізгіштер қатты денедегі фотоактивация нәтижесінде пайда болатын электрон мен тесіктің рекомбинациясына ықпал ететін энергия деңгейлері жоқ бос энергетикалық аймаққа ие. Толтырылған валенттік зонаның төбесінен бос өткізгіштік зонасының төменгі жағына дейін созылатын энергияның бос аймағы жолақ саңылауы деп аталады. Энергиясы материалдың жолақ саңылауына тең немесе одан жоғары фотонды жартылай өткізгіш жұтқанда, электрон валенттік жолақтан өткізгіштік жолаққа қозғалып, валенттілік жолағында оң саңылау жасайды. Мұндай фотогенерацияланған электрон-тесік жұбы экситон деп аталады. Қозған электрон мен тесік электронның қозуынан алынған энергияны жылу ретінде қайта біріктіріп, босатады. Мұндай экситонды рекомбинация қажет емес және жоғары деңгейлер тиімсіз фотокатализаторға әкеледі [26]. Осы себепті функционалды фотокатализаторларды әзірлеу бойынша күш-жігер көбінесе фазалық гетеротүйісулер (мысалы, анатаза - рутил интерфейстері), асыл металл нанобөлшектері, кремний наноөткізгіштері және орынбасушы катионды допинг.  $\text{TiO}_2$  гетерогенді катализ үшін жақсы және кең таралған таңдау болып табылады. Химиялық ортаға инерттілік және ұзақ мерзімді фототұрақтылық  $\text{TiO}_2$  көптеген практикалық қолданбаларда маңызды материалға айналдырды.  $\text{TiO}_2$  кең диапазонды жартылай өткізгіш, әдетте рутилдік (жолақ кеңістігі 3,0 эВ) және анатаза (жолақ кеңістігі 3,2 эВ) фазаларында зерттеледі. Фотокаталитикалық реакциялар жартылай өткізгіштің жолақ саңылауына тең немесе одан үлкен энергиясы бар жарықты жұту арқылы басталады. Сәулеленген  $\text{TiO}_2$  бөлшек жартылай өткізгішпен жанасатын молекулалар үшін электронды донор немесе акцептор ретінде әрекет ете алады. Ол адсорбцияланған түрлермен тотығу-тотықсыздану реакцияларына қатыса алады, өйткені өткізгіштік диапазонының электроны күшті тотықсызданған кезде валенттік жолақ тесігі қатты тотығады.

### **1.2.1 Фотокаталитикалық әдіс және ғылыми белсенділік**

Стандартты жағдайларда бос энергияның өзгеруі (DG)

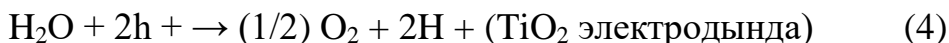
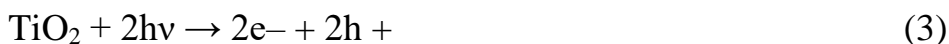
$\text{H}_2\text{O}$  бір молекуласының  $\text{H}_2$  және  $1/2 \text{O}_2$ -ге айналуымен байланысты 237,2 кДж моль<sup>1</sup>, бұл бір тасымалданатын электронға 1,23 В электролиздік ұяшық кернеуіне (DEo) сәйкес келеді. Суды бөлудің фотоэлектрохимиялық әдісі, 8-

суретте көрсетілгендей, екі электродты – анод пен катодты қамтиды [27]. Анод судың бөлінуі кезінде жарық сәулесімен сәулеленетін фотоактивті материалға (немесе жартылай өткізгіш материалға) негізделген электрод болып табылады. Катод - бұл қарсы электрод, оны фотокатод деп те атайды, бірақ ол жарықпен сәулеленбейді. Бұл реакцияны жүргізу үшін фотоанодтағы фотоактивті материал электродтық потенциалын 1,23 В-тан жоғары ету үшін сәулелі жарықты сіңіруі керек, осылайша су молекуласы  $O_2$  және протондар ( $H^+$ ) түзу үшін тотығады және протондарды бір уақытта қалпына келтіруге болады.  $H_2$  катодта судың бөлінуінің баяу кинетикасының нәтижесінде фотоанод/электродитер интерфейсінде электрондарды тасымалдау кезінде энергия жоғалады [28]. Сәйкесінше, фотоэлектролизге қажетті энергия жиі 1,7–2,4 эВ деп беріледі. Фотоанодта бұл фотоиндукцияланған процесс  $O_2$  генерациялау үшін төрт электронды-тесік жұптарын құруы керек. Егер фотоанод энергиясы фотоактивті материалдың жолақ аралығынан (ЭБГ) үлкен жарықпен сәулеленетін болса, онда валенттік аймақтың электрондары өткізгіштік зонасына қозып, саңылаулар валенттік аймақта қалады. Бұл фото-генерацияланған электрондар содан кейін сыртқы сым арқылы өтіп, протондармен әрекеттесу үшін катодтың бетіне жетеді.



Сурет 8 – Оттегі бөлінетін n-типті жартылай өткізгіш фотоанод және сутегі бөлінетін фотокатод (Pt парағы) бар фотоэлектрохимиялық ұяшық үшін суды бөлудің негізгі принциптерінің диаграммасы.

$TiO_2$  фотокаталитикалық реакциялары келесідей:

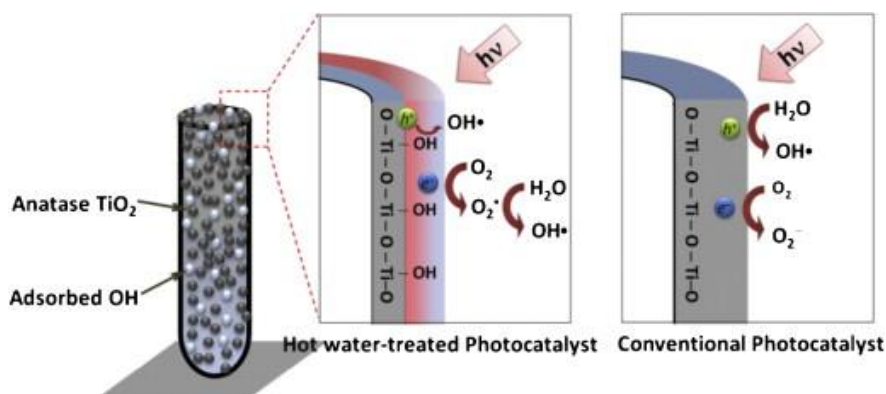


Жалпы реакция:



Балама түрде, орташа температурада (шамамен 70-92°C) суды тазарту  $TiO_2$  нанотүтік массивтерін кристалдандырудың тиімді тәсілі ретінде ұсынылды [29]. Орташа температурада суды өңдеу анатаза кристаллиттерінің тез түзілуін индукциялады.  $TiO_2$  құрамындағы кристалдық құрылымдар бұрыштары мен

шеттерін әртүрлі түрде бөлісетін  $TiO_2$  2 – октаэдрлерінен тұрады. Судың қатысында анатаза  $TiO_2$  кристалдануы екі механизммен байланысты; 1) қатты дене механизмі және 2) еру тұндыру механизмі. Аморфты нанотүтікше массивтерінің суға әсері әртүрлі октаэдрлік бірліктердің беткі OH топтары арасында көпір салу арқылы  $TiO_2$  2– октаэдрлерінің қайта орналасуын туғызды, осылайша дегидратация арқылы анатаза кристаллиттерінің түзілуіне әкелді.  $TiO_2$  құрылымында ақаулық аймақтарды тудыруы мүмкін және осылайша фазалық трансформацияға ықпал етті [30]. Ыстық сумен өңделген нанотүтік массивтеріндегі нанотүтіктерден нанотүтікше-нанобөлшектердің композиттік құрылымына құрылымдық түрлендіру термиялық күйдірілген нанотүтікпен салыстырғанда меншікті бетінің ауданын шамамен 4 есеге арттырады. Сонымен қатар, ыстық суды өңдеу нанотүтіктер бетіндегі OH адсорбциясын тудырады. Бұл факторлар 9-суретте көрсетілгендей нанотүтіктер бетіндегі лезде реакция арқылы фотокаталитикалық тиімділікті арттыруға айтарлықтай ықпал етеді.



Сурет 9 - Схемалық диаграмма ыстық сумен өңделген  $TiO_2$  және типтік  $TiO_2$  фотокатализаторларының фотокаталитикалық реакциясын көрсетеді.

Қазіргі уақытта зерттеушілер бейметалдар мен металдармен нанокөмізгітер жасау арқылы  $TiO_2$  фотокаталитикалық белсенділігін арттыруға бағытталған, өйткені  $TiO_2$  фотокаталитикалық белсенділігін фотоиндукцияланған саңылаулар мен электрондардың қажетсіз рекомбинациясын азайту, кеңейту арқылы арттыруға болады. Берілген материалдың құрылымының, өлшемі мен өлшемінің жұмыс істеуі оптикалық қасиеттерді зерттеудің жалпы тәсілі болып табылады. Бөлшектердің өлшемі бор экситонының диаметрімен салыстыруға болатын немесе одан кішірек болса, олардың оптикалық қасиеттері электрондар мен тесіктердің кванттық шектелуіне байланысты өлшемге тәуелді болады. Нанокұрылымды материалдар олардың көлемді аналогтарымен салыстырғанда жақсартылған қасиеттеріне байланысты кеңінен зерттеледі [31]. Пішін мен өлшем материалды пайдаланудың негізгі сипаттамалары мен тәсілдеріне айтарлықтай әсер етеді. Өлшем мен пішіні басқарылатын материалдардың синтезі көптеген ғылыми зерттеушілерді қызықтырды. Титан диоксидінің ұсақ бөлшектерінің мөлшері әртүрлі қолданбалар үшін перспективті болып табылады. Жақсы дисперсті титан диоксиді күн батареяларында, люминесцентті материалдарда маңызды рөл

атқарады, өзінің ерекше қасиеттеріне байланысты каталитикалық және бактерияға қарсы белсенділікке ие. V, Zn, Cr, Mn, Al, Co, Fe, Ni, Ag, Au, Pt, Pd, Bi, соның ішінде металл иондары негізінен жолақ аралығын азайту үшін TiO<sub>2</sub> легірлеу үшін және УК аймағынан TiO<sub>2</sub> сіңуін қызылға жылжыту үшін ультракүлгін сәулеленудің фотокатализінің тиімділігінің айтарлықтай артуына қолданылады [32].

### **1.1.1 Асыл металлдардың TiO<sub>2</sub> фотокаталитикалық реакциясына әсері**

Кәдімгі қалалық ағынды суларды тазарту кейбір ерекше қосылыстардың деградациясына қатысты тиімсіз болып көрінеді. Жаңадан пайда болатын ластаушы заттар әдетте фармацевтика мен жеке күтім өнімдерінде қолданылатын қосылыстарды қамтиды және табиғи су ресурстарында және ағынды суларды тазарту қондырғыларында біртіндеп пайда болады. Бұл ластаушы заттардың арасында парабендер бар [33]. Парабендер консерванттар ретінде кеңінен қолданылады және микробқа қарсы, негізінен фармацевтикалық және жеке күтім өнімдерінде қолданылады. Дегенмен, кейбір зерттеулер бұл қосылыстардың канцерогендік потенциалы бар екенін көрсетеді. Осылайша, олардың өзендерде және ағынды суларды тазарту қондырғыларында болуы адам денсаулығының проблемасы болуы мүмкін. Дәстүрлі қалалық ағынды суларды тазарту процестерінің осы қосылыстардың ыдырауы бойынша төмен тиімділігін ескере отырып, олардың деградациясының қолайлы шешімін табу үшін ғылыми күш-жігер жұмсалады. Осылайша, жетілдірілген тотығу процестері (AOPs) перспективалы технологиялар ретінде пайда болады. Фотокаталитикалық озонизация пайда болатын ластаушы заттардың ыдырауы үшін қолданылады [34]. Ибупрофеннің ыдырауы WO<sub>3</sub> катализаторымен көрінетін жарықпен сәулелену кезінде фотокаталитикалық озонизацияны қолдану арқылы зерттеледі. Формальдегидтің тотығуы үшін TiO<sub>2</sub> бетіне Pt жүктемесінің әсері зерттеледі және 0,6 масса катализатор бетіндегі қоспаның ең жоғары дисперсиясын көрсетеді. TiO<sub>2</sub> бетіне Ag жүктемесінің артуы ультракүлгін сәулені блоктайды, осылайша фотокаталитикалық белсенділікке әсер етеді және салмағы 1,6% Ag жүктемесі үшін фотогенерацияланған тесіктерді ұстау әсері шамалы болады. Сонымен қатар, Ag жүктемесінің жоғарылауы фотогенерацияланған электрондарды тазартуды арттыруы мүмкін. Қоспаланған TiO<sub>2</sub> салмағы 0,5% жүктеме кезінде (Ag, Au, Pd және Pt) және таза TiO<sub>2</sub> әсері озонмен біріктірілген УК сәулеленуін қолдану арқылы парабен деградациясының қоспасына салыстырылады. Осылайша, металды тиеудің TiO<sub>2</sub>-ге әсерін мұқият талдау керек. Этил парабеннің ыдырауына ықпал ету үшін модельденген күн радиациясы кезінде Ag<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> көмегімен фотодеградация рН, бастапқы парабен концентрациясы катализатор концентрациясы және су матрицасы ескеріле отырып зерттелді [35]. TiO<sub>2</sub> ықпал ететін фотокаталитикалық

ыдырауына катализаторлардың әртүрлі ерекшеліктері, мысалы, бетінің қышқылдығы әсер етуі мүмкін.

#### **1.4 Титан диоксидін пайдалану аймағы**

Титан индустриясының дамуы өте жылдам. Бұл процесте титан диоксиді маңызды рөл атқарады. Бүгінгі шолуда біз  $TiO_2$  қасиеттері, оны алу әдістері, қолдану салалары туралы сөйлесетін боламыз.

Титан диоксиді - көптеген өнімдерді (бояудан печеньеге дейін) өндіруде қолданылатын ақ пигменттік бояғыш [36]. Өнеркәсіпте  $TiO_2$  рутильді және анатаза модификациясы қолданылады.

Айналмалы пигменттер жарықты жақсы таратады, боялған бетті жақсырақ жабады (жабудың жоғары деңгейі), ауа-райына жақсы төзімді, УК сәулесінің әсерінен қасиеттерін жоғалтпайды. Титан диоксидінің бұл түрі бояулар, пластмассалар, косметика өндірісінде таңдалады. Анатазалық модификация сәндік қағаз, резеңке бұйымдар, бояулар мен лактар, сабын, тіс пастасын өндіруде танымал.

#### **Лак - бояу өнімдері**

Ол бояулар, лактар, эмальдар, праймерлер, сылақтар, сәндік жабындардың құрамына кіреді. Мырыш пен қорғасынға негізделген ақ бояулар бұрынғы қалпында қалды. Енді титан диоксиді ақ пигмент ретінде әрекет етеді. Көбінесе оны бал немесе мәрмәр кальцит алмастырады. Осы себепті көптеген бояуларда пигменттер қоспасы бар. Титан диоксиді бояуды мүмкіндігінше ақ етеді, оның жабылуын, ультракүлгін сәулеленуге төзімділігін арттырады. Мұндай жабындар қартаймайды, көптеген жылдар бойы бастапқы ақтығын сақтайды, сары жабынды бермейді [37]. Олар улы емес, қауіпсіз. Бірақ жоғары сапа қымбатқа түседі. Бор немесе мәрмәр кальцитінің бояуы неғұрлым көп болса және титан диоксиді аз болса, соғұрлым арзан болады.

#### **Пластик**

$TiO_2$  өндіру көлемінің бестен бір бөлігі пластик пен одан: Поливинилхлоридтен жасалған қалыптық бұйымдар, жиһаз, тұрмыстық техника элементтері, каучук, линолеум, резеңке шығаруға жұмсалады. Титан диоксиді мұнда толтырғыш рөлін атқарады, өнімнің ауа-райының өзгеруіне төзімділігін қамтамасыз етеді және агрессивті факторлардың әсерінен қорғайды.

#### **Резеңке өндірісі**

Толтырғыш ретінде қолданылады, жоғары температура жағдайында резеңке бұйымдарды қолдануға мүмкіндік береді, кенеттен климаттық өзгерістер кезінде жабындардың сипаттамаларын сақтайды [38]. Титан диоксиді резеңке жабындар мен резеңке бұйымдардың, атап айтқанда, жоғары қысымды шлангтардың, шлангтардың, жетек белдіктерінің қызмет ету мерзімін ұзартады.

## **Қағаз өнеркәсібі**

Титан диоксидінің жетінші бөлігі қағазды (соның ішінде сәндік), картонды, тұсқағазды шығару үшін қолданылады. Қоспа материалдың тегістік дәрежесін, оның ақтығы деңгейін өзгертуге мүмкіндік береді. Титан ұнтағы соңғы өнім мен басып шығару сапасын жақсарту үшін қағаз дайындау қоспасына қосылады.

## **Суперконцентраттар**

Бұл өнім бояғыш пигменттер мен матрицалардың (байланыстырғыш) үйлесімі болып табылады [39]. Ақ суперконцентраттар  $TiO_2$  негізінде шығарылады. Мұндай қоспа экструзия, құю немесе үрлеу арқылы шығарылатын әртүрлі пластикалық өнімдерді ағартады.

## **Косметика**

Бұл сәндік, тазартқыш және күтім жасайтын косметиканың бөлігі. Ол дермаға енбейді, оны ылғалдандырмайды немесе ынталандырмайды, бірақ ультракүлгін сәулеленуден қорғайды [40]. Кремнің құрамында пигмент неғұрлым көп болса, оның қорғанысы соғұрлым жоғары болады. Мұндай кремдер теріге біркелкі бөлінеді, ақ із қалдырмайды. Компонент қалыңдатқыш ретінде әрекет ете отырып, өнімге қажетті консистенцияны береді. Сонымен қатар, басқа пигменттермен әртүрлі пропорцияларда араластыру арқылы ерін далабының, ұнтақтың, іргетастың, тырнақтың дұрыс көлеңкесін жасауға көмектеседі. Ақ ұнтақ дайын өнімге жарық пен тығыздық сияқты қасиеттерді қосады. Титан диоксиді адам денсаулығына қауіп төндірмейді. Ол тіпті балаларға арналған өнімдерде де қолданылады.

## **Фармацевтика**

Таблеткалар, ұнтақтар, кремдер, суппозиторийлер, пасталар, ақ жақпа түрінде барлық дәрі-дәрмектердің формулаларына кіреді. Фармакологиялық кәсіпорындар препараттарға аз мөлшерде ұсақ ұнтақты  $TiO_2$  қосады. Зат дәрілік заттардың құрылымы мен консистенциясына әсер етпейді. Титан диоксиді басқа заттармен өзара әрекеттеспейді. Компонент ауызша және теріге тигенде қауіпсіз.

## **Тамақ өнеркәсібі**

Тағамдық титан диоксиді тазартылған қант, қоюландырылған сүт, тауық жартылай фабрикаттары, сағыз, майонез, ұн, кәмпіттер, джемдер, пасталар, кондитерлік глазурь, краб таяқшалары, йогурттар, балқытылған ірімшік, тәтті драже, тұздықтар, балық өнімдерінің құрамына кіруі мүмкін. E171 бояуы өнім массасының 1% дейін дозада қосылады [41]. Пигменттің негізгі міндеті-эстетика құру, тағамның сыртқы түрін тартымды, тәбетті ету. Сонымен қатар, ол өнімнің дәмі мен түсін өзгертпейді.  $TiO_2$  сонымен қатар пластикалық қаптаманы түсіп кетуден және ультракүлгін сәулеленуден қорғау үшін қолданылады. Бүгінгі күні E171 қауіпсіз қосымша болып саналады, ол адамға зиян келтірмейді. Оны

пайдалануға ресми түрде рұқсат етіледі. Титан диоксиді асқазан сөлінің әсерінен ерімейді, ішкі органдар мен тіндерде жиналмайды, денеден толығымен шығарылады.

### **Фотокатализатор**

Жоғары фотокаталитикалық белсенділігінің арқасында  $TiO_2$  ауа мен суды зиянды органикалық қосылыстардан, вирустардан, аллергиялардан, саңырауқұлақ спораларынан, микроорганизмдерден тазарту үшін қолданылады. Сүзгі титан диоксидінің ең жұқа қабатымен жабылған. Құрылғының ішіне орналастырылған ультракүлгін шамның сәулелері оған бағытталған. Фотокаталитикалық сүзгілер ауыстыруды немесе тазалауды қажет етпейді. Олар ластаушы заттармен әрекеттескеннен кейін бастапқы құрылымын қалпына келтіреді. Мұндай сүзгілер зиянды заттарды жинамайды, бірақ оларды ыдыратады. Олар бактерицидтік әсерге ие. Титан диоксиді өзін-өзі тазартатын әйнектерді өндіруде де қолданылады. Қаптаманы іске қосу үшін терезелер орнатылған сәттен бастап шамамен бір апта кетеді, өйткені фотокатализатор күн сәулесімен біраз уақыт әрекеттесуі керек [42]. Мұндай жабын бұлтты ауа-райында «жұмыс істейді». Бұл тазалауға уақыт пен ақшаны айтарлықтай үнемдейді. Кез келген дизайн үшін қолайлы-классикалық терезелерден бастап консерваториялар мен жылыжайларға дейін. Жабын бүкіл қызмет ету мерзімі ішінде өзінің қасиеттерін сақтайды.



## 2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛДЫҚ БӨЛІМ

### 2.1 Титан диоксидінің жұқа қабықшаларын дайындау әдісі

Шыны үлгілері ағынды сумен жуылды, содан кейін дистилденген сумен шаю және органикалық ерітінділермен майсыздандыру жүргізілді. Helmonex ерітіндісі (5%, 1 бөлік Helmonex және 5 бөлік су) жағылды және щеткамен сүртілді, содан кейін әйнекті барлық жағынан шайылды (10-сурет). Ультрадыбыстық тазалау (10-сурет) органикалық еріткіштермен 10 минут бойы жүргізілді, содан кейін инертті газ ағынында тазарту жүргізілді.



Сурет 10 - Шыны астарларды тазалау



Сурет 11 - Ультрадыбыстық ваннада тазалау

Ультра дыбыстық ваннада (11-сурет) 10 минуттық тазалаудан кейін шыныларды пинцетпен ұстап ацетонға беткі жағы қойылып ыдыс 5 минут сағат тілімен бағыттас қозғалды. Дәл солай екінші жағын ауыстырып осы әдіс қайталанды. Ацетоннан кейін спиртке салып осы әдісті қайталау арқылы 5 минут сағат тілімен бағыттас екі жағы шайқалды. Қағаз салынған ыдысқа үлгілерді бір-бірінен алшақ ара- қашықтықта тігінен орналастырылды. Кептіргіш шкафта шыныларды 85°C температурада 24 сағат кептірілді. Шыныларды Петри табақшасының қабырғасына орналастырылды. Аргонды ашқаннан кейін, әйнек бір-бірден екі жағынан сорғышта кептірілді.

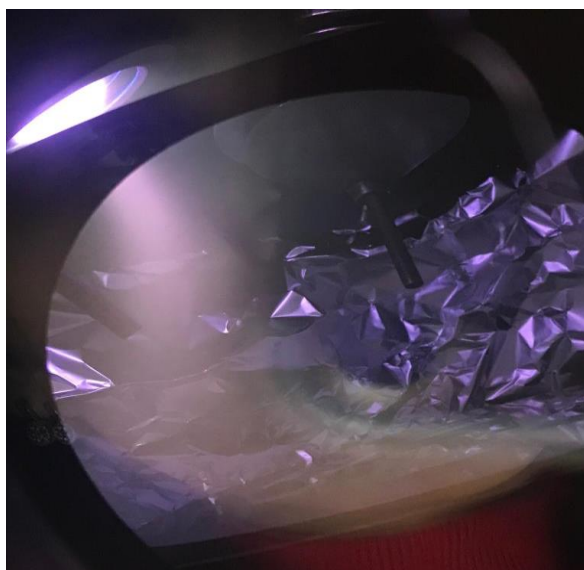
## 2.2 Магнетронды тозандату арқылы TiO<sub>2</sub> алу

Бірінші тәжірибелік жұмыста кремний мен шыны үлгілері басқару блокпен камера ішінде басқарылды, қосу және өшіру тетіктерімен магнетрон 2 режимде жұмыс істей алады: тұрақты ток немесе айнымалы ток. Бұл жұмыс тұрақты ток режимінде жасалды. Плазма қуаты 50W-қа тең. Камераға Argon: (25 sccm) жіберіп плазма қуаты 50W-ты қосқанда плазма әсерінен титан кленкаға түседі. Кейін титан диоксидін алу үшін оттегі O<sub>2</sub>: (12 sccm) патогы өзгертілді. Камера ішіндегі жұмыс қысымы  $3,8 \cdot 10^{-3}$  torr-ға тең, жұмыс жасалмағандағы камера ішіндегі қысым  $1 \cdot 10^{-6}$  torr-ға тең болды. (12-сурет) Шашырау уақыты 30 минут жасалды.



Сурет 12 - Магнетрон, TORR INTERNATIONAL. NEW WINDSOR -12553

Екінші тәжірибелік жұмыста кремний мен шыны үлгілері басқару блокпен камера ішінде басқарылды, қосу және өшіру тетіктерімен. Бұл жұмыс тұрақты ток режимінде жасалды. Плазма қуаты 50W-қа тең. Камераға Argon: (25 sccm) жіберіп плазма қуаты 50W-ты қосқанда плазма әсерінен титан кленкаға түседі. Кейін титан диоксидін алу үшін оттегі O<sub>2</sub>: (6 sccm) патогы өзгертілді. Камера ішіндегі жұмыс қысымы  $3,9 \cdot 10^{-3}$  torr-ға тең, жұмыс жасалмағандағы камера ішіндегі қысым  $1 \cdot 10^{-6}$  torr-ға тең болды. (13-сурет) Шашырау уақыты 30 минут жасалды.



Сурет 13 - Магнетронның ішкі көрінісі, TORR INTERNATIONAL.NEW WINDSOR -12553

Үшінші тәжірибелік жұмыста кремний мен шыны үлгілері басқару блокпен камера ішінде басқарылды, қосу және өшіру тетіктерімен магнетрон 2 режимде жұмыс істей алады: тұрақты ток немесе айнымалы ток. Бұл жұмыс тұрақты ток режимінде жасалды. Плазма қуаты 50W-қа тең. Камераға Argon: (25 sccm) жіберіп плазма қуаты 50W-ты қосқанда плазма әсерінен титан кленкаға түседі. Кейін титан диоксидін алу үшін оттегі  $O_2$ : (1 sccm) патоғы өзгертілді. Камера ішіндегі жұмыс қысымы  $3,9 \cdot 10^{-3}$  torr-ға тең, жұмыс жасалмағандағы камера ішіндегі қысым  $1 \cdot 10^{-6}$  torr-ға тең болды. (14-сурет) Шашырау уақыты 30 минут жасалды.



Сурет 14 – Зерттелгеннен кейінгі магнетрон, TORR INTERNATIONAL NEW WINDSOR - 12553

### 1.3 $\text{TiO}_2$ жұқа қабықшаларының оптикалық қасиеттерін зерттеу әдісі

Өлшеу жүйесі QEX 10 күн элементтерінің кванттық тиімділігі зерттелді. System-Power басып қосылып тұрған күйінде 20 минут күту керек, 3E003 жеңіл диод орнатылады, кейін Power ді басып жұмыс жасауға болады. Жұмысты жасамай тұрып (15-сурет) прибор тексерілді. Transmission - өткізіп жіберу арқылы өз жұмысын бастайды.

Өшірген кезде Power ді бірінші басып 20 минуттан кейін System-Power басылады.



Сурет 15 - Өлшеу жүйесі QEX 10

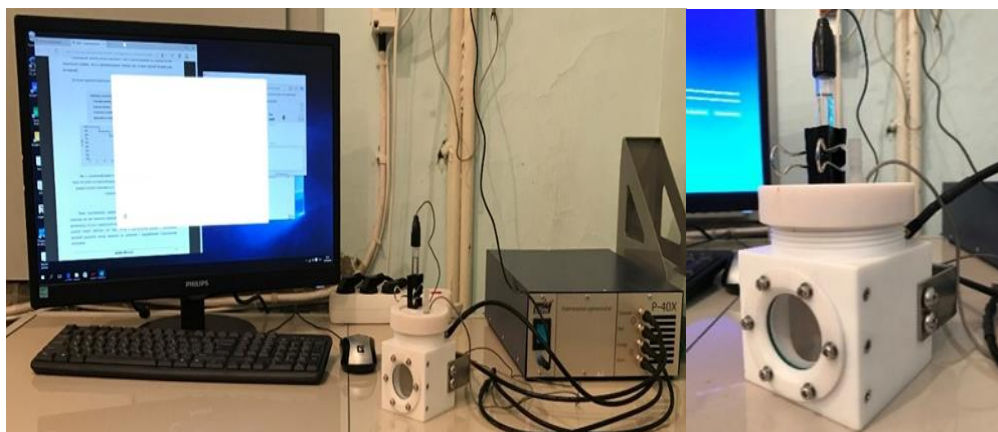
### 1.4 Зерттеу әдістері

$\text{TiO}_2$  жұқа қабықшаларының оптикалық қасиеттері QEX10 үлгісіндегі PV Measurements-тен алынған кванттық тиімділікті өлшеу жүйесінде УК-көрінетін спектроскопияның көмегімен зерттелді (16-сурет). Жарық көзі жарықдиодты шамдар болды. Жұмыс режимі 0-ден 1100 нм аралығында болды.



Сурет 16 - PV өлшемдері QEX10 кванттық тиімділікті өлшеу жүйесі

TiO<sub>2</sub> қабықшаларының фотокаталитикалық белсенділігін өлшеу мамандандырылған сынақ қондырғысында жүргізілді. Фотоэлектрохимиялық (ПЕС) сынақтары үшін электродты конфигурациялы Elins P-40X потенциостатта орындалды: Ag/AgCl анықтамалық электроды, қара платина фольга электроды және TiO<sub>2</sub>/әйнек жұмыс электроды. CVC үшін жарық көзі ретінде MSI-250 күн энергиясының симуляторы пайдаланылды. Электролит ретінде 0,5 М КОН сулы ерітіндісі қолданылды (17-сурет). Ксенон шамының қуаты - 300 ватт. КОН ерітіндісі 0,1 М.



Сурет 17 - FRA-24М электрохимиялық кедергіні өлшеу модулі бар потенциостат-галваностат P-40X

TiO<sub>2</sub> қабықшаларының морфологиясы JSM-6490LA үлгісіндегі JEOL сканерлеуші электронды микроскоптың көмегімен зерттелді (18-сурет). 10, 20 және 30 кВ-тан жеделдетілген кернеу, x4000, x8500, x90000-ден үлкейту, электронды режимдер, топографиялық, композициялық және көлеңкелі контрастта шағылысқан электрондардағы кескін.



Сурет 18 - JEOL JSM-6490LA сканерлеуші электронды микроскоп

Алынған  $\text{TiO}_2$  жұқа қабықшалары JEOL JSPM-5200 сканерлеу зондының микроскопында (19-сурет), үлгіні сканерлеу әдісі, атомдық күш және туннельдік жұмыс режимдері сипатталды.



Сурет 19 - JEOL JSPM-5200 сканерлеу зондты микроскобы

Синтезделген  $\text{TiO}_2$  қабықшаларының құрылымы Dron-6 дифрактометрінде рентгендік дифракциялық талдау арқылы зерттелді (20-сурет). Толқын ұзындығы  $\lambda = 1,54 \text{ \AA}$   $\text{CuK}\alpha$  мыс түтігінің анодынан алынған рентген сәулесі монохроматор кристалына бағытталған. Үлгі екі жақты өткізгіш таспаның көмегімен ұстағышпен бірдей деңгейде көлденеңінен бекітілді. Содан кейін ұстағышы бар үлгі анализаторға орнатылды. Өлшемдер қалыпты жағдайда дифрактометрдің 40 кВ және 30 мА параметрлерінде жүргізілді.  $2\theta$  мәндерінің диапазоны 0,05 қадаммен және 5 с қадамдық кезеңмен 20-дан 80-ге дейін талданды.



Сурет 20 – Рентгендік дифрактометр Dron-6

### 3 НӘТИЖЕЛЕРІН ТАЛҚЫЛАУ

Үлгі шешімінің қатынасы:

1/9 титан диизопроксиді 0,9 мл және 8/9 изопропил спирті 8,1 мл. Бүріккіш пиролиз әдісінде олар аэрографпен қолданылды.

Спин-жабу әдісінде олар диспенсермен жағылды. Үлгі диспенсерінің көлемі 0,1 мл болды.

2-кестеде шашыратқыш пиролиз және айналдыру жабыны арқылы тұндырылған TiO<sub>2</sub> жұқа қабықшаларының параметрлері көрсетілген.

№ үлгі	Уақыт, мин	Температура, °C	Аргон, см <sup>3</sup> /мин	Оттегі, см <sup>3</sup> /мин	Қысым Торр. x 10-3	Нысана
1	30	150	270	6	3	Ti
2	30	300	270	6	3	Ti
3	30	250	270	6	3	Ti
4	30	400	270	6	3	Ti
5	20	150	270	12	3	Ti
6	20	300	270	12	3	Ti
7	20	250	270	12	3	Ti

Кесте 2 - Шөгілген TiO<sub>2</sub> жұқа қабықтарының параметрлері

№	Атауы	үлгі	Уақыт, мин	Температура, °C
1	O <sub>2</sub> : (12 sccm)	III– шыны I- кремний	60	350
2	O <sub>2</sub> : (6 sccm)	III – шыны, III- кремний	60	350
3	O <sub>2</sub> : (1 sccm)	I – шыны, IV- кремний	60	350

Кесте 3 - Қыздыру тақтасындағы үлгілердің параметрлері

#### 3.1 TiO<sub>2</sub> жұқа қабықшаларының оптикалық қасиеттерінің сипаттамасы

(25-сурет) 500 °C-та алынған үлгілердің жұтылу спектрлері көрсетілген. TiO<sub>2</sub> жұқа қабықшаларының жұтылу жиектері 360 және 410 нм, ал олардың жолақ саңылаулары (мысалы) 3,19 және 3,29 эВ болды. Мысалы, мына қатынасты пайдаланып Таук сызбаларынан есептелді: (26-сурет)

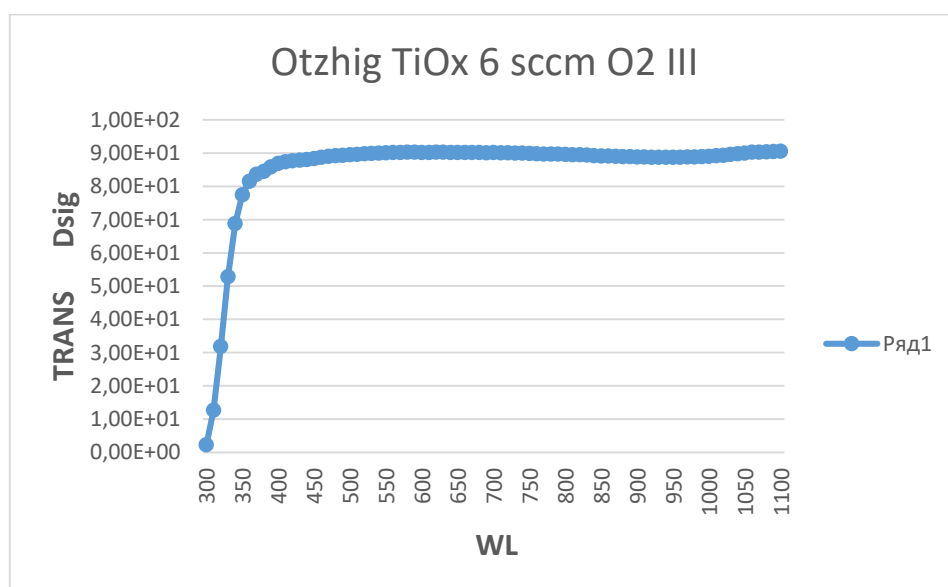
$$\alpha h\nu = A(h\nu - E_g)^\eta$$

Мұндағы  $\alpha$ ,  $h\nu$  және  $A$  сәйкесінше жұтылу коэффициенті, түскен фотонның энергиясы және пропорционалдық тұрақтысы.  $\eta$  – ауысу сипатына тәуелді тұрақты шама ( $\text{TiO}_2$  анатазасының тікелей жолақ саңылауы үшін  $\eta = 1/2$ ). Тікелей жолақ саңылауы астық шекараларындағы тосқауыл биіктігінің өзгеруіне байланысты пленка қалыңдығымен азаяды, бұл өз кезегінде жолақ жиектеріне жақын күйлердің локализацияланған тығыздығын арттырады. Жолақ саңылауы азайған сайын электрондарды валенттік аймақтан өткізгіштік аймаққа қоздыру үшін қажетті минималды энергия да азаяды және фотокаталитикалық өнімділікті жақсартады.

Оптикалық тығыздық (21-24-суреттер) мына формула бойынша есептеледі:

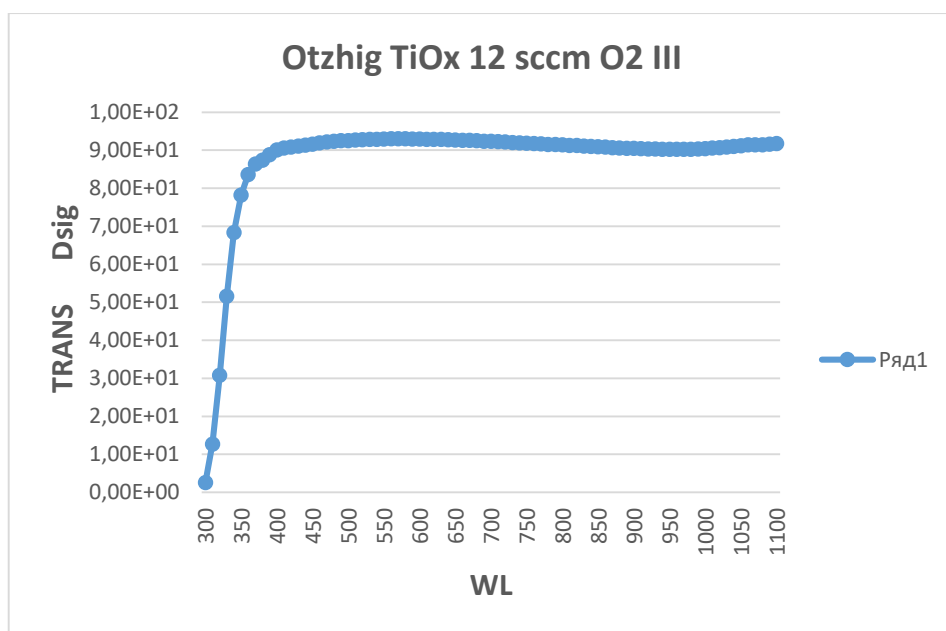
$$D = -\lg T$$

мұндағы  $T$  – өткізу коэффициенті

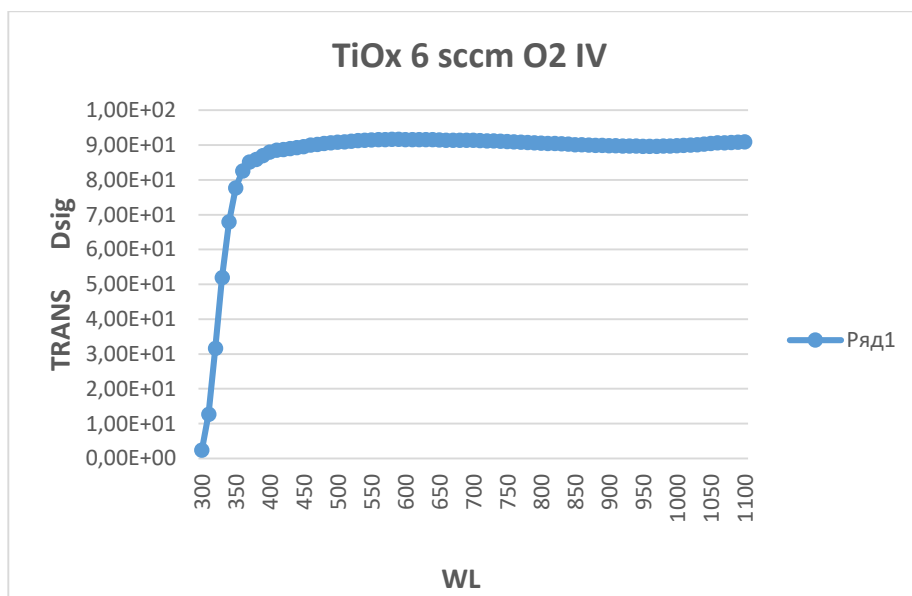


Сурет 21 - Шыны астардағы  $\text{TiO}_2$  жұқа қабықшаларының оптикалық тығыздық диаграммасы

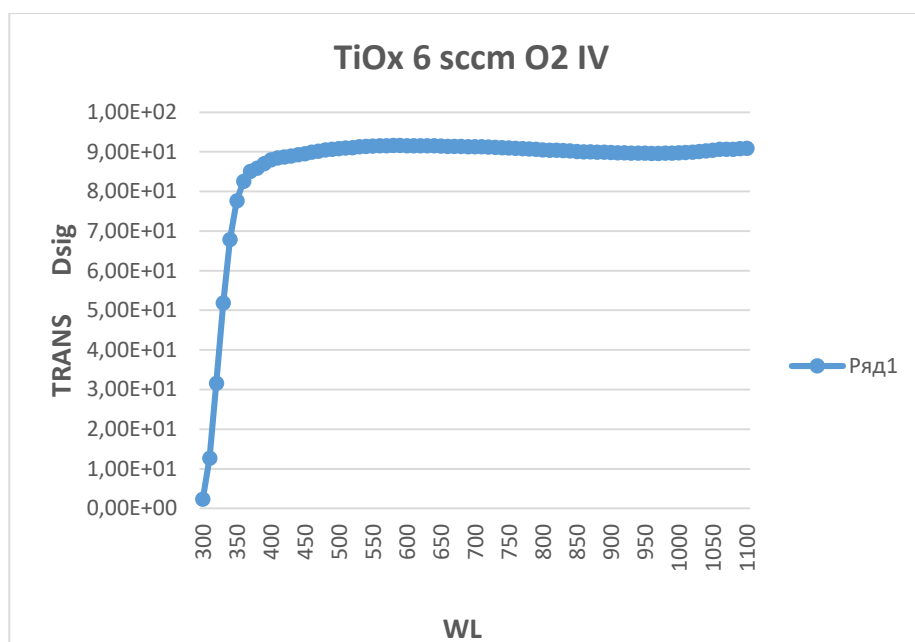




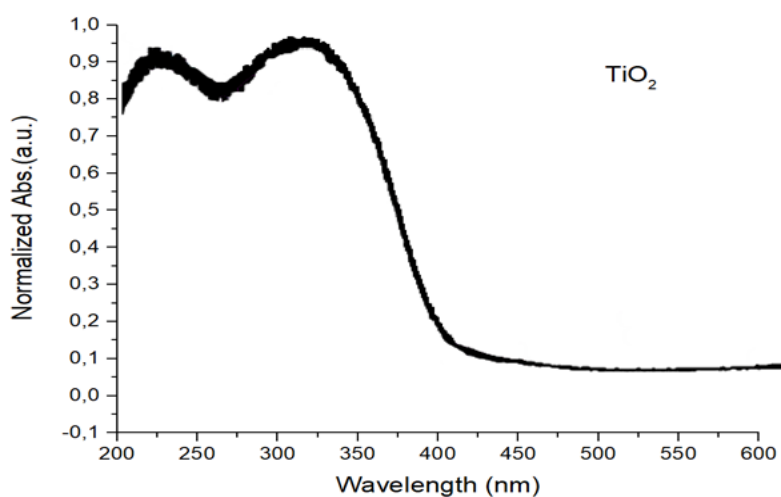
Сурет 22 - Шыны астардағы TiO<sub>2</sub> жұқа қабықшаларының оптикалық тығыздық диаграммасы



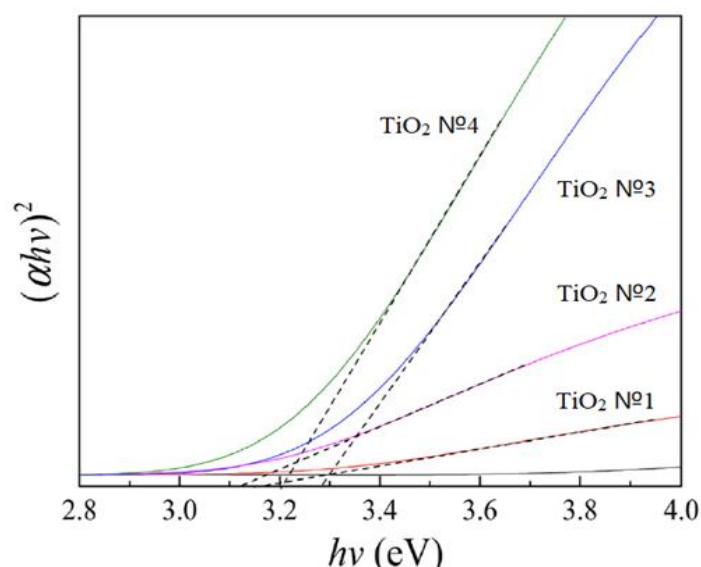
Сурет 23 - Шыны астардағы TiO<sub>2</sub> жұқа қабықшаларының оптикалық тығыздық диаграммасы



Сурет 24 - Шыны астардағы  $\text{TiO}_2$  жұқа қабықшаларының оптикалық тығыздық диаграммасы



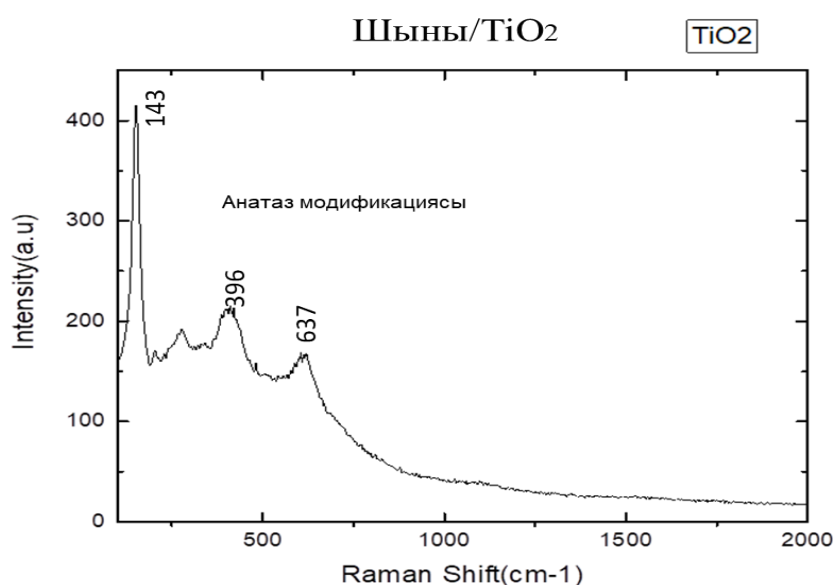
Сурет 25 - Шыны астардағы  $\text{TiO}_2$  жұқа қабықшаларының абсорбциялық спектрлері



Сурет 26 - Шыны астардағы  $\text{TiO}_2$  жұқа қабықшаларының Таук схемасы.

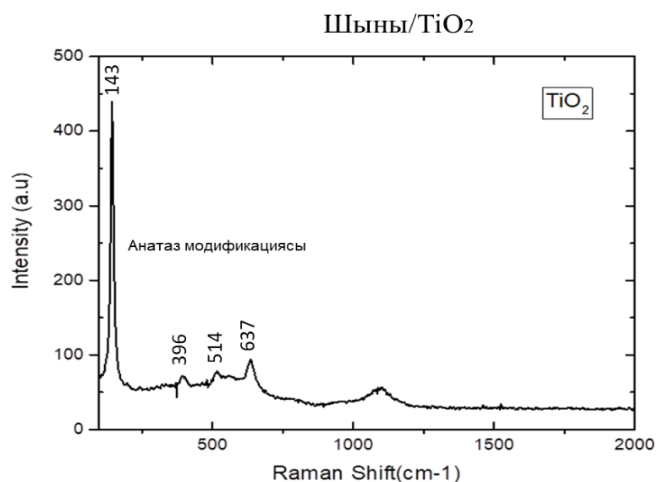
### 3.2 $\text{TiO}_2$ қабықшаларының Раман спектріне сипаттамасы

Үлгілердің құрылымдық және фазалық құрамы кешенді түрде рентгендік дифракциялық талдау және Раман спектроскопиясы арқылы зерттелді. Рентгендік дифракция деректеріне сәйкес (27-сурет) белгілі бір шыңдарды көрсетті. 637, 396 және 143 шыңы барлығы үшін  $150^\circ\text{C}$  температураға дейін осындай кең қашықтық құрылымына ие болды. Спектрлердегі осы шыңдардың барлығы анатазаның модификациясына тән екенін көрсетеді. Яғни магнетронды қабыну кезіндегі анатаза құрылымынан кристалдық модификация түзіледі.



Сурет 27 - Шыны/ $\text{TiO}_2$  үлгісінің Раман спектрі  $150^\circ\text{C}$

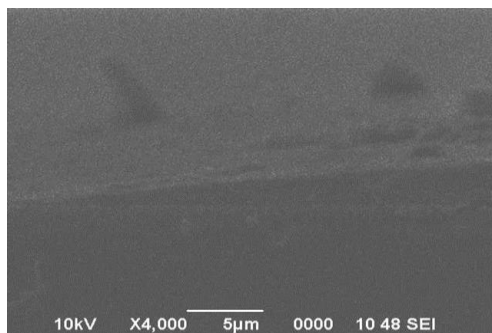
Келесі графикте Раман спектрі (28-сурет) шыны үлгіге 300 °С температурада жасалынды. Сонымен қатар анатаза құрылымына сәйкес келетін 514 қосымша шың байқалады. Әрбір жеке шың үшін кристалдық шыңдарының қарқындылығы мен өткір пішіндерінде байқалатын кристалдық тәртіп орындалды.  $\text{TiO}_2$  үлгісі анатаза және брукит фазаларының қоспасынан тұрады, брукит құрылымы анатазадан қайта құрылады, брукит фазасы басым. Температура жоғары көтерілмеді, себебі қыздыру элементі көбірек қыздыруға мүмкіндік бермиді. Бұл анатаз үшін құрылым дұрыс таңдалғанын нақты көрсетеді және пленкалардың морфологиясыда зерттелді.



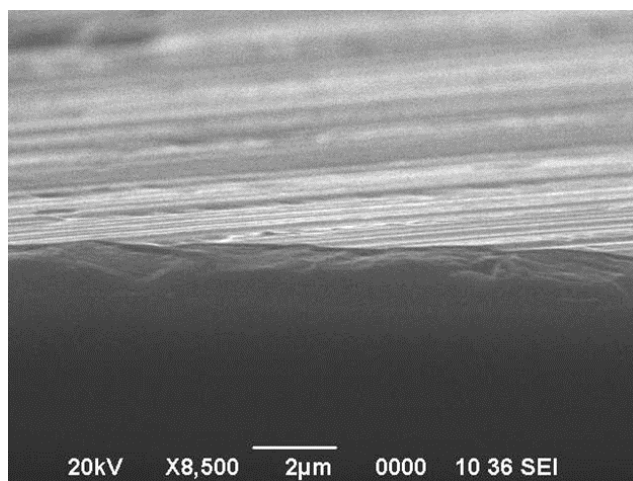
Сурет 28 - Шыны/ $\text{TiO}_2$  үлгісінің Раман спектрі 300°С

### 3.2 $\text{TiO}_2$ жұқа қабықшаларының морфологиясының сипаттамасы

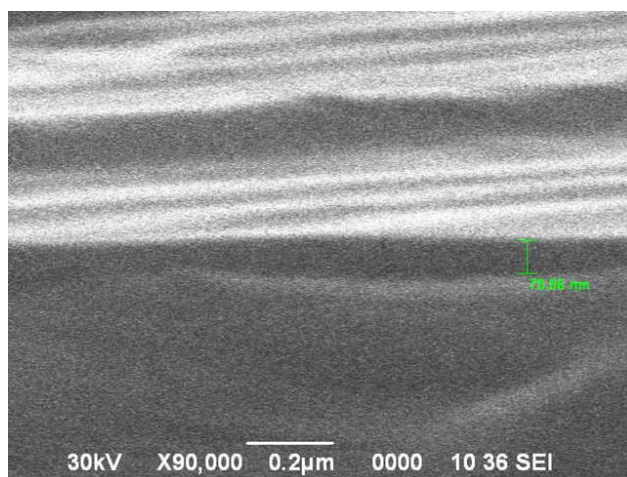
Бүріккіш пиролиз арқылы алынған үлгілердің СЭМ суреттері алынды. Үлгілердің азырақ кедір-бұдыр бетін көрсету үшін (29-31-суреттер) көруге болады. Талдау үлгілер үшін әртүрлі қалыңдықтардың түзілуін көрсетті. Бүріккіш пиролиз арқылы алынған үлгінің №3 қалыңдығы 76 нм. Бұл пішіндер төмен тұманды, субстратқа тамаша адгезияны және жоғары тегістікті қамтамасыз етеді. Жұқа қабықшалар органикалық молекулалардың фотокаталитикалық ыдырауын қоса алғанда, фотокаталитикалық қасиеттерді көрсетеді. Мұның бәрі пленканың қалыңдығы өте кішкентай, шамамен 100 нм.



Сурет 29 - Шыны субстраттағы  $\text{TiO}_2$  жұқа қабықшаларының морфологиясы, үлгі №1, 5 мкм диапазон

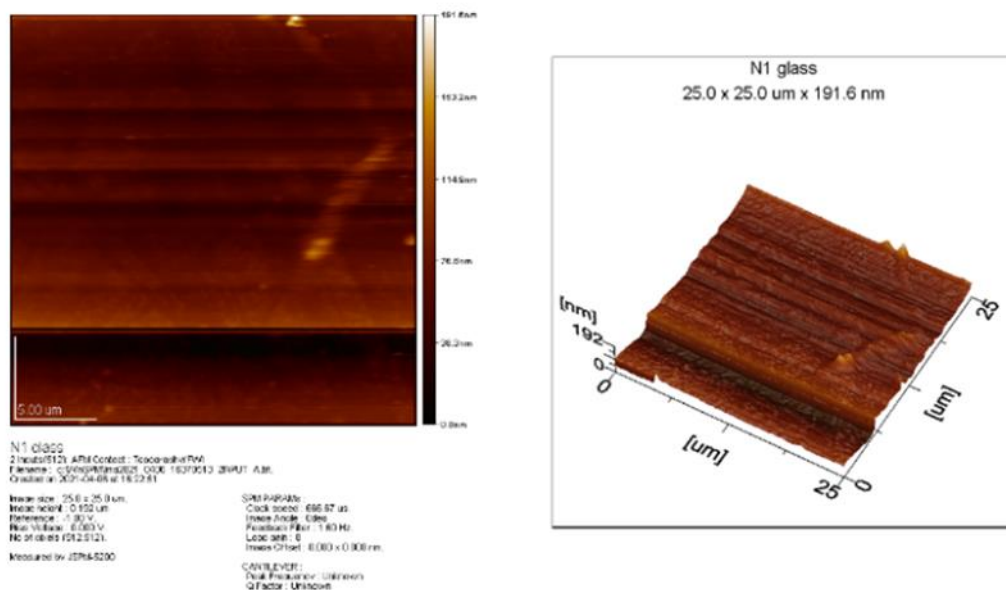


Сурет 30 - Шыны астардағы TiO<sub>2</sub> жұқа қабықтарының морфологиясы, үлгі №2, диапазон 20 мкм

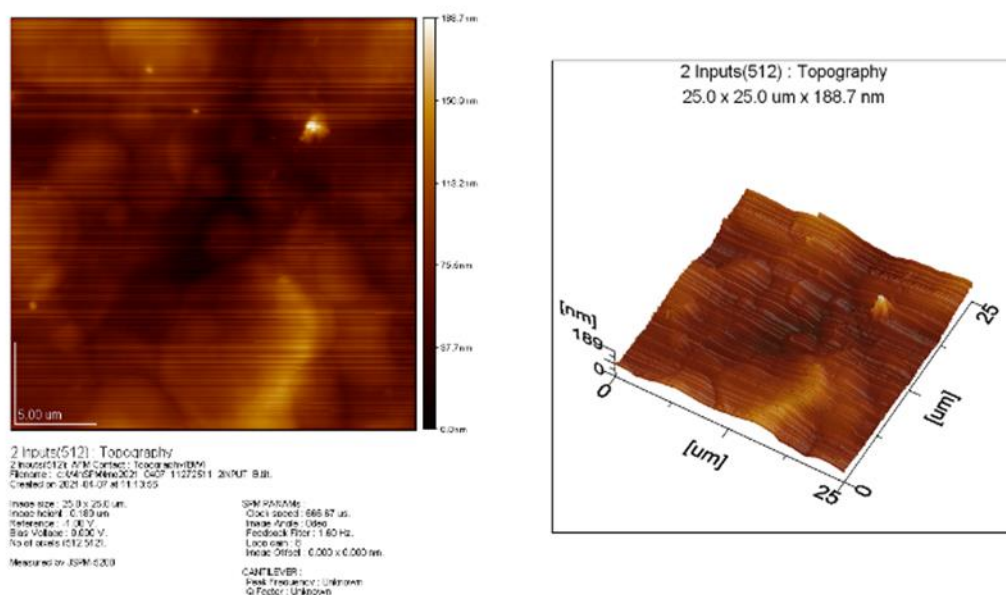


Сурет 31 - Шыны астардағы TiO<sub>2</sub> жұқа қабықшаларының морфологиясы, үлгі №3, диапазон 2 мкм

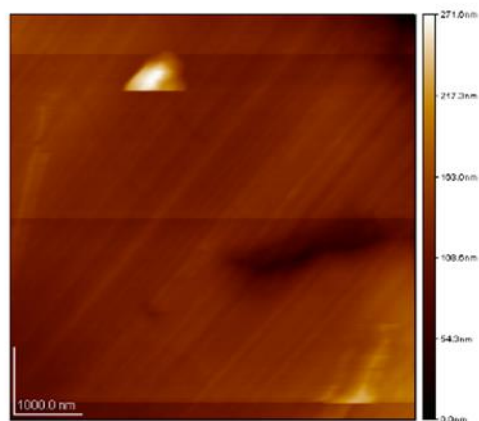
АКМ-де бүріккіш пиролиз және айналдыру арқылы алынған үлгілердің сызбалары алынды. (32-34-суреттер) суреттердің үлгілердің тегіс бетін көрсетеді. (34-сурет) өлшемі 96 нм шағын арал тәріздес сфералық кристаллиттер түзілуі көрсетілген.



Сурет 32 - Шыны астардағы  $TiO_2$  жұқа қабықтарының морфологиясы, үлгі №1, диапазон 25 мкм



Сурет 33 - Шыны астардағы  $TiO_2$  жұқа қабықшаларының морфологиясы, үлгі №2, диапазоны 25 мкм



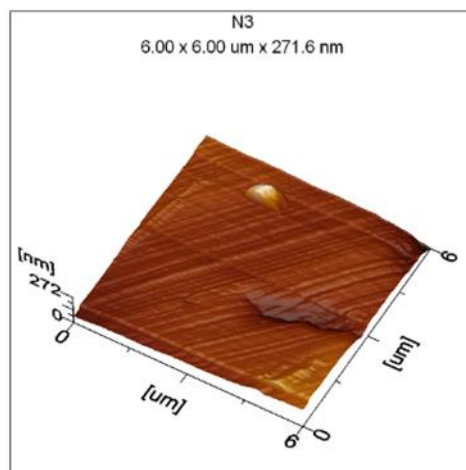
N3  
 2 Inouts/512k AFM Contact: Topographic (PV)  
 Filename: c:\N3\SPM\N3001\_5427\_14402100\_2INPUT\_A.tif  
 Created on 2021-04-07 at 13:54:00

Image size: 6.00 x 6.00 um  
 Image height: 0.272 um  
 Reference: -1.00 V  
 Bias Voltage: 0.000 V  
 No. of axes (S12/S12):

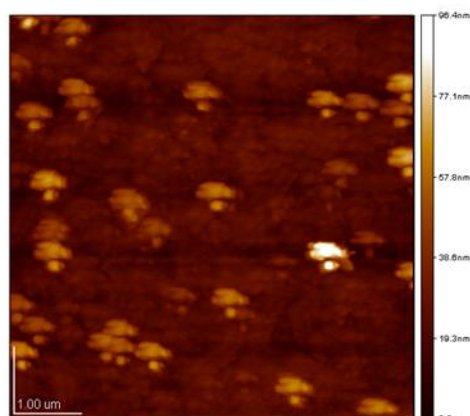
Measured by JSPM-5200

SPM PARAMS  
 Clock speed: 666.67 us  
 Image Angle: 0deg  
 Feedback Filter: 1.50 Hz  
 Loop gain: 8  
 Inset Offset: 0.000 x 0.000 nm

CANTILEVER  
 Peak Frequency: Unknown  
 Q Factor: Unknown



Сурет 34 - Шыны астардағы  $\text{TiO}_2$  жұқа қабықшаларының морфологиясы, үлгі №3, диапазоны 6 мкм



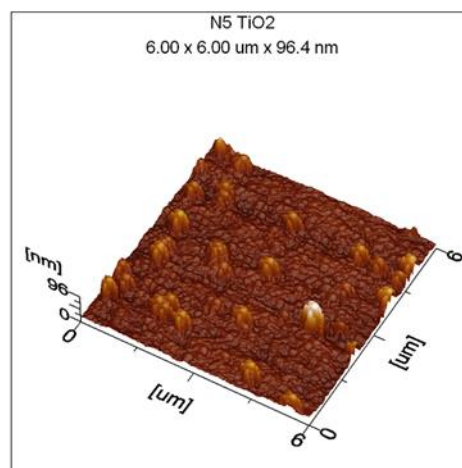
N5 TiO2  
 2 Inouts/512k AFM AC: Topographic (PV)  
 Filename: c:\N5\SPM\N5021\_0514\_15561725\_2INPUT\_A.tif  
 Created on 2021-05-14 at 15:42:40

Image size: 6.00 x 6.00 um  
 Image height: 0.096 um  
 Reference: -3.94 V  
 Bias Voltage: 0.000 V  
 No. of axes (S12/S12):

Measured by JSPM-5200

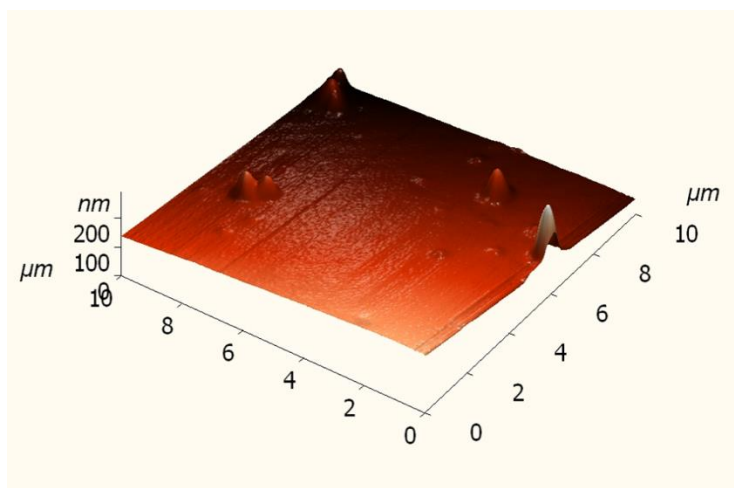
SPM PARAMS  
 Clock speed: 666.67 us  
 Image Angle: 0deg  
 Feedback Filter: 0.20 Hz  
 Loop gain: 16  
 Inset Offset: 0.000 x 0.000 nm

CANTILEVER  
 Peak Frequency: 165.023 kHz  
 Q Factor: 499.959



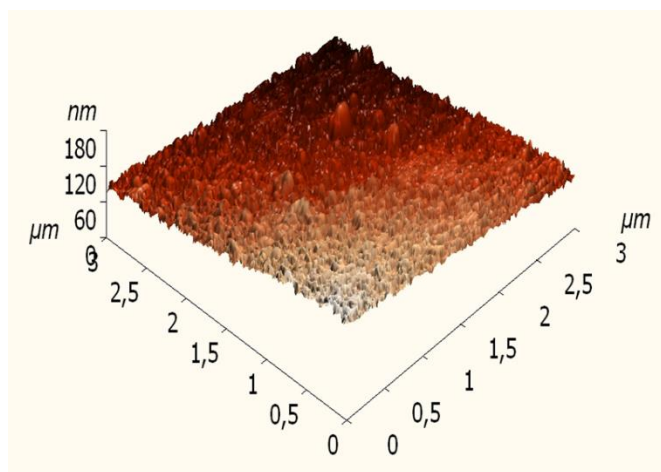
Сурет 35 - Шыны астардағы  $\text{TiO}_2$  жұқа қабықшаларының морфологиясы, үлгі №4, диапазоны 6 мкм

Пленканың беткі топографиясы пленка бетінің морфологиясы атомдық күштік микроскоппен жартылай контактілі зондтау әдісімен кремний субстраты 1.00 көрсеткішінде көрсетіліп (36-сурет) зерттелді.



Сурет 36 - АҚМ кремний субстраттары

(37-сурет) Қабаттың морфологиясы көрініп тұрғандай пленкамен қолданылатын кедір-бұдыр шырша тәріздес 500 немесе 1000 нанометрді құрайды.



Сурет 37 - АҚМ кремний субстратындағы TiO<sub>2</sub> қабаты

### 3.3 TiO<sub>2</sub> қабықшаларының құрылымы

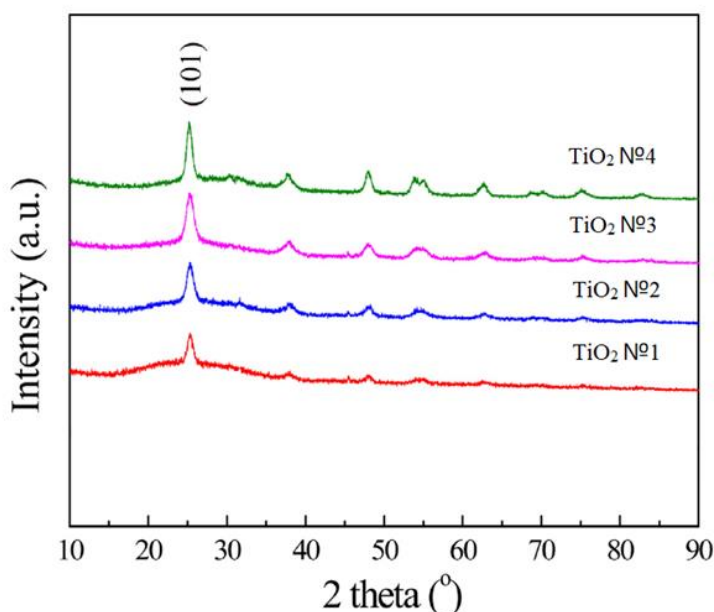
XRD шыңдары түйір өлшемі, құрылымы және тор деформациясы туралы ақпаратты береді. Шыны астардағы TiO<sub>2</sub> жұқа қабықшаларының рентгендік дифракциялық талдау диаграммасы (38-сурет) көрсетілген. TiO<sub>2</sub> жұқа қабықшаларының диаграммасы TiO<sub>2</sub> анатазасының дифракциялық үлгілерімен сәйкес келеді. 4-кестеде TiO<sub>2</sub> жұқа қабықшаларының тор параметрлері мен анатаза түйіршіктерінің мөлшері келтірілген. Anatase TiO<sub>2</sub> түйіршіктерінің орташа мөлшері Шеррер теңдеуі арқылы бағаланады.

Шеррер теңдеуі:

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



мұндағы  $D$  - кристаллиттің орташа өлшемі,  $K$  - пішін факторы, 0,94 деп қабылданады,  $\lambda$  - рентгендік толқын ұзындығы ( $\text{CuK}\alpha = 0,15418 \text{ нм}$ ),  $\beta$  - сәйкес базалық сызық сызылғаннан кейінгі FWHM,  $\theta$  - дифракция бұрышы шыңында.



Сурет 38 - Шыны астардағы  $\text{TiO}_2$  жұқа қабықшаларының рентгендік дифракциялық талдауының диаграммасы.

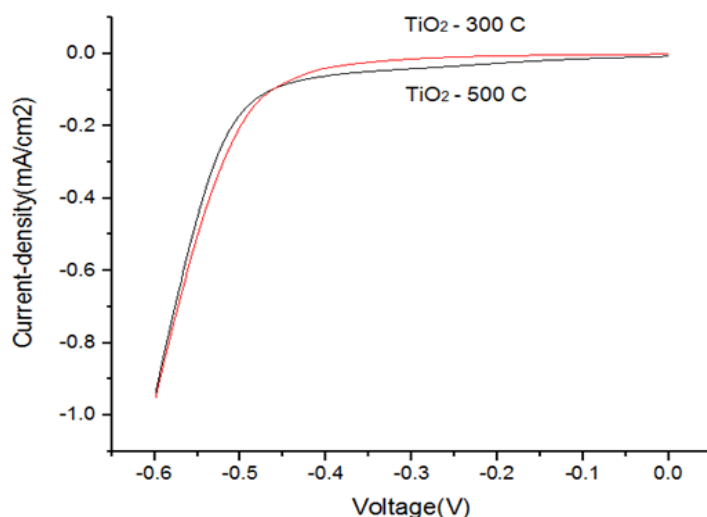
Үлгілер	$a = b$ (нм)	$c$ (нм)	$V$ (нм <sup>3</sup> )	Астық мөлшері (нм)
№1	0.37257	0.93931	0.13039	9.5
№2	0.37128	0.93917	0.12947	10.7
№3	0.37197	0.93933	0.12997	12
№4	0.37311	0.93352	0.12995	12.4

Кесте 4 - Үлгілердегі  $\text{TiO}_2$  жұқа қабықшаларының торларының параметрлері және анатаза мөлшері.

### 3.4 Фотокаталитикалық белсенділіктің сипаттамасы

Фотокаталитикалық белсенділік (29-сурет) көрсетілгендей КОН фотодеградациясымен тексерілді. Үлгілер әртүрлі температурада күйдірілді. Күтілетіндей көрінетін жарықтандыру кезінде  $\text{TiO}_2$  қабықшалары болмаған кезде КОН аздаған фотокаталитикалық ыдырау байқалды.  $\text{TiO}_2$  жұқа қабықшаларында КОН айтарлықтай ыдырауы байқалды, бұл бұл пленкалардың фотокаталитикалық белсенді екенін және сондықтан тезірек ыдырайтынын көрсетеді.  $\text{TiO}_2$  жұқа қабықшаларының фотокаталитикалық белсенділігі көрінетін жарық сәулеленуі кезінде  $\text{TiO}_2$  катализаторының бетінде түзілетін гидроксил ( $\text{HO}^\cdot$ ), сутегі асқын тотығы ( $\text{HO}_2^\cdot$ ) және супероксид ( $^\cdot\text{O}_2$ ) сияқты жоғары тотықтырғыш радикалдардың түзілуіне байланысты. (39-сурет) үлгілерді 300 Вт ксенон шамымен сәулелендіру кезінде 300 және 500°C температурада күйдірілген шыныдағы  $\text{TiO}_2$  қабықшаларының ток кернеуінің

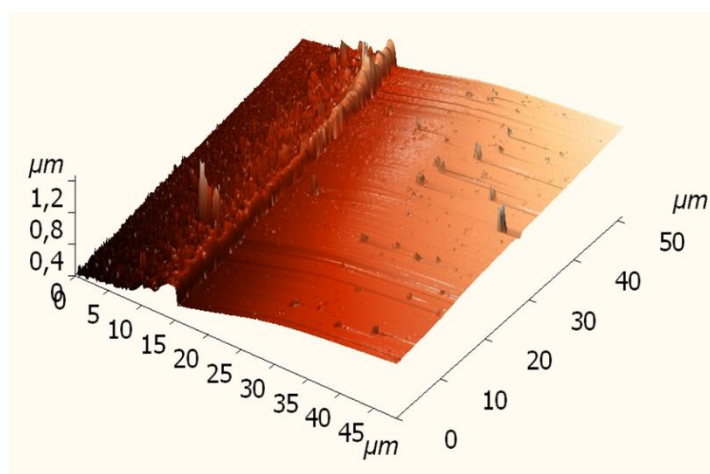
сипаттамалары көрсетілген. Суреттен біз 300°C температурада сутегінің бастапқы эволюциясының потенциалы шамамен 0,5 В-та пайда болатынын, сонымен бірге 500°C температурада жасатылған пленка үшін шамамен -0,6 В-қа жететінін көреміз. Ток тығыздығы сәйкесінше 300°C температурада үлгі үшін шамамен 0,94 мА/см<sup>2</sup> және 500°C үшін 0,96 мА/см<sup>2</sup> құрайды. Бастапқы жоғары потенциалда және аз ток тығыздығында электродта пайда болған сутегі көпіршіктерінің пайда болуын байқау қиын.



Сурет 39 - TiO<sub>2</sub> жұқа қабықшаларының IV сипаттамасы

### 3.5 АКМ әдісімен TiO<sub>2</sub> қабатының тұндыру жылдамдығын анықтау

АКМ әдісімен TiO<sub>2</sub> қабатының 20 минутта өсу жылдамдығы анықталды, 20 минутта титан диоксид пленкасы түзілді. Нәтижесінде қалыңдығы шамамен 400 нанометр болды. Осыған байланысты минутына 20 нанометр өсу жылдамдығы 20 минутқа жетеді. (40-сурет) Пленканың бір шетін алюминий фольгамен жауып қойып жасалды, себебі қалыңдығын көру үшін.



Сурет 40 - Si100 субстратында TiO<sub>2</sub> 20 минут

#### 4 ҚОРЫТЫНДЫ

Жұмыс барысында  $\text{TiO}_2$  жұқа қабықшаларының тәжірибелер сипаттамалары зерттелді, олардың фотокаталитикалық белсенділігі өлшенді. Келесі нәтижелер алынды:  $\text{TiO}_2$  пленка үлгілерінің сіңіру спектрлері 410 нм-ге дейінгі УК диапазонын көрсетті. Көрінетін спектрде абсорбция табылған жоқ.

СЭМ талдауы ерітіндіні 6 рет дәйекті жағу арқылы айналдыру әдісімен алынған үлгілер үшін қалыңдығы 76 нм қабаттың түзілуін көрсетті.

Жартылай контактілі режимде өлшенген үлгілердің АҚМ кескіндері шамамен 100 нм өлшемдері бар шағын арал тәріздес сфералық кристаллиттер түзілуін көрсетеді.

$\text{TiO}_2$  жұқа қабықшаларының рентгендік дифракциялық талдауы наноөлшемді қабықшаларды синтездеу кезінде аморфты құрылымның түзілуін көрсетті. Кристаллдың шындары анықталмаған.

Үлгілерді 300 Вт ксенон шамымен сәулелендіру кезінде. 300°C температурада сутегінің бастапқы эволюциялық потенциалы шамамен 0,5 В-та пайда болады, сонымен бірге ол шамамен -0,6 В-қа жетеді, 500°C температурада жасытылған пленка үшін. Ток тығыздығы сәйкесінше 300°C температурада үлгі үшін шамамен 0,94 мА/см<sup>2</sup> және 500°C үшін 0,96 мА/см<sup>2</sup> құрайды. Бастапқы жоғары потенциалда және аз ток тығыздығында электродта пайда болған сутегі көпіршіктерінің пайда болуын байқау қиын.

## ПАЙДАЛАНҒАН ӘДБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Kuznesof P.M. Titanium Dioxide // Chemical and Technical assessment. JECFA. Rome. Staly. - 2006
2. Marchand, R., L. Brohan, and M. Tournoux, TiO<sub>2</sub>(B) a new form of titanium dioxide and the potassium octatitanate K<sub>2</sub>Ti<sub>8</sub>O<sub>17</sub>. Materials Research Bulletin, 1980.
3. <https://tdma.info/what-is-titanium-dioxide/>
4. Hanaor, Dorian A. H.; Sorrell, Charles C. (2014). «Sand Supported Mixed-Phase TiO<sub>2</sub> Photocatalysts for Water Decontamination Applications». Advanced Engineering Materials. [https://en.wikipedia.org/wiki/Titanium\\_dioxide](https://en.wikipedia.org/wiki/Titanium_dioxide)
5. Dubrovinskaia N. A.; Dubrovinsky L. S.; Ahuja R.; Prokopenko V. B.; Dmitriev V.; Weber H.-P.; Osorio-Guillen J. M.; Johansson B. (2001). «Experimental and Theoretical Identification of a New High-Pressure TiO<sub>2</sub> Polymorph». Phys. Rev. h
6. Jafari, T.; Moharrerri, E.; Amin, A.S.; Miao, R.; Song, W.; Suib, S.L. Photocatalytic water splitting-the untamed dream: A Review of recent advances. Molecules 2016.
7. Pulido Melián, E.; González Díaz, O.; Ortega Méndez, A.; López, C.R.; Nereida Suárez, M.; Doña Rodríguez, J.M.; Navío, J.A.; Fernández Hevia, D.; Pérez Peña, J. Efficient and affordable hydrogen production by water photo-splitting using TiO<sub>2</sub>-based photocatalysts. Int. J. Hydrog. Energy 2013
8. Chen, X.; Mao, S.S. Titanium dioxide nanomaterials: Synthesis, properties, modifications, and applications. Chem. Rev. 2007 <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/6/1687/htm>
9. Pieper, H.H.; Venkataramani, K.; Torbrugge, S.; Bahr, S.; Lauritsen, J.V.; Besenbacher, F.; Kuehnle, A.; Reichling, M. Unravelling the atomic structure of cross-linked (1 × 2) TiO<sub>2</sub>(110). Phys. Chem. Chem. Phys. 2010
10. Schuster, B.E.; Casu, M.B.; Biswas, I.; Hinderhofer, A.; Gerlach, A.; Schreiberb, F.; Chasse, T. Role of the substrate in electronic structure, molecular orientation, and morphology of organic thin films: Diindenoperylene on rutile TiO<sub>2</sub>(110). Phys. Chem. Chem. Phys. 2009
11. O'Regan, B.; Grätzel, M. A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO<sub>2</sub> films. Nature 1991 [https://www.researchgate.net/publication/235385797\\_Adsorption\\_and\\_Self-Assembly\\_of\\_Large\\_Polycyclic\\_Molecules\\_on\\_the\\_Surfaces\\_of\\_TiO2\\_Single\\_Crystals#pf7](https://www.researchgate.net/publication/235385797_Adsorption_and_Self-Assembly_of_Large_Polycyclic_Molecules_on_the_Surfaces_of_TiO2_Single_Crystals#pf7)
12. Meinshausen, M.; Meinshausen, N.; Hare, W.; Raper, S.C.B.; Frieler, K.; Knutti, R.; Frame, D.J.; Allen, M.R. Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 °C. Nature 2009
13. Yen Kheng, T. Review of Energy Harvesting Technologies for Sustainable WSN. In Sustainable Wireless Sensor Networks; Sanjib Kumar Panda, E.D.W.S.E.D.Y.K.T., Ed.; Chapter 2; IntechOpen: Rijeka, Croatia, 2010
14. Subramanian, V.; Wolf, E.E.; Kamat, P.V. Green Emission to Probe Photoinduced Charging Events in ZnO–Au Nanoparticles. Charge Distribution and Fermi-Level Equilibration. J. Phys. Chem. B 2003

15. Simons P Y, Dachille F (1967) The structure of TiO<sub>2</sub>II, a high-pressure phase of TiO<sub>2</sub>. Acta Crystallogr.
16. Akimoto J, Gotoh Y, Oosawa Y, Nonose N, Kumagai T, Aoki K, Takei H (1994) Topotactic Oxidation of Ramsdellite-Type Li<sub>0.5</sub>TiO<sub>2</sub>, a New Polymorph of Titanium Dioxide: TiO<sub>2</sub>(R). J. Solid State Chem.
17. Oliver P M, Watson G W, Kelsey E T, Parker S C, (1997) Atomistic simulation of the surface structure of the TiO<sub>2</sub> polymorphs rutile and anatase. J. Mater.Chem.  
[file:///C:/Users/%D0%97%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%84%D0%B0%D1%82/Downloads/Synthesis\\_of\\_Titanium\\_Dioxide\\_Nanocrystals\\_with\\_Co.pdf](file:///C:/Users/%D0%97%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%84%D0%B0%D1%82/Downloads/Synthesis_of_Titanium_Dioxide_Nanocrystals_with_Co.pdf)
18. Gambogi, J., 2010. Titanium and titanium dioxide, mineral commodity summaries. // US Geological Surv.
19. Gambogi, J., 2009b. Titanium mineral concentrates. // US Geological Surv
20. Статьи-Диоксид титана: свойства, технологии, применение  
<https://ucgrus.com/statyi/dioksid-titana-svoystva-tehnologii-primenenie/>
21. Dong, Z.; Ding, D.; Li, T.; Ning, C. Ni-doped TiO<sub>2</sub> nanotubes photoanode for enhanced photoelectrochemical water splitting. Appl. Surf. Sci. 2018
22. Sawant, S.Y.; Sayed, M.S.; Han, T.H.; Karim, M.R.; Shim, J.J.; Cho, M.H. Bio-synthesis of finely distributed Ag nanoparticle-decorated TiO<sub>2</sub> nanorods for sunlight-induced photoelectrochemical water splitting. J. Ind. Eng. Chem. 2019
23. Bellamkonda, S.; Thangavel, N.; Hafeez, H.Y.; Neppolian, B.; Rao, G.R. Highly active and stable multi-walled carbon nanotubes-graphene-TiO<sub>2</sub> nanohybrid: An efficient non-noble metal photocatalyst for water splitting. Catal. Today 2019  
<https://www.mdpi.com/1420-3049/26/6/1687/htm>
24. Tourinho, Paula S.; van Gestel, Cornelis A. M.; Lofts, Stephen; Svendsen, Claus; Soares, Amadeu M. V. M.; Loureiro, Susana (1 August 2012). «Metal-based nanoparticles in soil: Fate, behavior, and effects on soil invertebrates». Environmental Toxicology and Chemistry.
25. Winkler, Jochen (2003). Titanium Dioxide. Hannover, Germany: Vincentz Network.
26. Jochen (2003). Titanium Dioxide. Hannover: Vincentz Network.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Titanium\\_dioxide](https://en.wikipedia.org/wiki/Titanium_dioxide)
27. Kondrakov AO, Ignatev AN, Lunin VV, Frimmel FH, Braese S, Horn H (2016). «Roles of water and dissolved oxygen in photocatalytic generation of free OH radicals in aqueous TiO<sub>2</sub> suspensions: An isotope labeling study». Applied Catalysis B: Environmental.
28. Kudo, Akihiko; Kato, Hideki; Tsuji, Issei (2004). «Strategies for the Development of Visible-light-driven Photocatalysts for Water Splitting». Chemistry Letters.
29. Linsebigler, Amy L.; Lu, Guangquan.; Yates, John T. (1995). «Photocatalysis on TiO<sub>2</sub> Surfaces: Principles, Mechanisms, and Selected Results». Chemical Reviews.  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Photocatalysis>
30. Wang, S. M. Zakeeruddin, J. E. Moser, R. Humphry-Baker, P. Comte, V. Aranyos, A. Hagfeldt, M. K. Nazeeruddin and M. Gratzel, Adv. Mater., 2004
31. E. L. Miller, in On Solar Hydrogen & Nanotechnology, John Wiley & Sons., 2010

32. B. Luk'yanchuk, N. I. Zheludev, S. A. Maier, N. J. Halas, P. Nordlander, H. Giessen and C. T. Chong, *Nat. Mater.*, 2010  
[file:///C:/Users/%D0%97%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%84%D0%B0%D1%82/Downloads/nano-architectureandmaterialdesignsforwatersplittingphotoelectrodes%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/%D0%97%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%84%D0%B0%D1%82/Downloads/nano-architectureandmaterialdesignsforwatersplittingphotoelectrodes%20(1).pdf)
33. Kewei Wang, Ruihua Zhang, Na Sun, Xinpan Li, Jine Wang, Yi Cao, and Renjun Pei Near-Infrared Light-Driven Photoelectrochemical Aptasensor Based on the Upconversion Nanoparticles and TiO<sub>2</sub>/CdTe Heterostructure for Detection of Cancer Cells. *ACS Applied Materials & Interfaces* 2016
34. Bo Chen, Junbo Hou, and Kathy Lu . Formation Mechanism of TiO<sub>2</sub> Nanotubes and Their Applications in Photoelectrochemical Water Splitting and Supercapacitors. *Langmuir* 2013
35. British Petroleum Public Limited Company, BP statistical Review of World Energy (2012)  
[file:///C:/Users/%D0%97%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%84%D0%B0%D1%82/Downloads/Well-aligned\\_TiO2\\_nanotube\\_arrays\\_for\\_energy-relat.pdf](file:///C:/Users/%D0%97%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%84%D0%B0%D1%82/Downloads/Well-aligned_TiO2_nanotube_arrays_for_energy-relat.pdf)
36. Huang, M.; Xu, C.; Wu, Z.; Huang, Y.; Lin, J.; Wu, J. Photocatalytic discolorization of methyl orange solution by Pt modified TiO<sub>2</sub> loaded on natural zeolite. *Dyes Pigments* 2008
37. Mohamed, M.; Khairou, K.S. Preparation and characterization of nano-silver/mesoporous titania photocatalysts for herbicide degradation. *Microporous Mesoporous Mater.* 2011
38. Petala, A.; Frontistis, Z.; Antonopoulou, M.; Konstantinou, I.; Kondarides, D.I.; Mantzavinos, D. Kinetics of ethylparaben degradation by simulated solar radiation in the presence of N-doped TiO<sub>2</sub> catalysts. *Water Res.* 2015
39. <https://zen.yandex.ru/media/id/5e958d89d5e2ed0d669d80ed/dioksid-titana-soivstva-tehnologii-primeneniie-60420a0144edc66681294308>
40. A. Idris, Z. Majidnia, P. Roushenas, R. Nasiri, J.H. Almaki, Anatase TiO<sub>2</sub> nanoparticles synthesis for removal heavy metals from wastewater, in: Presented at the International Science Postgraduate Conference 2014 UniversitiTeknologi Malaysia, 2014.
41. Fujishima, A., X. Zhang, and D. Tryk, TiO<sub>2</sub> photocatalysis and related surface phenomena. *Surface Science Reports*, 2008
42. Alzamani M, Eghdam E. Sol–gel synthesis of TiO<sub>2</sub> nanostructured film on SiO<sub>2</sub> pre-coated glass with a comparative study of solvent effect on the film properties. *J Sol-Gel Sci Technol* 2016

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінің  
Ө.А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институтының және  
Материалтану, нанотехнологиялар және инженерлік физика кафедрасының  
4-курс студенті Кенгесбаева Динараның «Магнетронды тозандату әдесімен  
TiO<sub>2</sub> алу және олардың оптикалық сипаттамаларын зерттеу» атты бітіру  
жұмысына

### РЕЦЕНЗИЯ

Титан диоксид жұқа қабықшаларының фотокаталитикалық белсенділігі сонымен қатар қалыңдық, беттің кедір-бұдыры, түйіршік немесе бөлшектердің өлшемі, кеуек өлшемдерінің таралуы және қабықшаның кеуектілігі сияқты текстуралық қасиеттерге байланысты болады. Оптика және фотокатализ үшін титан диоксидінің негізгі кемшілігі тек жақын ультракүлгін сәулелену әрекетіндегі белсенділігі болып келеді.

Бітіру жұмысында теориялық бөлімге көп мән берілген. Зерттеу нәтижесінде TiO<sub>2</sub> жұқа қабықшаларының рентгендік дифракциялық талдауы наноөлшемді қабықшаларды синтездеу кезінде аморфты құрылымның түзілуін көрсетті. Физика-химиялық зерттеулер бұл алынған үлгінің қажетті барлық талаптарға сай екендігін, алдағы уақытта зерттеуді жалғастыруға және отындық элементтерде қолдануға болатындығын көрсетіп отыр. Бітіру жұмысы 4 бөлімнен тұрады:

Бірінші бөлімде келесі мәселелер қарастырылған: титан диоксиді және оның құрлымымен қолданысы, титан диоксидін титан диоксидің жүретін физикалық-химиялық процесстер, TiO<sub>2</sub> алу әдістері, оптикалық қасиеттері жөнінде әдиби шолу жасалынған.

2-ші бөлімде: магнетронды құрылғының сипаттамасы мен жұмыс істеу принципі, үлгілерді әзірлеу сипатталады және студенттің тәжірибелік жұмысының әр қадамы баяндалады.

Ал 3-ші бөлімде алынған үлгінің физика-химиялық қасиеттерін зерттеу және нәтижелерді өңдеу сөз болады. Алынған үлгінің жұқа қабықшаларының тәжірибелер сипаттамалары зерттеледі, олардың фотокаталитикалық белсенділігі өлшенеді. TiO<sub>2</sub> пленка үлгілерінің сіңіру спектрлері 410 нм-ге дейінгі УК диапазоны келтірілген. Ал бетін зертеудің нәтижесі ретінде СЭМ және АҚМ алынған суреттері ұсынылып отыр.

Жұмыста кейбір стилистикалық қателер кездеседі, бірақ орындалған жұмысты барлық талаптарға сай толығымен білікті еңбек ретінде мақұлдауға болады. Ал осы еңбектің авторы Кенгесбаева Динара өте жақсы 100% «А» деген бағаға және техникалық физика мамандығы бойынша бакалавр дәрежесін алуға лайықты деп ойлаймын.

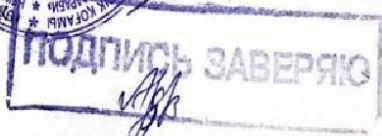
**Пікір беруші:**

Әль-Фараби атындағы Қазақ  
Аға оқытушы, PhD

«31» мамыр 2022



Кудайбергенов К.К.



5B072300 - «Техникалық физика» мамандығы бойынша білім алушы Кенгесбаева Динара Таранқызының «Магнетронды тозаңдату арқылы  $TiO_2$  алу және олардың оптикалық сипаттамаларын зерттеу» атты дипломдық жұмысына.

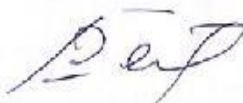
### Пікір

Қазіргі уақытта титан диоксиді үлкен сұранысқа ие материалдардың бірі болып табылады. Сондықтан, бұл тақырып қазіргі таңдағы қызықты әрі өзекті болып саналады.

Студент магнетронды тозаңдату арқылы  $TiO_2$  алу және олардың оптикалық сипаттамаларын зерттеу үшін үлкен тәжірибелік жұмыс жүргізді. Жұмыста титан диоксидіне жалпы сипаттама берілген, қасиеттері және қолдану аймағы, зерттеудің мақсаты нақты анықталған, зерттеудің теориялық негіздері, алынған нәтижелерді талдау, қорытынды жазылған. Оң бағалауға лайық және автордың зерттеу мәдениетін куәландырады.

Жалпы жұмыс тақырыпты толық ашады. Мазмұны және практикалық жұмыс жоғары деңгейде орындалғанын және барлық талаптарға жауап беретін толық білікті жұмыс ретінде мақұлданғанын көрсетеді. Дипломдық жұмыстың авторы Кенгесбаева Динара Таранқызының өте жақсы 96% деген бағаға және 5B072300 - «Техникалық физика» мамандығы бойынша бакалавр дәрежесін алуға лайық деп ойлаймын.

Ғылыми жетекші



Бейсенов Р.Е.



## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Кенгесбаева Динара Таранқызы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Магнетронды тозандату арқылы TiO<sub>2</sub> алу және олардың оптикалық сипаттамаларын зерттеу

**Научный руководитель:** Ренат Бейсенов

**Коэффициент Подобия 1:** 10.8

**Коэффициент Подобия 2:** 5.8

**Микропробель:** 0

**Знаки из других алфавитов:** 13

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

Дата 3.06.2022

проверяющий эксперт

**Протокол**

**о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)**

**Автор:** Кенгесбаева Динара Тарапқызы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Магнетронды тозаңдату арқылы TiO<sub>2</sub> алу және олардың оптикалық сипаттамаларын зерттеу

**Научный руководитель:** Ренат Бейсенов

**Коэффициент Подобия 1:** 10.8

**Коэффициент Подобия 2:** 5.8

**Микропробелы:** 0

**Знаки из других алфавитов:** 13

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата 03.06.2022

Заведующий кафедрой



**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті  
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагнаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

**Автор: Кенгесбаева Динара Таранқызы**

**Тақырыбы: Магнетронды тозаңлату арқылы TiO<sub>2</sub> алу және олардың оптикалық сипаттамаларын зерттеу**

**Жетекшісі: Ренат Бейсенов**

**1-ұқсастық коэффициенті (30): 10.8**

**2-ұқсастық коэффициенті (5): 5.8**

**Дәйексөз (35): 1.1**

**Әріптерді ауыстыру: 13**

**Аралықтар: 0**

**Шағын кеңістіктер: 0**

**Ақ белгілер: 0**

**Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :**

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілісін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

**Негіздеме:**

Күні 03.06.2022

Кафедра меңгерушісі

