

**Бүлкенев С.М.**, Академик Е.А.Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, физика-техникалық факультеті, М2-ФО-22-1к тобы, магистрант  
(Ғылыми жетекшілері - PhD, қауымд.проф. Омарова Г.С., ж.з.м. Садықова А.Е.)

## **Ag НАНОБӨЛШЕКТЕРІНІҢ ҚАТЫСУЫМЕН РУТИНДІК БОЯҒЫШПЕН СЕНСИБИЛИЗАЦИЯЛАНҒАН КҮН ҰЯШЫҒЫНЫҢ ФОТОВОЛЬТАИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ**

Қазіргі таңда Күннің жарығы ең көп таралған әрі сарқылмайтын энергия көзі болып табылады [1]. Күн ұяшықтарын пайдалану электромагниттік толқын ретінде үздіксіз келіп жатқан күн энергиясын баламалы энгергетикаға айналдыру көзінің бірегейі[2-3]. Әсіресе 1991 жылдан бері зерттеліп келе жатқан Гретцель ұяшықтары өзінің өзектілігін әлі жоғалтқан жоқ.  $TiO_2$  негізіндегі күн батареялары келіп түскен күн энергиясын жақсы жұтуын және келіп түскен күн сәулесінің электр тогына түрлендірудің жоғары тиімділігін көрсетеді.  $TiO_2$  кең аймақтық жартылай өткізгіштер арасында балку температурасының жоғарылығы, химиялық инерттілік, жоғары фототүрлендіру тиімділігі және фототұрақтылық сияқты физикалық және оптикалық қасиеттеріне байланысты ерекше орын алады. Сонымен қатар титан басқа жартылай өткізгіштерге қарағанда экологиялық тазалығымен, ультракүлгін жарықты жақсы жұтуымен, абсорбция және өткізгіштік қасиеттерінің жоғарылығымен тиімдірек. Оған қоса титан диоксиді жоғары тотығу қабілеті мен қоршаған ортаға қатысты химиялық тұрақтылығына байланысты кең таралған фотокатализатор болып табылады [4]. Титанның бағасы да арзан әрі онымен жұмыс жасау қауіпсіз. Дегенменде оның бірқатар өзіндік кемшіліктері бар, олардың қатарына электронды-кемтіктік жұптың әлсіз бөлінуін және жұтылу спектрінің ультракүлгін аймақта ғана болуын жатқызуға болады.  $TiO_2$  жұту спектрін көрінетін сәулелену аймағына жылжытуға бағытталған әртүрлі металдармен, органикалық және металл емес қоспалармен модификациялау оның күн сәулесінің энергиясын толыққанды пайдалануға мүмкіндік береді.  $TiO_2$  құрылымына қоспаларды енгізу плазмондық қасиетіне оң әсер ету ықтималдылығы жоғары.

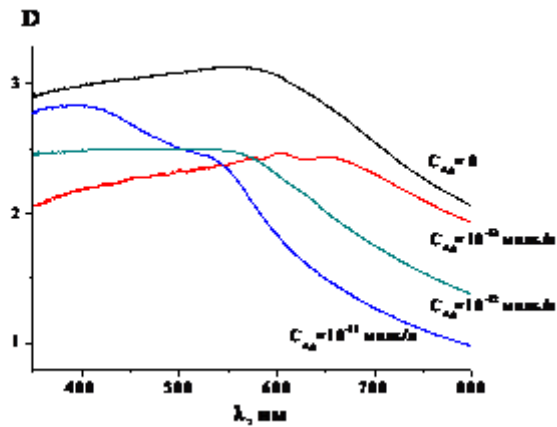
Металл нанобөлшектері бар нанокұрылымды композиттер жасау арқылы плазмондық қасиеттерінің есебінен жарықтың жұтуын арттыру өте пайдалы шешім. Гретцель ұяшығында титанмен байланысқан плазмон нанобөлшектерінің беттік плазмондық резонанстық әсерінің арқасында электронды-кемтіктік рекомбинациясының жылдамдығын төмендету арқылы электронды тасымалдауды жеңілдетеді, сондықтан қабыршақтың бұл түрлеріне қазіргі уақытта барынша назар аударылуда. Бұл мақалада біз электромагниттік сәулеленудің спектрдің көріну аймағында титан диоксиді қабықшаларының плазмондық қасиетін арттыру үшін бояғыш молекулаларын (N719) және Ag нанобөлшектерін пайдалануды ұсынамыз.

$TiO_2$  нанобөлшектердің негізінде қабыршақтарды жасау үшін келесідей әдіс пайдаланылды: Пастаның негізгі құрамына полиэтиленгликоль–себацинат полимері алынған қабыршақтардың жарылуын болдырмау үшін қосылды. Полимер пастаға этиленгликольмен бірге 25 масс.% мөлшерінде  $TiO_2$  қосылды. Паста дайындау жоғары температурада (90°C) жүргізілді, себебі полимер этиленгликольде ерімейді және бөлме температурасында эмульсия пайда болады. Мұндай жағдаятта полимер ериді. Осыдан кейін  $TiO_2$  қосылып, біртекті паста қалыптастыру үшін магниттік араластырғышта 48 сағат араластырылды.

Дайын паста төсеніштің бетіне жағылып, 30 минут 100°C температурада кептірілді. FTO өткізгіш қабатымен қапталған шыны төсеніштер қолданылды. Қабыршақты қолданар алдында төсеніштер сабын ерітіндісінде мұқият жуылып, дистилденген және деионизацияланған суда шайылды. Осыдан кейін қабыршақтардың бетін иондық өңдеу арқылы тазарту жүргізілді. Қолданар алдында FTO бетіне блоктау қабаты дайындалды, оны 40 мМоль/л  $TiCl_4$  ерітіндісінде 70°C температурада тұндырылды.

Қабыршақтың қалыңдығы төсеніштің шеттеріне жабыстырылатын скотчтың көмегімен бақыланды. Скотчтың қалыңдығы шамамен 2 мкм. Жағылғаннан кейін және кептіргеннен кейін қабыршақ пеште біртіндеп, келесі температура мен уақыт бойынша қыздырылды: 325°C – 5 мин; 375°C – 5 мин; 450°C – 15 мин; 500°C – 15 мин.

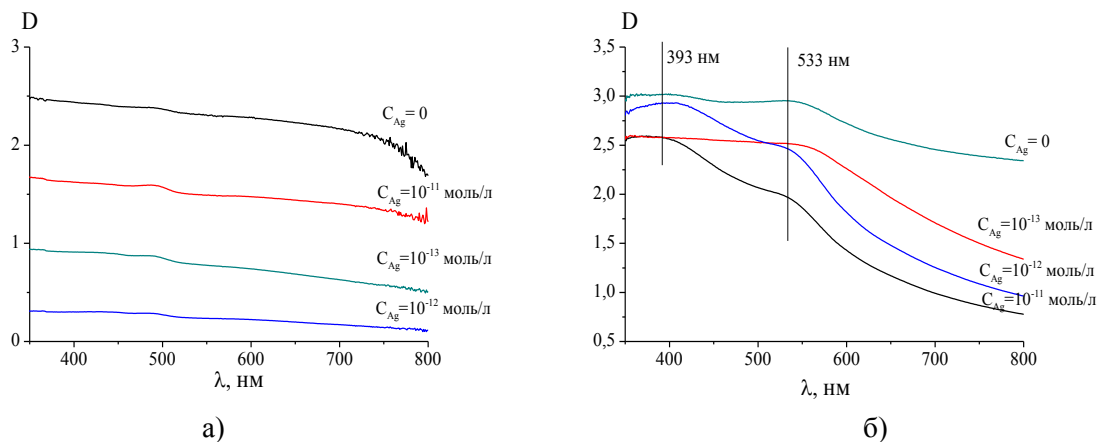
Кептіргеннен кейін дайын қабыршақтар концентрациясы  $\sim 3 \cdot 10^{-4}$  моль/л болатын N719 бояғышы барерітіндіге салынды. Сорбция 70°C температурада 2 сағат бойы жүзеге асты.  $TiO_2$  қабыршақтарының сорбциядан кейін жұту спектрлері 1-суретте көрсетілген. Суреттен көретініміз, 533 нм-де бояғыштың максимум жұтылу спектріне сәйкес максимумдар байқалады. Қабыршақтар үшін бұл максимум ұзын толқынды спектрдің тұсында болады.



1-сурет – N719 бояғышымен сорбцияланған, әртүрлі шамадағы Ag нанобөлшектерімен абляцияланға TiO<sub>2</sub> қабыршақтарының жұту спектрі

Жоғарыда айтылғандай титан диоксидінің плазмондық қасиетін арттыру маңыздылығы өте жоғары деңгейде сол себеппен күн ұяшығына Ag нанобөлшектерін қосу тиімді шешім болып табылды. Күміс жартылай өткізгіш қатарынан электрлік қасиеті жағынан жоғары, химиялық тұрақты, және де р-п ауысуы жағынан кең тараған. Күміс нанобөлшектерін алу үшін 99,8% қабыршақты 4 мл этанолда лазерлі абляция арқылы атқылап күмістің бөлшектері алынды. Нанобөлшектердің диаметрін Zetasizer құрылғысы арқылы өлшенді. Алынған мән бізге нанобөлшектердің концентрациясын анықтау үшін керек болды және пастаға қосылды.

TiO<sub>2</sub> қабыршақтарының сорбцияға дейінгі және одан кейінгі жұту спектрлері 2-суретте көрсетілген. Суретте көрсетілгендей, сорбциядан кейін (2,б сурет) 393 және 533 нм толқын ұзындықтарында N719 бояғышының жұтылу спектрінің ұзын толқынды максимумдарына сәйкес келетін максимумдар тіркелді. Қабыршақтың жұту спектрінің оптикалық тығыздығы 1-кестеде көрсетілген.



2-сурет – Әртүрлі шамадағы Ag нанобөлшектерімен абляцияланған TiO<sub>2</sub> қабыршақтарының жұту спектрі, а) сорбцияға дейін; б) N719 бояғышымен сорбцияланғаннан кейін

1-кесте – TiO<sub>2</sub> сорбцияланған N719 бояғышының абсорбциялық қасиеттері

C <sub>Ag</sub> , моль/л	λ <sub>1</sub> , нм	D <sub>1</sub>	λ <sub>2</sub> , нм	D <sub>2</sub>
0	534	2,95	393	3,01
10 <sup>-11</sup>	532	2,5	393	2,58
10 <sup>-12</sup>	530	2,47	393	2,93
10 <sup>-13</sup>	532	1,96	393	2,58

Титан диоксиді нанобөлшектер негізіндегі гретцель ұяшығының фотовольтаикалық қасиеттері зерттелді. Гретцель ұяшығының фотовольтаикалық қасиетін 2 кестеден бақылауға болады. Параметрлерді есептеу "IV-Measurement" бағдарламалар пакетін қолдана отырып жүргізілді. Алайда бұл алынған мәліметтер әдеби деректермен салыстырғанда тиімділігінің

максималды емес мәндері келтірілген, олар сенімді түрде қажетті тәуелділіктерді анықтауға мүмкіндік береді.

2-кесте – Гретцель ұяшығындағы титан диоксидінің күміс нанобөлшектерін қосқаннан кейінгі фотовольтаикалық қасиеттерін зерттеу

	U <sub>св</sub> , мВ	FF	КПД, %	J <sub>св</sub> , мА/см <sup>2</sup>
TiO <sub>2</sub>	0.70000	0.14862	5.01813	0.00803
TiO <sub>2</sub> +Ag 10 <sup>-13</sup>	0.64545	0.15493	5.10438	0.00817
TiO <sub>2</sub> +Ag 10 <sup>-12</sup>	0.67275	0.14864	5.4538	0.00873
TiO <sub>2</sub> +Ag 10 <sup>-11</sup>	0.65455	0.15278	5.06500	0.00810

Таза қабыршақтардың мәнінен П.Ә.К. ең жоғарғы мәні TiO<sub>2</sub>+Ag 10<sup>-12</sup> ұяшығында болды. Кестегі мәндерді байқағанымыздай күмістің қосылуымен токтын мәні артты.

Қорытынды

Ag нанобөлшектері және N719 бояғышы енгізілген кеуекті титан диоксиді қабыршақтарының плазмондық қасиеттері бақыланды. Ag нанобөлшектерімен абляцияланған TiO<sub>2</sub> қабыршақтарының жұту спектрі артты. Бұл Ag нанобөлшектері арқылы өнімділікті, сондай-ақ бояуға сезімтал күн батареяларындағы бояуды сіңіруді жақсартуға болатынына дәлел.

Ток параметрлерін зерттеу нәтижесінде ұяшықтың п.ә.к. мәнінің артқаны және де электронды транспорттық жылдамдығының жақсаратыны байқалады. Алынған мәліметтердің нәтижесі әдебиеттердің мәнімен салыстырғанда аз болғанымен, салыстыру үшін өте тиімді. Себебі токтардың мәні салыстыра келе күміс қосылған ұяшықтардың мәндері жоғары екенін түсінеміз.

Пайдаланылған әдебиеттер

1. Ahmad H., Kamaruddin S.K., Hydrogen from photo-catalytic water splitting process: A review // Renewable & Sustainable Energy Reviews. – 2015. – Т. 43, С. 599-610.
2. Walter M.G. et al. Solar Water Splitting Cells // Chemical reviews. – 2010. – Т. 110, № 11. – Р. 6446-6473.
3. Maeda K. Photocatalytic water splitting using semiconductors for particles: History
4. Ибраев Н.Х., Омарова Г.С., Садыкова А.С., Камалова Г.Б. Влияние условий получения пленок TiO<sub>2</sub> на их фотокаталитические свойства / Сборник трудов X международной конференции «Фундаментальные проблемы оптики – 2018» 15-19 октября 2018. - С. 371-372.

**Жексембаева Ж.Т.,** Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, математика және ақпараттық технологиялар факультеті, М2-МатО-22-1к тобы, магистрант.

(Ғылыми жетекшісі – ф.-м.ғ.к., профессор Ахманова Д.М.)

## **БУЛЬ ФУНКЦИЯЛАРЫН МИНИМАЛДАУДЫҢ ГЕОМЕТРИЯЛЫҚ ӘДІСІН ФАКУЛЬТАТИВТІК САБАҚТАРДА ПАЙДАЛАНУ МАҢЫЗЫ**

Кілттік сөздер: бульдік функция, Карно картасы, текше, бет қабырға, оқшауланған төбе.

Логика алгебрасы XIX ғасырдың ортасында ағылшын математигі Джордж Бульдің еңбектерінде пайда болды. Ол алгебралық дәстүрлі әдістермен логикалық есептерді шешуге өз үлесін қосты. Қарапайым схеманы іздеу барысында осы схеманы жүзеге асыратын минималды бульдік функцияны табуға болады. Бульдік функцияның кез-келген минималды дизъюнктивті нормаль формасы (ДНФ) кейбір қарапайым конъюнктивті алып тастау нәтижесінде қысқартылған ДНФ-тен алынуы мүмкін. Қысқартылған ДНФ құрудың бірқатар жолдары бар. Айта кету керек, кез-келген бульдік функция үшін бұл жалғыз және бірнеше минималды болуы мүмкін. Сонымен қатар, минималды ДНФ қысқаруымен сәйкес келуі мүмкін. Факультативтік сабақтар үшін, осындай тұрғыдағы тақырыптар оқушылардың математикаға деген қызығушылығын арттыруымен қатар, жоғары сынып оқушыларының болашақ мамандығын таңдауына да өз үлесін қосады.

Геометриялық әдістің мәні n-өлшемді текшенің төбесі түрінде берілген n-айнымалылардың бульдік функциясын анықтау аймағын бейнелеу болып табылады. Текшенің элементтерін әр түрлі дәрежедегі конъюнкцияда бір-біріне сәйкес болатындай келтіруге болады: текшенің төбелері - үшінші дәрежелі конъюнкция, қабырғалары - екінші, жақтары - бірінші. Кіші өлшемді әрбір