

Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut, 2018. aasta teadus- ja arendustegevuse aruanne

Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut

Department of Materials and Environmental Technology
Malle Krunks, malle.krunks@taltech.ee, +372 620 3363

Instituudis tegutsevad järgmised uurimisrühmad:

- Anorgaaniliste materjalide teaduslabor
- Biofunktsionaalsete materjalide teaduslabor
- Keemiliste kiletehnoloogiate teaduslaboratoorium
- Keskkonnatehnoloogia teaduslabori uurimisrühm
- Optoelektronsete materjalide füüsika labor
- Polümeeride ja tekstiilitehnoloogia labor
- Puidutehnoloogia labor
- Päikeseenergeetika materjalide teaduslabor

The Department conducts research within 8 research groups:

- Laboratory of Inorganic Materials
- Laboratory of Biofunctional Materials
- Laboratory of Thin Film Chemical Technologies
- Laboratory of Environmental Technology
- Laboratory of Optoelectronic materials physics
- Laboratory of Polymers and Textile Technology
- Laboratory of Wood Technology
- Laboratory of Photovoltaic Materials

Anorgaaniliste materjalide teaduslaboratoorium

Laboratory of Inorganic Materials

Juht/ Head: professor **Andres Trikkel**

Tel.: +372 620 2872, e-mail: andres.trikkel@taltech.ee

Akadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ academic staff

- Tiit Kaljuvee – vanemteadur
- Juha Kallas – vanemteadur 0.2 (kuni 31.12.2018)
- Rein Kuusik – vanemteadur 0.5
- Andres Trikkel – professor
- Kaia Tõnsuaadu – vanemteadur
- Mai Uibu – vanemteadur
- Olga Velts-Jänes – teadur (tööleping peatatud)
- Kadriann Tamm – teadur

Järel doktorid/ Postdoctoral students

- Kadriann Tamm on järel doktoriks Soome GTK juures (PUTJD75)

Doktorandid/ Doctoral students

- Hakan Berber ja Ana Jurkeviciute (kaasjuhendamine)

Mitteakadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ Non-academic staff

- Can Rüstü Yörük – insener, PhD
- Marve Einard – keemiainsener

Võtmesõnad/ keywords

Põlevkivituhk; apatiit; süsinikdioksiid; termiline analüüs
Oil shale ash; apatite; carbon dioxide; thermal analysis

Uurimisrühma kompetentsid/ Competences

Laboratooriumi teadustöö on suunatud jäätmete käitlusele valdavalt põlevkiviga seotud tööstuses – põlevkivituha kasutamisele ja kasvuhoonegaaside emissiooni piiramisele eesmärgiga selgitada keemilis-tehnoloogilised alusteadmised sellega seotud protsessidest komplekssetes süsteemides. Uurimissuunad on seotud sadestatud kaltsiumkarbonaadi ja tarduvmaterjalide saamisega, süsinikdioksiidi mineraliseerimisega, tuha kasutamisega nii põllumajanduses kui fosforiühendite sorbendina ja apatiitide keemiaga; põlevkivi hapnikus-põletamisega jt. termiliste protsessidega. Uurimisrühm kasutab laialdaselt termilise analüüsi meetodeid ühendatuna protsesside matemaatilise modelleerimisega, mis võimaldab üldistada saadud uued teadmised.

Research of the laboratory is focused on waste management, mainly, in oil shale industry – to reuse oil shale ash and diminish GHG emissions with the aim to clarify chemical-technological fundamentals of these processes in the complex heterogeneous systems. Research directions are related to PCC production and curing materials, mineral carbonation, using ash as phosphorus sorbent together with extended chemistry of apatites, oil shale or semicoke oxy-combustion and other thermal processes. Research group uses widely thermal analysis methods together with mathematical modelling to generalize the novel know-how obtained.

Olulised projektid

- IUT3319 – Multikomponentsete mineraal-orgaaniliste süsteemide käitlemise alused: keemia, modelleerimine ja kestlik kasutus/ Fundamentals of multicomponent mineral-organic systems: Chemistry, modeling and sustainable processing;
- VFP17114 – Kaltsiumi ringtsükkel CO₂-vaba tsemendiklinkri tootmiseks (CLEANKER)/ CLEAN clinKER production by Calcium looping process

Olulised publikatsioonid

- Yörük, C. R.; Meriste, T.; Sener, S.; Kuusik, R.; Trikkel, A. (2018). Thermogravimetric analysis and process simulation of oxy-fuel combustion of blended fuels including oil shale, semicoke, and biomass. *International Journal of Energy Research*, 42 (6), 2213–2224.
- Tõnsuaadu, K.; Gruselle, M.; Kriisa, F.; Trikkel, A.; Gredin, P.; Villemin, D. (2018). Dependence of the interaction mechanisms between L-serine and O-phospho-L-serine with calcium hydroxyapatite and copper modified hydroxyapatite in relation with the acidity of aqueous medium. *Journal of biological inorganic chemistry*, 23 (6), 929–937.

Uurimisrühma viimaste aastate rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused
Rahvusvaheline koostöö väljendub kaasatuses olulistesse projektidesse nagu Horizon 2020 (CLEANKER) ja EIT KIC võrgustikku (FLAME). Käivitati rahvusvaheline koostöö Eesti fosforiidimaagi flotatsioon-rikastamise alal koostöös Soome geoloogiateenistusega GTK.

International research is expressed by involvement into significant projects like Horizon 2020 (CLEANKER) and EIT KIC network (FLAME) as well as started co-operation with GTK Finland in enrichment of Estonian phosphorite ore.

Täiendav info

- Tegevusvaldkond
2. Tehnika ja tehnoloogia: 2.4 Keemiatehnika; 2.5 Materjalitehnika
- Osalus välisriikide akadeemiate ja/või muude oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös 2018. aastal

Koostöös Constantine the Philosopher University in Nitra, Slovakia uuritakse põlevkivituha lisandi mõju ja võimalusi keraamikatoodete valmistamiseks ja koostöös Bulgaaria TA Mineroloogia ja Kristallograafia Instituudiga uuritakse termilise töötlemise mõju karbonaate, fosfaat-silikaate ja sulfiidi/sulfaate sisaldavate süsteemide kristallokeemilistele omadustele.

Co-operation with Constantine the Philosopher University in Nitra, Slovakia in studies of using oil shale ash as additive in ceramic products and with Bulgarian Acad. Sci in the research of impact of thermal treatment of carbonate, phosphate-silicate and sulfide/sulphate systems on their crystal-chemical properties.

Biofunktsionaalsete materjalide teaduslabor

Laboratory of Biofunctional Materials

Juht/ Head: vanemteadur **Vitali Sõritski**

Tel.: +372 620 2820, e-mail: vitali.soritski@taltech.ee

Akadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ academic staff

- Andres Öpik – professor
- Vitali Sõritski - vanemteadur
- Jekaterina Reut – vanemlektor
- Akinrinade George Ayankojo - teadur
- Roman Boroznjak - teadur

Doktorandid/ Doctoral students

- Anna Kidakova

Võtmesõnad/ keywords

Molekulaarselt jäljendatud polümeerid, sünteetilised retseptorid, sensorid, meditsiiniline diagnostika, PoCT, keskkonnaseire

Molecularly Imprinted Polymers, synthetic receptors, sensors, medical diagnostics, PoCT, environmental monitoring.

Uurimisrühma kompetentsid/ Competences

Biotundlike materjalide uurimisrühm tegeleb uute nutikate funktsionaalsete materjalide väljatöötamisega tehnoloogiliste lahenduste tarbeks inimese elu olulistes valdkondades, nagu näiteks keskkonnakaitses, meditsiinilises diagnostikas ja ravis. Teadustöö on suunatud molekulaarse jäljendamise tehnoloogia abil biotundlike funktsionaalsete materjalide väljatöötamisele, mis on võimelised selektiivselt kinni püüdma ja määrama nii väikeseid (aminohapped, erinevad ravimijääd jt.) kui ka biomakromolekule (eeskätt valgumolekule kui antikehi ja neurotroofseid ühendeid). Antud tehnoloogia aluseks on molekulaarse jäljendamise meetod, mille kohaselt sünteesitakse etteantud omadustega polümeerimaterjale erinevate haiguste suhtes relevantsete proteiinide või keskkonna saasteainete määramiseks, mis võimaldavad integreerituna mitmekanaliliste sensoritega kvantitatiivselt hinnata uuritavate sihtmolekulide sidumise efektiivsust märgisevabalt, usaldusväärselt, odavalt, reaajas ja piisava tundlikkusega. Tehnoloogia koos kaasaegse nutilahendusega avab täiesti uued võimalused odavamate, töökindlamate portatiivsete sensorite valmistamiseks meditsiiniliste või keskkonna ekspress analüüside teostamiseks vahetult sündmuskohal (point-of-care testing, PoCT). Tehnoloogia üheks eeldatavaks väljundiks on kõrgselektiivsed ja töökindlad MJP-mikrokiibid, mis võimaldavad tulevikus muuta tunduvalt efektiivsemaks praeguse meditsiinilise diagnostika, paljud laborianalüüsid saab selle abil muuta mugavamaks ja kiiremaks ka kodustes tingimustes. Väljund personaalmeditsiini diagnostikasse on lähitulevikus nii Eestis kui maailma mastaabis väga oluline. MJP-d osutuvad perspektiivseks materjalideks ka keskkonnanalüütikas keemiliste sensoritena, mis võimaldavad madalatel kontsentratsioonidel ohtlike saasteainete reaajas tuvastamist olles alternatiiviks kallitele ja töömahukatele kromatograafilistele meetoditele.

The group develops smart biosensing functional materials to propose solutions with considerable potential impact on essential areas of human life such environmental protection, medical diagnostics and cure. Employing the molecular imprinting technology, the group designs and synthesizes polymeric materials capable of selective capturing of small- (amino acid, traces of different antibiotics) and biomacromolecules (proteins e.g. antibodies and neurotrophic factors). The main benefits of these materials, so called Molecularly Imprinted Polymer (MIP), are related to their synthetic nature, i.e., excellent chemical and thermal stability associated with reproducible, cost-effective fabrication. MIPs can be easily integrated with a variety of sensor platforms allowing label-free detection of a

target analyte with high sensitivity and selectivity offering thus solutions for design of multianalyte chemosensors at low cost. The promising practical applications of such sensors could be found in clinical diagnostics, where MIP-based sensors could be implemented in devices for point-of-care testing (PoCT). It is expected that PoCT market segment will continue to grow at a rapid rate and thus will have immense importance in the healthcare systems in both Estonia and the world over. MIPs could be also attractive materials for cost effective fabrication of chemosensors for real-time monitoring of hazardous pollutants in aquatic environment as an alternative for traditional costly and lengthy chromatography-based methods.

Olulised projektid

- TalTechi arendusprojekt SS425 (1.01.2018–31.12.2018)" Vastutav täitja: Vitali Sõritski/ TalTech development project SS425 "Digital sensor platform for medical diagnostics and environmental monitoring (1.01.2018–31.12.2018)". Principal investigator: Vitali Sõritski.
- ETAGi grant PUT150 (1.01.2013–31.12.2016)" Vastutav täitja: Vitali Sõritski/ Estonian Research Council personal grant PUT150 "Investigation and development of new generation biosensing selective recognition elements based on Molecularly Imprinted Polymers (1.01.2013–31.12.2016)", Principal investigator: Vitali Sõritski
- Esitatud rühmagrandi taotlus PRG307 "Sensormaterjalid molekulaarselt jäljendatud polümeeridest meditsiiniliseks diagnostikaks ja keskkonnaseireks" (1.01.2019–31.12.2023)", vastutav täitja: Vitali Sõritski, on rahuldatud./ The proposal submitted in 2018 to Estonian Research Council for a team grant has been approved to be financed for five years. Principal investigator: Vitali Sõritski.

Olulised publikatsioonid

- Ayankojo, A.G., et al., *Biosensors and Bioelectronics*, 2018. 118: p. 102-107. DOI: [10.1016/j.bios.2018.07.042](https://doi.org/10.1016/j.bios.2018.07.042)
- Ayankojo, A.G., et al., *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2018. 258: p. 766-774. DOI: [10.1016/j.snb.2017.11.194](https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.11.194)
- Ayankojo, A.G., et al., *Analytical Chemistry*, 2016. 88(2): p. 1476-1484. DOI: [10.1021/acs.analchem.5b04735](https://doi.org/10.1021/acs.analchem.5b04735)
- Tretjakov, A., et al., *Analytica Chimica Acta*, 2016. 902: p. 182-188. DOI: [10.1016/j.aca.2015.11.004](https://doi.org/10.1016/j.aca.2015.11.004)
- Lautner, G., et al., *Advanced Functional Materials*, 2011. 21(3): p. 591-597. DOI: [10.1002/adfm.201001753](https://doi.org/10.1002/adfm.201001753)
- Menaker, A., et al., *Advanced Materials*, 2009. 21(22): p. 2271-2275. DOI: [10.1002/adma.200803597](https://doi.org/10.1002/adma.200803597)

Uurimiserühma viimaste aastate rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused
2016. aasta peapreemia üliõpilaste teadustööde riiklikul konkursil A. Tretjakovi doktoritöö „Sünteesilised retseptorid molekulaarselt jäljendatud polümeeridest biomakromolekulide märgisevabaks määramiseks” eest.

The doctoral thesis of A. Tretjakov "A Macromolecular Imprinting Approach to Design Synthetic Receptors for Label-Free Biosensing Application", devoted to the research, took the Main prize in Estonian National Contest for University Student in 2016. Y.

Täiendav info

- Tegevusvaldkond
1.4 Loodusteadused. Keemiateadused ja 2.11 Tehnika ja tehnoloogia. Teised tehnika- ja tehnoloogiateadused
- Osalus välisriikide akadeemiate ja/või muude oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös 2018. aastal
Helsinki Ülikooli Biotehnoloogia instituut (Prof. Mart Saarma) - diagnostilise testi väljatöötamine neurodegeneratiivsete haiguste biomarkerite määramiseks.
Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH (HZB) - MIP nanostruktuuride väljatöötamine ja valmistamine erinevatel sensor platvormidel.
Poola Teaduste Akadeemia füüsikalise keemia instituut - MIP baasil sensori väljatöötamine vähi biomarkeri määramiseks Eesti-Poola teaduskoostöö projekti raames.

Institute of Biotechnology, University of Helsinki (Prof. Mart Saarma's group) - Development diagnostic assays for neurological disease related proteins.

Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH (HZB) - Development and fabrication of MIP nanostructures on various label-free sensor platforms.
 Institute of Physical Chemistry of the Polish Academy of Sciences - a joint research project under the agreement between the Estonian Academy of Sciences and the Polish Academy of Sciences: "Imprinted polymers, integrated with acoustic sensors, for cancer biomarker determination".

Keemiliste kiletehnoloogiate teaduslaboratoorium

Laboratory of Thin Film Chemical Technologies

Juht/ Head: vanemteadur **Ilona Oja Acik**

Tel.: +372 620 3369, e-mail: ilona.oja@taltech.ee

Akadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ academic staff

- Malle Krunk – professor
- Ilona Oja Acik – vanemteadur
- Tatjana Dedova – vanemteadur
- Atanas Katerski – teadur
- Erki Kärber – teadur
- Nicolae Spalatu – teadur
- Arvo Mere – dotsent

Doktorandid/ PhD students:

- Svetlana Polivtseva
- Inga Gromõko
- Jako Siim Eensalu
- Ibrahim Dünder
- Abayomi Titilope Oluwabi
- Jekaterina Spiridonova
- Zengjun Chen

Mitteakadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ Non-academic staff

- Jaan Hiie – insener

Võtmesõnad/ keywords

Nanomaterjalid; õhukesed kiled; päikeseplatereid, sensorid, õhukesekilelised transistorid, fotokatalüütilised pinnakatted

Nanomaterials, thin films, solar cells, sensors, thin film electronics, photocatalytic coatings

Uurimisrühma kompetentsid/ Competences

Keemiliste kiletehnoloogiate teaduslabori peamine kompetents on multifunktsionaalsete metalloksiidsete ja kalkogeniidsete õhukeste kilede ja nanostruktuursete materjalide väljatöötamine keemiliste vedeliksadestuse meetoditega (pihustuspürolüüs, sool-geel ja elektrokeemiline sadestamine) ning vaakummeetoditega (sublimatsioon lähidistantsilt). Laboris arendatavad tehnoloogiad on lihtsad ja odavad ning tööstuses kergesti rakendatavad. Uurimisrühma põhikompetentsid on:

- nanostruktuursete ja üliõhukese absorberkihiga poolläbipaistvate päikeseplatereide arendus nutikateks taastuenergia lahendusteks tulevikumajades,
- õhukesekilelised materjalid erinevatele seadistele (päikeseplatereid, kütuseelemendid, elektroonikaseadised), sensorid, isepuhastuvad optilised katted.
- õhukesekilelised nanostruktuursete pinnakatted õhu ja vee fotokatalüütiliseks puhastamiseks saasteainetest ning kasutamiseks antibakteriaalsete katenditena.

Labori rakenduslik arendustöö on suunatud päikeseelementidel põhinevate elektrit tootvate teekatendite väljatöötamisele, mis on võimelised autonoomselt tootma ja salvestama elektrienergiat.

The main research topic of the Laboratory of Thin film Chemical Technologies is the development of multifunctional metal oxide and chalcogenide thin films or nanostructures by chemical technologies (spray pyrolysis, sol-gel, and electrochemical deposition) and vacuum based technologies (close spaced sublimation). The setup for the technologies is simple, inexpensive and easily transferrable to industrial scale.

The key competences of the research group are:

- Development of nanostructured, semi-transparent solar cells for smart renewable energy solutions in future buildings.

- Development of thin films for several devices - solar cells, fuel cells, thin film transistors, gas sensors, self-cleaning coatings.
- Development of thin films and nanostructured materials for clean and healthy environment, including antibacterial coatings and materials for air- and water cleaning.

Applied research in the laboratory is devoted to the development of solar cell integrated pavement for electricity production.

Olulised projektid

- IUT19-4 – Õhukesed kiled ja nanomaterjalid keemilistel vedeliksadestus meetoditel uue põlvkonna fotovoltseadistele (1.01.2014-31.12.2019)
- TAR16016 „Uudsed materjalid ja kõrgtehnoloogilised seadmed energia salvestamise ja muundamise süsteemidele“ (1.01.2015–1.03.2023)
- AR17092 „Nanomaterjalide tehnoloogiate ja uuringute keskus (NAMUR+)“ (1.01.2017–31.12.2021)
- DAR16030 “Funktsionaalsete materjalide ja tehnoloogiate doktorikool” (1.01.2016–31.08.2022)
- VA18048 „Laiakeelutsoonilised oksiidpooljuhid fotovoltseadistele“ (1.01.2018–31.12.2020)
- LEP17023B "Nordic e-pavement (22.02.2017–31.10.2017)

Olulised publikatsioonid

- Maticiuc, N., et al Solar En. Mater. Sol. Cells 160 (2017) 211-216. [10.1016/j.solmat.2016.10.040](https://doi.org/10.1016/j.solmat.2016.10.040)
- Parize, R., et al J. Phys. Chem. C 121 (2017) 9672-9680. [10.1021/acs.jpcc.7b00178](https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.7b00178)
- Abayomi, O., et al Thin Solid Films 662 (2018) 129-136. [10.1016/j.tsf.2018.07.035](https://doi.org/10.1016/j.tsf.2018.07.035)
- Gromyko, I., et al Thin Solid Films, 652 (2018) 10-15. [10.1016/j.tsf.2017.12.004](https://doi.org/10.1016/j.tsf.2017.12.004)

Uurimisrühma viimaste aastate rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Keemilistel meetoditel sadestatud ZnO nanostruktuurid on fotokatalüütiliselt aktiivsed puhastamaks vett orgaanilistest saasteainetest.

Pihustuspürolüüsi meetodil sadestatud TiO₂:Zr ja ZrO₂ õhukesed kiled on sobivad kasutamaks õhukesekilelistes transistorides.

Keemilise pihustuspürolüüsi ja lähidistantsilt sublimatsiooni meetoditel on sünteesitud uued absorbermaterjalid SnS ja Sb₂S₃, on tõestatud nende rakendatavus õhukesekilelistes ja hübriidsetes päikeseplatereides.

CdS/CdTe päikeseelemendi arendusel tõestati korrelatsioon kristallvõre defektide ja CdS ning CdTe kilede elektriliste, optiliste ja struktuursete omaduste vahel, ning võimalus nende juhtimiseks läbi termiliste tötluste.

ZnO nanostructures deposited by wet chemical methods demonstrated excellent photocatalytic activity to degrade organic pollutants in water.

Zr-doped TiO₂ and ZrO₂ thin films deposited by ultrasonic spray pyrolysis method are capable for semi-transparent thin film transistors.

The technology for the deposition of new absorber materials such as SnS and Sb₂S₃ thin films by the ultrasonic spray pyrolysis method and the close spaced sublimation method were developed, applicability in thin film and hybrid solar cells is proved.

Systematic studies on the development of CdS/CdTe solar attested correlation between the defects in crystal lattice with the electrical, optical and structural properties of CdS and CdTe thin films. Control of the film properties by post-deposition treatments is shown.

Täiendav info

- Tegevusvaldkond

2.5 Materjalitehnika; 2.10 Nanotehnoloogia

- Uurimisrühma liikmete riiklikul tasemel tunnustused 2018.aastal

Malle Krunk, Valgetähe IV klassi teenetemärk

Inga Gromõko Eesti üliõpilaste teadustööde vabariiklik konkurs, 2.preemia loodusteaduste ja tehnika valdkonnas doktoriõppe üliõpilaste astmes.

- Osalus **välisriikide akadeemiatega** ja/või muude oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös 2018. aastal

Koostöös Uppsala Ülikooliga Rootsisis töötatakse välja fotokatalüütiliselt aktiivseid pinnakatteid, mis puhastavad õhku lenduvatest orgaanilistest ühenditest.

Koostöös New University of Lisboniga Portugalis töötatakse välja õhukesekilelisi transistore biomeditsiinilisteks rakendusteks.

Koostöös Grenoble INP-CNRS Prantsusmaal arendatakse antimon-sulfiidil baseeruvaid kolmanda põlvkonna nanostruktuurseid päikeseelemente.

Koostöös Bulgaaria Teaduste akadeemiaga uuritakse laia keelutsooniga metallioksiidide kasutamist päikeseelementides.

Koostöös Las Vegase Ülikooliga ja and Lawrence Berkeley National Laboratory'ga uuritakse päikeseplatinaareide materjalide elektroonseid omadusi.

Co-operation with Uppsala University in Sweden for the development of photocatalytically active thin films that are able to clean air from volatile organic hydrocarbons.

Co-operation with New University of Lisbon in Portugal for the development of thin film transistors for biomedical applications.

Co-operation with Grenoble INP-CNRS France for the development of antimony sulfide based nanostructured solar cells.

Co-operation with Bulgarian Acad. Sci for the development of wide band gap metal oxide films for photovoltaic applications.

Co-operation with University of Las Vegas and Lawrence Berkeley National Laboratory for experiments and analysis of the electronic properties of photovoltaic materials.

Keskkonnatehnoloogia teaduslabori uurimisrühm

Laboratory of Environmental Technology

Juht/ Head: professor **Marina Trapido**

Tel.: +372 620 2855, e-mail: marina.trapido@taltech.ee

Akadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ academic staff

- Sergei Preis – professor
- Marina Trapido - professor
- Anna Goi – vanemteadur
- Niina Dulova –vanemteadur
- Marina Kritševskaja – vanemlektor
- Juri Bolobajev – teadur
- Eneliis Kattel - teadur

Doktorandid/ Doctoral students

- nooremteadur-doktorandid Maarja Kask, Balpreet Kaur, Liina Kuntus ja Priit Tikker

Võtmesõnad/ keywords

keskkonnatehnoloogia, vee- ja reovee puhastus, mikrosaasteained, osoonimine, süvaoksüdatsiooniprotsessid, korona impulss-elektrilahenduse protsessid

Environmental technology, water and wastewater treatment, micropollutants, ozonation, advanced oxidation processes, pulsed corona discharge plasma technology

Uurimisrühma kompetentsid/ Competences

Teaduslaboril on pikaajaline kogemus vee, õhu ja pinnase puhastehnoloogia valdkonnas, põhirõhuga süvaoksüdatsiooniprotsessidel. Viimane mõiste hõlmab mitut erinevat oksüdatiivset tehnoloogiat, mille ühiseks jooneks on võimsa oksüdandi tekkimine nende käigus. Siia kuuluvad sellised protsessid nagu osoonimine ja selle katalüütiline modifikatsioon, Fentoni reaktiiv ja selle modifikatsioonid, fotolüütilised ning fotokatalüütilised protsessid, oksüdeerimine peroksü-ühenditega, töötlemine ultraheliga ning impulss-elektrilahenduse plasmaga töötlemine. Uuritavad saasteained kuuluvad kas nn prioriteetsete saasteainete (õlid, kütuste komponendid ja lisandid) või esilekerkivate mikrosaasteainete (ravimid, pestitsiidid, endokriinsüsteemi kahjustavad ühendid, kloori sisaldavad orgaanilised ühendid ning sünteetilised magusained) hulka; gaasifaasis

tegeletakse nn lenduvate orgaaniliste ühenditega. Uuritakse protsesside kombineerimist, nii omavahel kui ka bioloogilise oksüdatsiooniga, eesmärgiga tagada mitte ainult maksimaalne puhastusefekt, vaid ka selle saavutamine minimaalsete kuludega. Vee töötlemine korona impulss-elektrilahenduse plasmaga seisab lähedal viimase eesmärgi täitmisele tänu oma kõrgele energiaefektiivsusele, mis on teaduslabori uus uuringusuund.

Labori töötajad osalevad kahes rahvusvahelises rakendusprojektis, millest ühe eesmärgiks on kulutõhusate ja keskkonnasõbralike reovee puhastamise lahenduste välja töötamine toitainete koormuse vähendamiseks hajaasustusalade majapidamistest Läänemere piirkonnas ning teine on suunatud lahenduse leidmisele käesoleva aja ühele väljakutsuvaimale veega seonduvale probleemile – loodusliku radioaktiivsuse eemaldamisele joogiveest.

The Laboratory has a long-term experience in water, air and soil treatment technologies, with the main emphasis on the implementation of the Advanced Oxidation Processes (AOPs). The latter encompasses several oxidative technologies commonly recruiting highly powerful oxidants. Such technologies include ozonation and its catalytic modification, Fenton and Fenton-like reagents, photolytic and photocatalytic processes, oxidation with peroxy compounds, ultrasonication, and pulsed electric discharge plasma treatment. Applicability of AOPs is studied for degradation of so-called priority pollutants (oils, fuel components and additives) and emerging micropollutants (pharmaceuticals, pesticides, endocrine disruptors, chlorine-containing organic compounds, synthetic sweeteners, etc.). In the gas phase, volatile organic compounds receive attention. The Laboratory studies the combination of these processes with each other and with the biological oxidation, in order to ensure the maximum purification degree at minimum treatment cost. Water treatment with pulsed corona discharge plasma is a new direction for the Laboratory studies that stands close to the fulfilment of the last task due to its high energy efficiency.

The laboratory personnel participate in two international projects. The main challenge of the first one is to find the most cost-effective and environmentally friendly wastewater treatment solutions for the scattered dwelling households not connected to urban wastewater plants in order to protect the Baltic Sea watershed. Another project addresses one of the current challenges of water for human consumption such as the abatement of natural radioactivity in potable water.

Olulised publikatsioonid

- Kattel, E. et al. (2018). Persulfate-Based Photodegradation of a Beta-Lactam Antibiotic Amoxicillin in Various Water Matrices. Environmental Technology. DOI: 10.1080/09593330.2018.1493149
- Krichevskaya, M. et al (2017). Catalysis Today, 280 (1), 93–98. DOI: 10.1016/j.cattod.2016.03.041.
- Bolobajev, J. et al. (2016). Applied Catalysis B: Environmental, 187, 75–82. DOI: 10.1016/j.apcatb.2016.01.015.

Täiendav info

- Tegevusvaldkond
1.4 Keemiateadused ja 2.7 Keskkonnatehnika

Optoelektronsete materjalide füüsika labor

Laboratory of Optoelectronic Materials Physics

Juht/ Head: professor **Maarja Grossberg**

Tel.: +372 620 3210, +372 528 1730, e-mail maarja.grossberg@taltech.ee

Akadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ academic staff

- Maarja Grossberg – professor
- Jüri Krustok - professor
- Valdek Mikli - vanemteadur
- Olga Volobujeva - vanemteadur
- Sergei Bereznev - vanemteadur
- Dieter Meissner – vanemteadur
- Mati Danilson - teadur
- Taavi Raadik - teadur
- Svetlana Polivtseva – teadur

Järel doktorid/ Postdoctoral students

- Souhaib Oueslati

Doktorandid/ Doctoral students

- Reelika Kaupmees, doktorant –nooremteadur
- Aleksei Penezko, doktorant- nooremteadur
- Akram Abdalla Mohammed Ibrahim, doktorant- nooremteadur
- Zahra Loghman Nia

Võtmesõnad/ keywords

2D materjalid, materjalide optoelektronised omadused, päikesepatareid, juhtivad oksiidid, defektide füüsika

2D materials, optoelectronic properties of materials, solar cells, conductive oxides, defect physics.

Uurimiserühma kompetentsid/ Competences

Optoelektronsete materjalide füüsika labor tegeleb pooljuhtmaterjalide ning neil baseeruvate optoelektronsete seadiste (päikesepatareid, laserid, valgusdiodid, sensorid jne.) fundamentaalsete füüsikaliste omaduste uurimisega. Taristu võimaldab uurida nii materjalide elektronstruktuuri, defektstruktuuri, faasi- ja elementkoostist, kristallstruktuuri, morfoloogiat, elektrilisi ning optilisi omadusi.

Teadustöö põhisuundadeks on erinevate uudsete päikesepatarei absorbermaterjalide, näiteks $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S},\text{Se})_4$, $\text{Cu}_2\text{Sb}(\text{S},\text{Se})_3$, $\text{Cu}(\text{In},\text{Ga})\text{Se}_2$, Sb_2Se_3 jt. ning kahedimensionaalsete materjalide alus- ja rakendusuringud, näiteks WS_2 , MoSe_2 jt. Viimased leiavad rakendamist lisaks päikeseenergeetikale ka fotoonikas, sensorites jne. Lisaks anorgaanilistel pooljuhtmaterjalidel põhinevatele pooljuhtstruktuuridele, uuritakse ka hübriidseid struktuure, milles on kombineeritud orgaaniliste ning anorgaaniliste pooljuhtmaterjalide primad omadused.

Labori koosseisu kuulub ka testimiskompleks elektrit tootvate päikesepaneelide testimiseks välitingimustes, kus saab mõõta päikesepaneelide väljundparameetreid ning vastupidavust reaalses kasutustingimustes. Mõõtmiste tulemusena on võimalik hinnata erinevate päikesepaneelide elektrilisi näitajaid erinevates keskkonnatingimustes, hinnata tootlust prognoosivaid mudeleid ning teha tasuvusanalüüse.

2018 aastal olid peamised uurimisteemad:

1. Tehti kindlaks, et ortorombilise ja tetragonaalse kristallstruktuuriga päikesepatarei absorbermaterjalid $\text{Cu}_2\text{CdGeSe}_4$ domineerivad erinevad kiirguslikud rekombinatsiooni mehhanismid. Töö tulemused võimaldavad modifitseerida materjali kasvatust päikesepatarei rakendusteks sobivas suunas (Grossberg, M., et al., 2018).
2. Keemilise aursadestuse meetodil kasvatati MoS_2 monokihid, millele B luminesentskiirguse detailne analüüs näitas eksitonide ning triionite koosmõju ja võimaldas määrata B triioni seoseenergia, milleks on 18 meV (Kaupmees, R., et al., 2018).
3. Viidi läbi impulsslasersadestuse meetodil valmistatud $\text{Zn}(\text{O},\text{Se})$ õhukeste kilede formeerumise, struktuuri ning optoelektronsete omaduste süstemaatiline uuring. Esmakordelt näidati $\text{Zn}(\text{O},\text{Se})$ kilede sobivust puhverkihiks, rakendades seda uudes FTO/ $\text{Zn}(\text{O},\text{Se})$ / $\text{CdTe}/\text{Te}/\text{Ni}$ päikesepatarei struktuuris, mille efektiivsuseks saadi 7.6% (Polivtseva, S., et al., 2018).

Competence of the research group: The laboratory of optoelectronic materials physics focuses on the studies of fundamental physical properties of semiconductors for optoelectronic applications such as solar cells, lasers, diodes, sensors etc. Research infrastructure enables to explore the band structure, crystal and defect structure, phase and elemental composition, morphology, electrical and optical properties of the materials and devices.

Current research is focused on the fundamental and applied studies of different novel absorber materials for solar cells, for example $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S},\text{Se})_4$, $\text{Cu}_2\text{Sb}(\text{S},\text{Se})_3$, $\text{Cu}(\text{In},\text{Ga})\text{Se}_2$, Sb_2Se_3 , etc, and two-dimensional materials such as WS_2 , MoSe_2 etc. The last mentioned have versatile applications in addition to photovoltaics, namely photonics, sensors etc. In addition to the inorganic semiconductor based structures, hybrid structures combining the advantages of inorganic and organic semiconductors are being developed and studied.

The laboratory includes also the outdoor testing center of photovoltaic modules, where it is possible to monitor the dependence of modules' output parameters on the environmental conditions. It is possible to estimate the performance of photovoltaic modules at different climatic locations, analyze the energy rating models and calculate the cost effectiveness of photovoltaic systems.

In 2018 the research was focused on the following:

1. Radiative recombination mechanisms in the orthorhombic and tetragonal $\text{Cu}_2\text{CdGeSe}_4$ that are used as absorber material in solar cells were found to be different. Results of the study enable to modify the synthesis of the absorber to achieve optoelectronic properties suitable for PV applications (Grossberg, M., et al., 2018).
2. MoS_2 monolayers were grown by the chemical vapour deposition method and a detailed study of the B band emission revealed the combination of exciton and trion contributions enabling the determination of the B trion binding energy of 18 meV (Kaupmees, R., et al., 2018).
3. A systematic study of the formation, structural and optoelectronic properties of $\text{Zn}(\text{O},\text{Se})$ thin films deposited by pulsed laser deposition method was conducted. For the first time, the applicability of $\text{Zn}(\text{O},\text{Se})$ as a buffer layer in a complete solar cell structure was demonstrated. A prospective superstrate configuration $\text{FTO}/\text{Zn}(\text{O},\text{Se})/\text{CdTe}/\text{Te}/\text{Ni}$ solar cell exhibiting a cell efficiency of 7.6% was developed (Polivtseva, S., et al., 2018).

Olulised projektid

- TAR16016 (TK141) "Uudsed materjalid ja kõrgtehnoloogilised seadmed energia salvestamise ja muundamise süsteemidele (1.01.2015–1.03.2023)", M. Grossberg
- IUT19-28 "Uued materjalid ja tehnoloogiad päikeseenergeetikale (1.01.2014–31.12.2019)", M. Grossberg
- PUT1495 "SnS ja SnSe õhuked kiled päikeseenergeetikale (1.01.2017–31.12.2020)", O. Volobujeva
- MOBJD308 " $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{SSe})_4$ monoterakiht päikeseplatareide optoelektronsed uuringud (1.10.2017-30.09.2019)", S. Oueslati
- VFP638 FP7 projekt nr 609788 "Päikesepaneelide maksumuse vähendamine läbi materjalide optimeerimise ning väljundenergia suurendamise - Euroopa teadus-ja arendusasutuste koostöös - CHEETAH (1.01.2014–31.12.2017)", M. Grossberg
- ETAG15028 ERA.NET RUS PLUS Projekt Flexapp "Painduvad hübriidsed nanokristalsed heterostruktuurid optoelektronikale" (1.10.2015–31.12.2017), S. Bereznev

Olulised publikatsioonid

- Grossberg, M.; Raadik, T.; Krustok, J.; Kauk-Kuusik, M.; Timmo, K.; Kaupmees, R.; Mikli, V.; Mere, A. (2018). Optical and structural properties of orthorhombic and tetragonal polymorphs of $\text{Cu}_2\text{CdGeSe}_4$. *Thin Solid Films*, 666, 44–47. [10.1016/j.tsf.2018.09.031](https://doi.org/10.1016/j.tsf.2018.09.031).
- Kaupmees, Reelika; Komsa, Hannu-Pekka; Krustok, Jüri. Photoluminescence study of B trions in MoS_2 monolayers with high density of defects. *Phys. Status Solidi B* (2018), 1800384, 1-5. DOI: [10.1002/pssb.201800384](https://doi.org/10.1002/pssb.201800384).
- Polivtseva, S.; Spalatu, N.; Abdalla, A.; Volobujeva, O.; Hiie, J.; Bereznev, S. (2018). Pulsed laser deposition of $\text{Zn}(\text{O},\text{Se})$ layers for optoelectronic application. *ACS Applied Energy Materials* (2018) 1, 6505-6512, DOI: [10.1021/acsaem.8b01431](https://doi.org/10.1021/acsaem.8b01431).

Täiendav info

- Tegevusvaldkond
1.3 Füüsikateadused, 1.4 Keemiateadused, 2.5 Materjalitehnika
- Osalus välisriikide akadeemiate ja/või muude oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös 2018. aastal

Research group is a member of European Energy Research Alliance (EERA) network in the field of photovoltaics (EERA Joint Programme in PV). EERA-PV is a network connecting a large number of research institutions from different European countries with the aim of contributing to the progress of PV in a coordinated manner. The group is also a partner of the European cooperation network in kesterite materials (EUKENE).

Polümeeride ja tekstiilitehnoloogia labor

Laboratory of Polymers and Textile Technology

Juht/ Head: professor **Andres Krumme**

Tel.: +372 620 2907, +372 527 5143, e-mail: andres.krumme@taltech.ee

Akadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ academic staff

- Andres Krumme - professor
- Elvira Tarasova - vanemteadur
- Illia Krasnou - teadur
- Natalja Savest - teadur
- Tiia Plamus – lektor

Doktorandid/ Doctoral students

- Mihkel Viirsalu
- Kashif Javed
- Siret Malmberg
- Nele Mandre
- Li Wah Wong

Mitteakadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ Non-academic staff

- Viktoria Vassiljeva – insener, PhD

Võtmesõnad/ keywords

Polümeerid, polümeeride tehnoloogia, polümeerkomposiidid, tekstiil, elektroketrus, nanokiud, juhtivad polümeerid, superkondenssaatorid

Polymers, polymer technology, polymeric composites, textile, electrospinning, nanofibres, conductive polymers, supercapacitors

Uurimisrühma kompetentsid/ Competences

Labor arendab elektroketruse teel õhukesti ja painduvaid superkondenssaatoreid nõudlikeks rakendusteks (näiteks kosmosetööstus). Selleks kasutatakse nanokiulisi komposiite, mis sisaldavad juhtivaid polümeere, erinevaid süsiniku vorme ja ioonvedelikke. Uurimistöös rakendatakse uudseid kopolümeere, mis lisaks heale juhtivusele ja mahtvuslikele omadustele omavad ka häid mehaanilisi omadusi. Samuti on leitud parimad süsiniku liigid kiudude mahtvuslike omaduste saavutamiseks. Uuringute ühiseks nimetajaks on elektroketruse teel kõrgtehnoloogilisteks rakendusteks sobivate nanokiuliste materjalide arendamine.

Laboris läbiviidavad rakendusuringud on suunatud plastide jätkusuutlikule kasutusele. Ainsana Eestis omatakse piloottootmise võimekust sellistes olulistes plastitehnoloogia valdkondades nagu kuumsegamine, ekstrusioon ja survevalu. Peamiselt arendatakse taaskasutatud plasti komposiite anorgaaniliste või orgaaniliste täiteainetega. Puidutööstus ja elektrienergia tootmine pakub selleks puidutolmu ja põlevkivituha näol ohtralt toorainet. Teostatavad rakendusuringud toetavad tugevalt EL direktiive, mis nõuavad tarbeplasti jäätmete senisest oluliselt suuremat ümbertöötlust prügilatesse ladustamise või põletamise asemel. Uuringute tulemusena pakutakse uudseid ehitusmaterjale ja teekattmaterjale, mis põhinevad plastijäätmete, põlevkivituha või puidutööstuse jäätmete komposiitidel. Arendatakse ka termoreaktiivsete vaikudega kaetud fotoelemente, mis võimaldavad teekatetes päikeeseenergiat koguda.

Labor pakub katseteenuseid Eesti tööstusele ja riigiasutustele, nagu toll, Maanteeamet, tarbijakaitse jne.

Laboratory of Polymers and Textile Technology of TUT is utilising electrospinning technology for developing thin and durable supercapacitors for demanding fields as space industry. Conductive polymers, carbon allotropes, ionic liquids or their polymerisation products are used as fillers for the matrix polymer in the nanofibrous composites. New types of copolymers are utilised for the matrixes having good mechanical properties in addition to good conductivity and capacitance. The best types of carbon allotropes are found for improving

capacitance of the nanofibers. The study will find the common denominator of these aspects in order to open the route for preparing very attractive fibrous materials for several high-technological fields by electrospinning.

Applied research of the laboratory is dedicated to sustainable utilisation of plastics and thermosets. The laboratory owns only pilot plant of plastics technology in Estonia, including machinery for the most relevant processes as compounding, extrusion and injection moulding. Composite materials of organic or inorganic fillers with recycled polymer matrixes are developed. Wood industry and production of energy are abundant sources for this kind of fillers as wood dust or oil-shale ash. The applied research is strongly supporting EU directives regarding need of recycling of municipal plastic waste instead of landfilling or incineration. New types of construction materials and pavements are provided from the waste materials. Pavement for solar energetics is also developed by embedding photovoltaic cells into thermosets.

Laboratory is providing continuously testing services for Estonian industry and administrative establishment, including customs, road administration, consumer protection, etc.

Olulised projektid

- VA17066 Fully electrospun durable electrode and electrochemical double-layer capacitor for high frequency applications (ESA contract number 4000119258)

Olulised publikatsioonid

- Javed, K.; Krumme, A.; Viirsalu, M.; Krasnou, I.; Plamus, T.; Vassiljeva, V.; Tarasova, E.; Savest, N.; Mere, A.; Mikli, V.; Danilson, M.; Kaljuvee, T.; Lange, S.; Yuan, Q.; Topham, P. D.; Chen, C.-M. (2018). A method for producing conductive graphene biopolymer nanofibrous fabrics by exploitation of an ionic liquid dispersant in electrospinning. Carbon, 140, 148–156.10.1016/j.carbon.2018.08.034.

Täiendav info

- Tegevusvaldkond
2.5 Materjalitehnika, 2.10 Nanotehnoloogia

Puidutehnoloogia labor

Laboratory of Wood Technology

Juht/ Head: professor **Jaan Kers**

Tel.: +372 620 2910, e-mail jaan.kers@taltech.ee

Akadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ academic staff

- Jaan Kers – professor
- Rein Reiska - emeriitdotsent
- Triinu Poltimäe - vanemlektor

Doktorandid/ Doctoral students

- Heikko Kallakas, doktorant-nooremteadur
- Karmo Kiiman, doktorant-nooremteadur
- Percy Festus Alao, insener, doktorant
- Villu Kukk, doktorant
- Kaarel Saar, doktorant

Mitteakadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ Non-academic staff

- Ahto Reiska – insener

Võtmesõnad/ keywords

Spoon, vineer, puitpolümeerkomposiidid, puitplastkomposiidid, looduslikud komposiidid, mööbel

Veneer, plywood, wood-polymer composites, wood and natural fibre composites, furnituure

Uurimisrühma kompetentsid/ Competences

TalTech Puidutehnoloogia labor tegeleb kase vineeri pinnaomaduste, kvaliteedi ja liimliite kvaliteedi uurimisega. Selleks on puidutehnoloogia laboris olemas spetsiaalne spooni ja veeri

tootmise liin, millel saab teha täpse kvaliteediga spooni ja vineeri. Laboris tegeletakse ja puidust ja teistest looduslikest kiududest polümeerkomposiitide arendamisega. Puitplastkomposiitides uuritakse, kuidas saab ära kasutada spooni ja vineeritööstuse jääke puitplastkomposiitide valmistamiseks ja kuidas kasepuidu kvaliteed mõjutab puitplastkomposiitide omadusi. Uuritakse veel kiukanepi kasutamist looduslike ehitusmaterjalide ja isolatsiooni materjalide valmistamiseks. Üheks uurimisteenaks on ka riskihtpuitpaneelide kasutamine elamute ehitamiseks. Puidutehnoloogia laboris ja TalTech ligi-0 energiahooone katsemajas uuritakse kuidas mõjutab niiskuse ja temperatuuri muutused pragude tekkimist riskihtpuitpaneelides.

The Laboratory of Wood Technology is investigating the birch veneer surface properties, quality, and bonding quality. Another main research area is wood and natural fiber polymer composites, where we investigate how it is possible use birch veneer residues in the wood-plastic composites. We also investigate how industrial hemp can be used to make building materials and insulation materials. One of our research topics is also cross-laminated timber (CLT) panels which are used for building the houses. Impact of moisture content and temperature to crack formation in cross-laminated timber (CLT) panels are investigated in TalTech 0-energy building.

Olulised projektid

- RITA1/01-18-15 "Biomajanduse väärtusahelad (1.03.2018–28.02.2021)", Jaan Kers, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut.
- EAS Arendusosak „Põhjamaisesse kliimasse sobivate kiukanepist isolatsioonmaterjalide ja viimistlusmaterjalide valmistamine ja omaduste määramine“

Olulised publikatsioonid

- Kallakas, H.; Närep, M.; Närep, A.; Poltimäe, .; Kers, J. (2018). Mechanical and physical properties of industrial hemp-based insulation materials. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 67 (2), 183–192
- Kukk, V.; Kers, J.; Kalamees, T. (2018). The effects of production technologies on the air permeability properties of cross laminated timber. IBPC2018 Proceedings: 7th International Building Physics Conference (IBPC2018), Syracuse, NY, USA. September 23-26.2018. Syracuse CoE, 349–354.

Täiendav info

- Tegevusvaldkond
2.5 Materjalitehnika
- Osalus välisriikide akadeemiate ja/või muude oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös 2018. aastal

Jaan Kers on korralduskomitee liige kahes COST tegevuses: FP1306 (Valorisation of lignocellulosic biomass side streams for sustainable production of chemicals, materials & fuels using low environmental impact technologies) ja FP1407 (Understanding wood modification through an integrated scientific and environmental impact approach (ModWoodLife)). Uurimisrühm osaleb üleeuroopalises puidu välikatsetuste teadusprojekti BIO4ver.

Jaan Kers is a member of the Management Committee in two COST activities: FP1306 (Valorisation of lignocellulosic biomass communication technologies) and FP1407 (ModWoodLife). The research group participates in the European research project on wood materials outdoor durability tests BIO4ver.

- Jaan Kers on rahvuslik koordinaator koostöövõrgustikus Northern European Network for Wood Science and Engineering (WSE). / Jaan Kers is National Coordinator for the Northern European Network for Wood Science and Engineering (WSE).
- Jaan Kers on Eesti Metsa- ja Puidutööstuse Liidu juhatuse liige / Jaan Kers is a member of the board of the Estonian Forest and Wood Industry Association
- Jaan Kers on Eesti Mööblitootjate Liidu juhatuse liige / Jaan Kers is a member of the board of the Estonian Furniture Industry Association
- Puidutöötlemise ja mööblitootmise kompetentsikeskus TSENTER / TSENTER Competence Center for Woodworking and Furniture Production

- Arcwood by Peetri Puit OÜ – CLT paneelide arendus / Arcwood by Peetri Puit OÜ - CLT panel development
- Tarmeko LPD OÜ – kasespooi liimitavuse uuringud / Tarmeko LPD OÜ – birch veneer gluing research
- Tempest AS – mööblitööstuse tehnoloogia viimistlusmaterjalide alane koolitus / Tempest AS - furniture industry technology finishing materials training
- Hempson OÜ – kiukanepist looduslikud isolatsioonmaterjalid / Hempson OÜ - natural insulating materials from hemp fibres
- Alpek FL OÜ – pehmemööblitehnoloogia õppeaines tootearendusprojekti juhendamine / Alpek FL OÜ - supervising product development project in upholstery furniture technology
- Pohjanmaan Kaluste OY – pehmemööblitehnoloogia õppeaines tootearendusprojekti juhendamine / Pohjanmaan Kaluste OY - supervising product development project in upholstery furniture technology course

Päikeseenergeetika materjalide teaduslabor

Laboratory of Photovoltaic Materials Research

Juht/ Head: vanemteadur **Marit Kauk-Kuusik**

Tel.: +372 620 3360, +372 55 688 092, e-mail: marit.kauk-kuusik@taltech.ee

Akadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ academic staff

- Marit Kauk Kuusik – vanemteadur
- Mare Altosaar – vanemteadur
- Kristi Timmo – vanemteadur
- Jaan Raudoja – vanemteadur
- Maris Pilvet - teadur
- Jelena Maricheva – teadur

Doktorandid/ Doctoral students

- Xiofeng Li – doktorant-nooremteadur
- Fairouz Ghisani - doktorant-nooremteadur
- Xenia Filippova
- Suresh Kumar

Mitteakadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ Non-academic staff

- Tiit Varema – insener

Võtmesõnad/ keywords

Monoterakiht-päikeseplatari, monoterapulber, absorbermaterjal, süntees

Monograin layer solar cell, monograin powder, absorber material, synthesis

Uurimisrühma kompetentsid/ Competences

Päikeseenergeetika materjalide teaduslabori peamiseks uurimisvaldkonnaks on pulbriliste pooljuhtmaterjalide süntees ja omaduste kujundamine eesmärgiga kasutada neid absorbermaterjalidena monoterakiht-päikeseplatariides. Tegemist on ainulaadse kontseptsiooniga, mis on kaitstud mitmete patentidega. Materjalid, mida struktuuris kasutame on keerulised ühendpooljuhtmaterjalid, neid ühendavaks omaduseks on keskkonnasõbralikkus ja odavus, et viia päikeseenergia hind konkurentsivõimelisemaks teiste energiaallikate suhtes. Vaatamata sellele, et uuritavate materjalide süntees ja omaduste kujundamine on keeruline, on loodud materjalidest tehtud päikeseplatariide efektiivsused jõudnud ~14 %-ni. Antud tehnoloogiat arendab ja rakendab ka päikeseplatariide väljatöötamiseks TalTech-i spinn-off firma crystalsol GmbH.

Uurimisgrupp omab maailmatasemel kompetentsi kesteriitsete ja kalkopüriitsete monoterapulbrite sünteesi ja sulade soolade keskkonnas toimuvate protsesside keemia, mehhanismi ja kineetika valdkonnas. Suurt tähelepanu on pööratud sünteesitud kristallide pindade modifitseerimisele ja päikeseelemendi siirdeala optimeerimisele keemiliste ning termiliste järelprotsesside abil.

2018 aastal olid peamised uurimisteemad:

1. Uuriti keemilisi protsesse $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$ sünteesil sulas CdI_2 keskkonnas ning määrati kindlaks mehhanismid ja tegurid, mis mõjutavad ühefaasilise absorbermaterjali moodustumist sula soola keskkonnas (Leinemann, I. et al¹, 2018; Leinemann, I. et al², 2018).

2. Sünteesiti kahe erineva kristallstruktuuriga $\text{Cu}_2\text{CdGeSe}_4$ monoterapulbrid CdI_2 -s ja KI -s (tetragonaalne $500\text{ }^\circ\text{C}$ ja ortorombiline $700\text{ }^\circ\text{C}$ juures) ning määrati eksperimentaalselt E_g väärtused, vastavalt $1,14\text{ eV}$ ja $1,27\text{ eV}$. Esmakordselt demostreeriti o- $\text{Cu}_2\text{CdGeSe}_4$ baasil valmistatud päikeseplatereid kasuteguriga $4,21\%$ (Kauk-Kuusik, M. et al., 2018).

3. Esmakordselt sünteesiti erineva Ga-sisaldusega $\text{Cu}(\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x)\text{Se}_2$ monoterapulbrid KI -s ja valmistati päikeseplaterei efektiivsusega $13,8\%$, mille Ga-sisaldus oli $x=0,21$ (Timmo, K., et al., 2018).

4. $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ nanokristallide sünteesil oleüülamiinis (OAm) leiti, et Cs^+ ioonid sünteesilahuses soodustavad homogeensete nanokristallide kasvu. Leiti, et moodustunud OAm-Cs kompleksid a) suurendavad OAm-metall (Cu, Zn and Sn) komplekside teket ja stabiilsust enne S-lahuse lisamist sünteesisegusse ja b) stabiliseerivad kiirelt tekkinud nanoosakesed ja soodustavad difusiooniga limiteeritud nanoosakeste kasvu pärast S lisamist (Kumar, S., et al., 2018).

Activities and Competences: Activities of the Laboratory of Photovoltaic Materials Research cover the synthesis and growth of single crystalline semiconductor powders in the environment of molten salts. The group has the world level competence in the field of chemical processes in the molten salts. A lot of attention is paid to the modification of crystals surfaces by chemical and thermal treatments after synthesis with the aim to use them as absorbers in flexible and lightweight photovoltaic devices called monograin layer (MGL) solar cells. This technology can be used for different absorber materials. As the materials under study are multicomponent compounds, the synthesis and the formation of their semiconductor properties are complicated. Nevertheless, MGL solar cell efficiencies have reached the level of 14% . The goal is to create solar cell materials from cheap and environmentally friendly components with the aim to decrease the cost of solar energy to the compatible level of the other alternative energy sources.

The unique conception of the MGL solar cell is protected by different patents. MGL solar cells technology is being implemented by Spin-off Company of TalTech, crystalsol GmbH.

In 2018 the research was focused on the following:

1. The chemical reactions in the formation of $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$ in CdI_2 were studied and the factors influencing the process to produce single-phase solar cell absorber materials in monograin powder form were determined Leinemann, I. et al¹, 2018; Leinemann, I. et al², 2018).

2. $\text{Cu}_2\text{CdGeSe}_4$ monograin powders with different crystal structure (tetragonal at $500\text{ }^\circ\text{C}$ with $E_g=1,14\text{ eV}$ and orthorhombic at $700\text{ }^\circ\text{C}$ with $E_g=1,2\text{ eV}$) were synthesized in CdI_2 and KI . The first device based on the o- $\text{Cu}_2\text{CdGeSe}_4$ powder was presented with the PCE of $4,21\%$ (Kauk-Kuusik, M. et al., 2018).

3. $\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$ monograin powders with different Ga content were synthesized in KI flux. An efficiency of $13,8\%$ was obtained with the MGL solar cell based on $\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Se}_2$ monograin powder with Ga content of $x=0,21$ (Timmo, K., et al., 2018).

4. It was found that in the $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ nano-crystals synthesis in oleylamine (OAm) solution the presence of Cs^+ promoted growth of nanocrystals of homogenous size. It was proposed that the formed OAm-Cs complexes a) enhanced the formation and stabilization of OAm-metal (Cu, Zn and Sn) complexes before the injection of S precursor into the OAm-metal precursor solution and b) after addition of S stabilized the fast nucleated nano-particles and promoted diffusion limited growth (Kumar, S., et al., 2018).

Olulised projektid

- TAR16016 (TK141) "Uudsed materjalid ja kõrgtehnoloogilised seadmed energia salvestamise ja muundamise süsteemidele (1.01.2015–1.03.2023)", Maarja Grossberg
- AR17092 "Nanomaterjalide tehnoloogiatega ja uuringute keskus (NAMUR+) (1.01.2017–31.12.2021)", Marit Kauk-Kuusik
- IUT19-28 "Uued materjalid ja tehnoloogiad päikeseenergeetikale (1.01.2014–31.12.2019)", Maarja Grossberg
- VFP638 "Päikesepaneelide maksumuse vähendamine läbi materjalide optimeerimise ning väljundenergia suurendamise - Euroopa teadus-ja arendusametustega koostöös - CHEETAH (1.01.2014–31.12.2017)", Maarja Grossberg

- Lep12065 "CZTS monoterakiht päikesepatareide efektiivsuse parandamine (1.04.2012–30.06.2017)", Marit Kauk-Kuusik

Olulised publikatsioonid

- Leinemann, I. et al. *J Therm Anal Calorim* 134 (2018) 409–421. [10.1007/s10973-018-7102-5](https://doi.org/10.1007/s10973-018-7102-5).
- Leinemann, I. et al. *J Therm Anal Calorim* 134 (2018) 433–441. [10.1007/s10973-018-7415-4](https://doi.org/10.1007/s10973-018-7415-4).
- Kauk-Kuusik, M., et al. *Thin Solid Films* 666 (2018) 15–19. [10.1016/j.tsf.2018.09.025](https://doi.org/10.1016/j.tsf.2018.09.025).
- Timmo, K., et al. *Solar Energy* 176 (2018) 648–655. [10.1016/j.solener.2018.10.078](https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.10.078).
- Kumar, S., et al. *Superlattices and Microstructures* 116 (2018) 54–63. [10.1016/j.spmi.2018.02.019](https://doi.org/10.1016/j.spmi.2018.02.019).

Täiendav info

- Tegevusvaldkond
1.3 Füüsikateadused, 1.4 Keemiateadused, 2.5 Materjalitehnika
- Osalus välisriikide akadeemiate ja/või muude oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös 2018. aastal

Research group is a member of European Energy Research Alliance (EERA) network in the field of photovoltaics (EERA Joint Programme in PV). EERA-PV is a network connecting a large number of research institutions from different European countries with the aim of contributing to the progress of PV in a coordinated manner, and a partner of the European cooperation network in kesterite materials (EUKENE).