JÜLICH
Forschungszentrum

Institut für Energie- und Klimaforschung
IEK-5: Photovoltaik
Direktor: Prof. Dr. Uwe Rau

Ihr Zeichen:
Ihre Nachricht vom:
Unser Zeichen:
Unsere Nachricht vom:

Ansprechpartner:
Dr. Vladimir Smirnov
Telefon: 02461-61 87 25
Telefax: 02461-61 37 35
E-Mail: v.smirnov@fz-juelich.de

REVIEW
from foreign scientific consultant

for the doctoral dissertation of **Kadir Meruyert Fazylkhankyzy** on the topic: "Structural features of multifunctional nanoporous membranes of metal oxides and nanofibers based on them", submitted for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the educational program 8D07112 – Nanomaterials and Nanotechnologies

The dissertation work of M.F. Kadir is devoted to the urgent and interesting subject of synthesis and investigation of properties of nanostructured multifunctional porous and fibrous materials based on TiO_2 and Al_2O_3 with regular and controlled nanoscale geometry. In this work, the properties and structural features of metal-oxide porous layers as well as their potential applications are investigated.

The aim of this thesis work is to synthesize and study the structural features of metal oxide multifunctional nanoporous membranes and nanograss (nanofibers) based on them.

Relevance of the work. Recently, anodic aluminum oxide and titanium dioxide nanostructures have attracted increasing interest due to the diversity of their functional properties and structural features. These nanostructures have a wide range of applications as template nanomaterials, photocatalysts for water purification and splitting, electrodes in lithium-ion batteries, active electrodes in dye-sensitized solar cells, in gas sensors and for targeted drug delivery, in materials for supercapacitors, and as a material for surface-enhanced Raman scattering (SERS) and creation of self-cleaning surfaces.

Scientific significance and novelty of the conducted research. The dependences of structural parameters and morphology of porous/tubular/grass oxides of titanium and aluminum on the main parameters of the anodization process have been

determined. For the first time substrates based on silver-modified TiO_2 nanofibers (SERS substrates) were created, allowing to detect Raman signal of methylene blue (MB) dye at concentrations down to 10^{-12} M. Also, the enhancement factors of SERS substrates were compared when different reference materials were chosen. In addition, hydrophilic through membranes with fibrous layer based on aluminum oxide were tested as a filter, the efficiency of which was demonstrated on the example of water purification from methylene blue dye.

Main research objectives. To realize the specified aims, the following tasks were performed:

- development of the method of obtaining nanoporous and nanofiber structures on the basis of titanium and aluminum oxides;
- study of the influence of the main parameters of the electrochemical anodization process on the structural features and morphology of nanoporous materials;
- study of silver-modified TiO_2 nanotubes and nanofibers for use as SERS substrates;
- preparation of aluminum oxide-based through membranes and study of their hydrophilic properties and filtering ability.

Results of the thesis research and practical significance. The possibility of controlling at the nanoscale the geometrical parameters of samples synthesized by the electrochemical anodization process on large area surfaces increases their practical significance. Anodic metal oxides consisting of hierarchical nanostructures in the form of nanotubes, nanopores, and nanofibers can exhibit both superhydrophobicity and superhydrophilicity, which can be used in waterproof or self-cleaning surfaces, systems of water purification and splitting.

Modification of metal oxides with plasmonic silver nanoparticles can provide them with new functionalities, particularly as SERS-active substrates, photocatalysts, electrodes in lithium-ion batteries, active electrodes in dye-sensitized solar cells, gas sensors, and in medicine for targeted drug delivery and biomedical devices as an effective antibacterial material with corrosion resistance and high biocompatibility.

The dissertation of M.F. Kadir meets high scientific standards. The dissertant has performed a substantial work, all samples studied in the thesis were obtained personally by the author. Refinement of the methodology and optimization of anodization parameters were carried out by the author independently. Evaluation of the filtering ability of aluminum oxide membranes, as well as modification of titanium oxide nanostructures with silver were carried out by the dissertant independently. Processing and analysis of obtained data were done by the author independently.

The obtained results possess both scientific and practical novelty, and provide ample opportunities for application in further research and development in various fields.

According to the results of the dissertation work 10 printed works have been published, including 2 articles in international peer-reviewed scientific journals included in Q2 and Q3 quartiles, according to Journal Citation Reports of Clarivate Analytics and/or having CiteScore percentile in Scopus database, 4 articles in journals recommended by the Committee for Control of Higher Education and Science, 4 papers in proceedings of scientific and practical international conferences, 2 of them are included in Scopus database.

It is very important that Meruyert Kadir is a corresponding author in several publications. This indicates her active participation in the research work and the significance of her contribution. In addition, the fact that some of the articles were published in high ranked journals (Q2, Q3) emphasizes the significance of her research and its recognition in the scientific community.

The dissertation work prepared by M.F. Kadir meets all the requirements of the Ministry of Higher Education and Science of the Republic of Kazakhstan and is recommended for awarding the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the educational program 8D07112- Nanomaterials and Nanotechnologies.

Scientific supervisor
PhD Smirnov V.Yu.
FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GMBH
Institut für Energie- und
Klimaforschung iEK-5
- Photovoltaik -
D-52425 Jülich
Institute for Energy and Climate Research 5 - Photovoltaics
Jülich Research Center, Jülich, Germany
e-mail: v.smirnov@fz-juelich.de

Энергетика және климаттық
зерттеу институты
ЭКИ-5: Фотовольтаика
Директоры: проф. Уве Рау

Др. Смирнов Владимир
Телефон: 02461-61 87 25
Телефакс: 02461-61 3735
E-Mail: v.smirnov@fz-juelich.de

8D07112 – Наноматериалдар және нанотехнологиялар білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алуға ұсынылған Қадір Меруерт Фазылханқызының "Металл оксидтерінің көпфункционалды нанокеуекті мембраналары және оларға негізделген наноталшықтардың құрылымдық ерекшеліктері" тақырыбындағы докторлық диссертациясына
шетелдік ғылыми кеңесшіден

ПІКІР

Қадір М.Ф. диссертациялық жұмысы құрылымын басқаруға болатын TiO_2 және Al_2O_3 негізіндегі нанокұрылымды көпфункционалды кеуекті және талшықты материалдардын синтездеу және қасиеттерін зерттеу болып табылатын өзекті және қызықты тақырыбына арналған. Зерттеу жұмысында металлоксидті кеуекті қабаттарының құрылымдық ерекшеліктері мен қасиеттері, сондай-ақ оларды қолдану мүмкіндіктері зерттелген.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты - металлоксидті көпфункционалды нанокеуекті мембраналар мен олардың негізіндегі наноталшықтарды синтездеу және құрылымдық ерекшеліктерін зерттеу.

Зерттеу жұмысының өзектілігі. Соңғы уақытта анодты алюминий мен титан оксидтерінің нанокұрылымдары олардың функционалдық қасиеттері мен құрылымдық ерекшеліктерінің әртүрлілігіне байланысты зерттеушілердің қызығушылығын арттыруда. Аталған нанокұрылымды материалдар суды тазартуға арналған фотокатализаторлар, литий-ионды аккумуляторлардағы электродтар, бояғышпен сенсибилизацияланған күн элементтерінде, газ датчиктерінде, дәрі-дәрмекті жеткізу мақсатындағы материалдар үшін, суперконденсаторларға арналған материалдарда, сондай-ақ беттік күшейтілген

раман шашырауы үшін материал ретінде (SERS) және өзін-өзі тазартатын беттерді жасау үшін кең қолданысқа ие.

Жүргізілген зерттеулердің ғылыми құндылығы мен жаңалығы. Кеуекті/түтікшелі/талшықты титан және алюминий оксидтерінің морфологиясы мен құрылымдық параметрлерінің анодтау процесінің негізгі параметрлеріне тәуелділігі анықталды. 10^{-12}М дейінгі концентрацияда метилен көк (МК) бояғышының Раман сигналын анықтауға мүмкіндік беретін күміспен модификацияланған TiO_2 наноталшықтары негізінде төсеніштер (SERS төсеніштері) алғаш рет жасалды. Сонымен қатар, әр түрлі эталон материалдарына қатысты SERS төсенішінің күшейту коэффициентіне салыстыру жүргізілді. Алюминий оксиді негізіндегі гидрофильді өтпелі талшықты мембраналар сүзгі ретінде сыналды, оның тиімділігі метилен көк бояғышынан суды тазарту мысалында көрсетілді.

Зерттеудің негізгі тапсырмалары. Аталған мақсатты жүзеге асыру үшін келесі міндеттер орындалды:

- титан және алюминий оксидтеріне негізделген нанокеуекті және наноталшықты құрылымдарды алу әдісін меңгеру;
- электрохимиялық анодтау процесінің негізгі параметрлерінің нанокеуекті материалдардың құрылымдық ерекшеліктері мен морфологиясына әсерін зерттеу;
- SERS төсеніштері ретінде пайдалану үшін күміспен модификацияланған TiO_2 нанотүтікшелері мен наноталшықтарын зерттеу;
- алюминий оксидінің негізінде өтпелі мембраналарды алу және олардың гидрофильді қасиеттері мен сүзгілеу қабілетін зерттеу.

Диссертациялық зерттеудің нәтижелері және практикалық маңыздылығы. Электрохимиялық анодтау процесінің нәтижесінде синтезделген үлгілердің геометриялық параметрлерін нанодиапазонда басқара алу мүмкіндігі және үлкен беттік ауданға ие болуы олардың практикалық маңыздылығын арттырады. Нанотүтікшелер, нанокеуектер, наноталшықтар түріндегі иерархиялық наноқұрылымдардан тұратын анодты металдар оксидтерін өзін-өзі тазартатын беттерде, суды бөлу жүйелерінде қолдануға болатын супергидрофобты да, супергидрофильді де беттер ретінде де қолдануға болады.

Металдар оксидтерін плазмонды күміс нанобөлшектерімен модификациялау оларды жаңа функциялармен қамтамасыз ете алады, атап айтқанда, SERS белсенді төсеніштер, фотокатализаторлар, литий-ионды батареялардағы электродтар, бояғыш сенсибилизацияланған күн батареяларындағы белсенді электрод, газ датчиктері, сондай-ақ медицинада дәрі-дәрмек тасымалдау мен биомедициналық құрылғыларда коррозияға