

Valoa! Solututkimuksessa, avaruudessa, ekokriisin keskellä

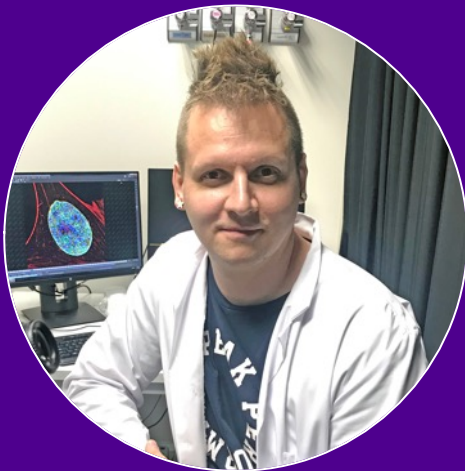
Tutkitun tiedon puolesta

Mediatapaaminen
11.5.2021

Ohjelma

- 9.00 **Tapahtuman avaus**
Juha Teperi, tutkimuksen vararehtori, Tampereen yliopisto
- 9.05 **Laserit, linssit ja molekyylit – miten valolla voi ohjata soluja ja materiaaleja?**
Teemu Ihalainen, akatemiaturkija, BioMeditech, lääketieteen tiedekunta
- 9.20 **Huipputehokkaat moniliitosaurinkokennot – avaruussovelluksia ja ennätystehtailua tamperelaisittain**
Arto Aho, tutkijatohtori, tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
- 9.40 **Valon ja varjon välimaastossa – mitä on hyvä elämä ekokriisien maailmassa?**
Johanna Kallio, apurahaturkija, kasvatustieteiden ja kulttuurin tiedekunta
- 9.55 **Loppusanat**
Mahdollisuus kysymyksiin
- 10:00 **Tilaisuus päättyy**

Päivän puhujat



Teemu Ihalainen

Laserit, linssit ja molekyylit – miten valolla voi ohjata soluja ja materiaaleja?



Arto Aho

Huipputehokkaat moniliitosaurinkokennot – avaruussovelluksia ja ennätystehtailua tamperelaisittain



Johanna Kallio

Valon ja varjon välimaastossa – mitä on hyvä elämä ekokriisien maailmassa?

Arto Aho



Fyysikko, TkT Arto Aho on kehittänyt uusia puolijohderakenteita ja puolijohdemateriaaleja vuodesta 2006. Hänen erikoisalaansa ovat huipputehokkaat moniliitoskennot, joita hyödynnetään avaruusjärjestelmissä ja keskitetyn auringonvalon alla maanpäällisissä sovelluksissa.

- Tutkijatohtori / Operatiivinen kennotiimin johtaja, Optoelektronikan tutkimuskeskus, Tampereen yliopisto, 2015-
- Tärkeimmät Projektit:
 - 2021 - Business Finland R2B – WINSe - langatonta tehonsiirtoa (Projektipäällikkö)
 - 2017 – 2021 Eu ERC AMETIST – Aurinkokennoja (Projektipäällikkö)
 - 2019 – 2021 Hanke langattomasta tehonsiirrosta (Tekninen johtaja)
 - 2013 – 2021 3 eri ESA aurinkokennoprojektia
 - 2016 – Business Finlandin Challenge Finland kilpailun vaihe 1
 - 2015 – Tekniikan tohtori, Typpeä sisältävät III-V aurinkokennot, Fysiikka
 - 2009 – 2014 Kaksi TEKES-rahoitteista aurinkokennoprojektia
 - 2009 Diplomi-insinööri, Fosforipohjaiset puolijohteet, Fysiikka
 - 2006 – 2009 – Järjestettyjä kvanttipisteitä ja puolijohteita kvanttiteknologian tarpeisiin

Huipputehokkaat moniliitosaurinkokennot

- Avaruusovelluksia ja
ennätystehtailua tamperelaisittain

Arto Aho

Tutkijatohtori,
Optoelektroniikan tutkimuskeskus,
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta,
Tampereen yliopisto



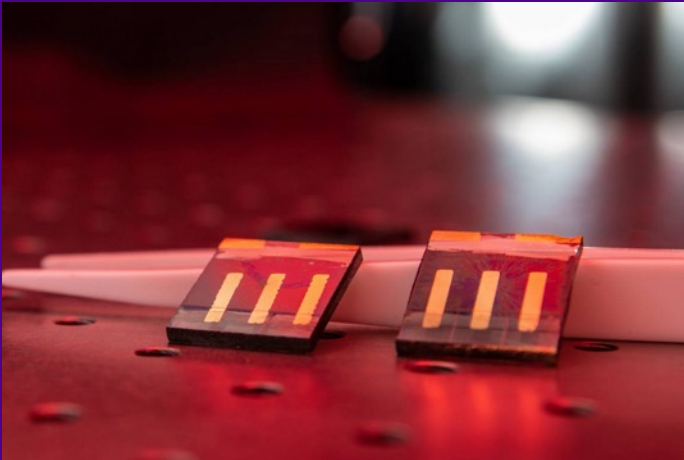
Puheenvuoron teemat

- Taustani tutkijana
- Aurinkokennotutkimus Tampereen yliopistossa
- Mikä vaikuttaa aurinkokennojen tehokkuuteen
- Tamperelaiset tehokkaat moniliitosaurinkokennot
 - Mitä ne ovat ja missä niitä voidaan käyttää
 - Mitä erikoisosaamisellamme voidaan saavuttaa
- Yhteenveto



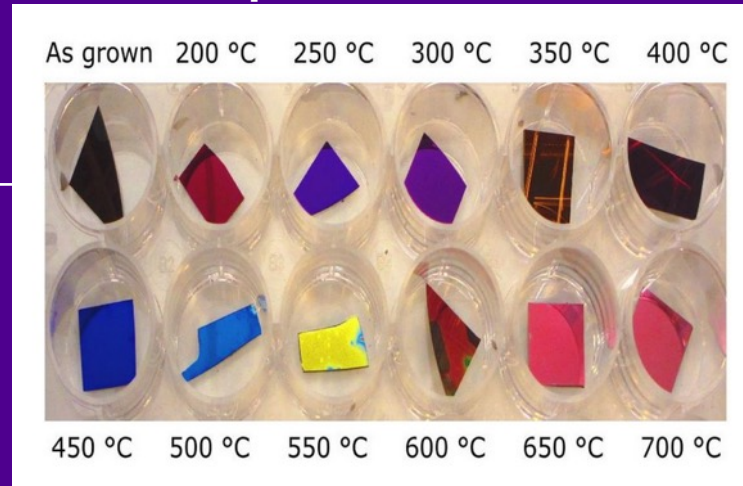
Aurinkoenergian tutkimusta Tampereelta, kiteitä kolmella eri tapaa

Nesteistä kiteitä.



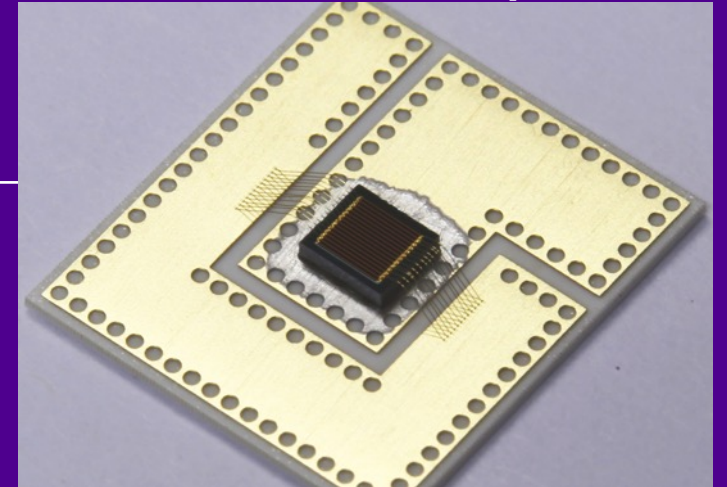
Perovskiittiryhmä –
Paola
Vivo

Pinnoilta polttoaineita.



Aurinkopolttolaitteet –
Prof. Mika Valden

Raakaa tehoa tositarpeeseen.



ORC:n III-V
moniiltosaurinkokennoryhmä

projects.tuni.fi/ametist

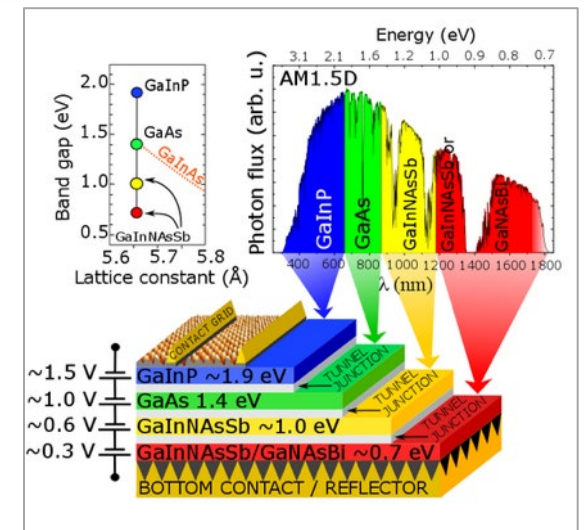
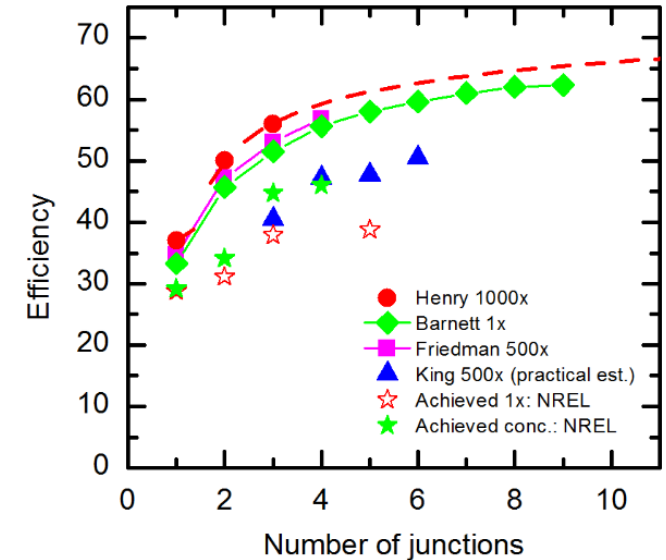
Mikä määrää aurinkokennon hyötysuhteen?

- Aurinkokennot perustuvat puolijohtaviin materiaaleihin, joissa valon fotonit voidaan muuntaa sähkövirraksi ja jännitteeksi.
- Jotta virta saadaan kerättyä jännitteen kera, pitää aurinkokennossa olla vähintään kaksi eri varauksen rajauksen (erottelun) mahdollistavaa aluetta.

Tehokkuuteen vaikuttavat:

- Materiaalien laadukkuus – epäideaaliset kiteet tai molekyylit voivat laskea hyötysuhdetta merkittävästi.
- Materiaalien absorptioreuna ja eri materiaalien lukumäärä (katso kuva).
- Aurinkokennojen häviöt – sähköiset ja optiset.
 - Aurinkokennoilla on rajallinen kyky kerätä varauksia rajallisella sähköisellä potentiaalilla.
 - Kiinteillä materiaaleilla on aina heijastushäviöitä ja osa valosta sujahtaa kennon läpi.
 - Heijastuksen estopinnoittamaton kenno heijastaa valosta noin 30% ja pinnoitteellinen muutamia prosentteja (2-5 %).
- Valon intensiteetti – kennon hyötysuhde optimoituu tietyllä kirkkaudella.

Simulointeja kennojen maksimihyötysuhteille



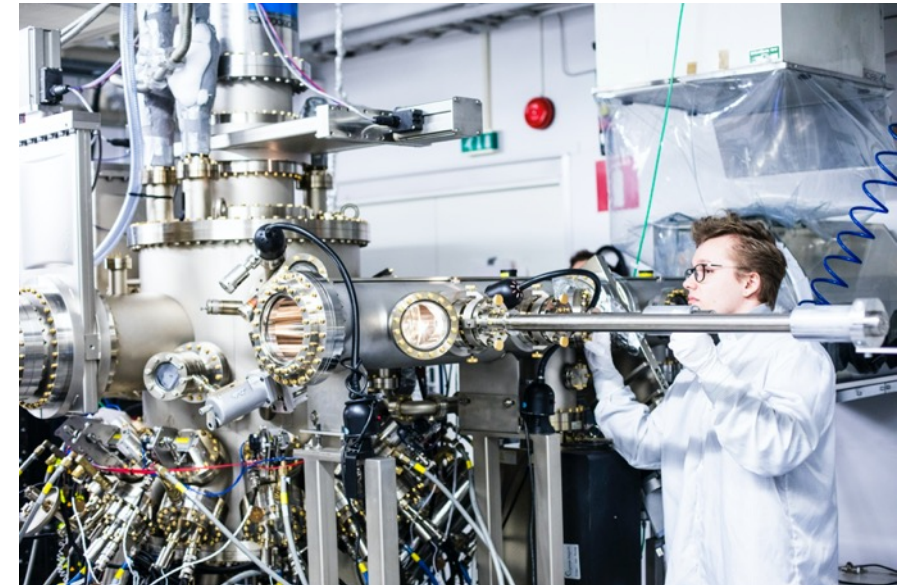
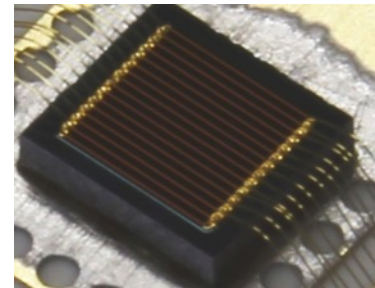
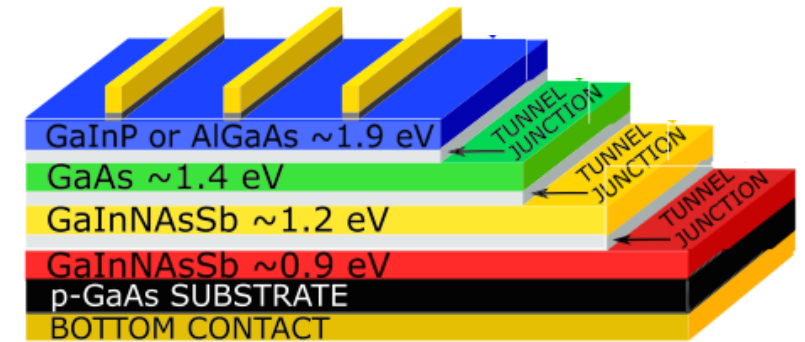
Maailmanlaajuinen megatrendi – aurinkokennoja kannattaa käyttää kaikkialla

- Etelä-Suomessa aurinko säteilee noin 1000 kWh/m² vuodessa.
- Kaupallisten paneelien hyötysuhde on ~20%, joten pystymme keräämään ~200 kWh/m²/vuosi.
- Järkevällä suunnittelulla aurinkoenergian hyödyntämistä voidaan tehostaa:
 - Säilömällä kausittaista aurinkoenergiaa esimerkiksi pesu- tai lämmitysveden muodossa.
 - Varastoimalla ylimäärä sähköä sähköauton akkuun. Kesällä 8 m² riittänee tavanomaiseen autoiluun.
 - Teollisuudessa tuottamalla kesällä energiaintensiiviset raaka-aineet/vaiheet ja jalostamalla kesällä tuotettuja raaka-aineita talvella. Vertaa kausiluonteiseen menuun, syödään tomaatteja silloin kuin niitä saa.
- Fortumin Eero Vartiaisen mukaan modernit aurinkopaneelijärjestelmät maksavat itsensä takaisin omakotiasujalle ~10 vuodessa ja suurissa asennuksissa ~6 vuodessa.
 - Sijoitettu energia saadaan takaisin noin kahdessa vuodessa.



III-V moniliitosaurinkokennot pähkinänkuoressa

- Perustuvat jaksollisen järjestelmän ryhmien III ja V atomeihin: III-ryhmä: Alumiini (Al), gallium (Ga), indium (In) V-ryhmä: arseeni (As), fosfori (P), typpi (N) ja antimoni (Sb).
- Erilliskiteisiä monikerrosmateriaaleja, eri kerroksia on kymmeniä. Monikerrosrakenne valmistetaan 100 mm GaAs kiekkoille.
- Voidaan lataa ”kerroskakuksi”, jolla on hyvä vaste eri spektreille ja näin saavutetaan korkea hyötysuhde. Kennot kytketään tunneliliitosohutkalvoilla sarjaan kuten paristot, näin kokonaisjännite on alikennojen jännitteen summa.
- Materiaaleja valmistetaan alustakiekon päälle yleensä **molekyylisuihkuepitaksialla (MBE)** tai metalliorganaisella kaasufaasikasvatuksella (MOCVD). Prosessit ovat täysin automatisoituja ja toistettavuus on korkealla tasolla.

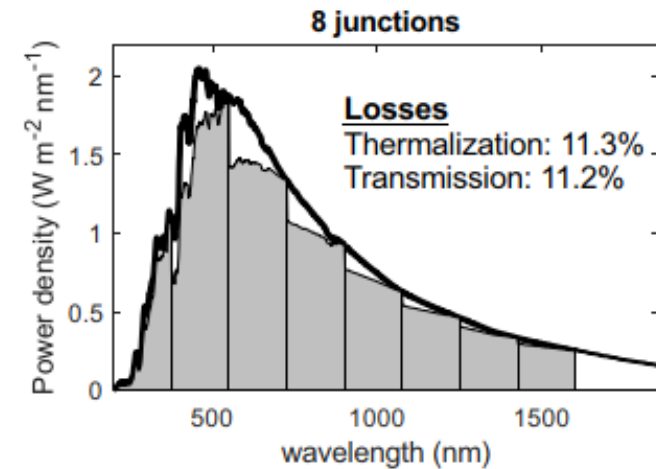
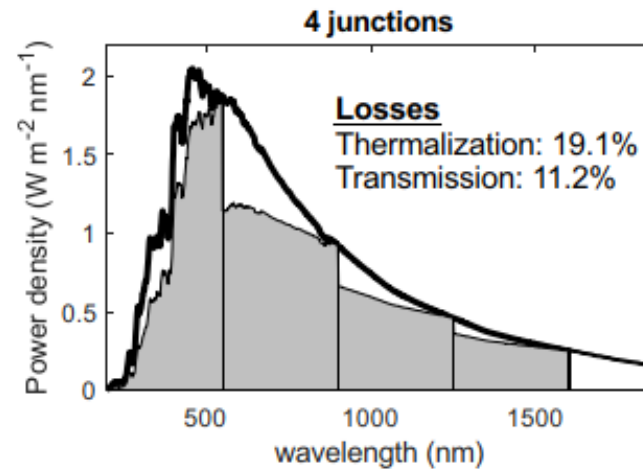
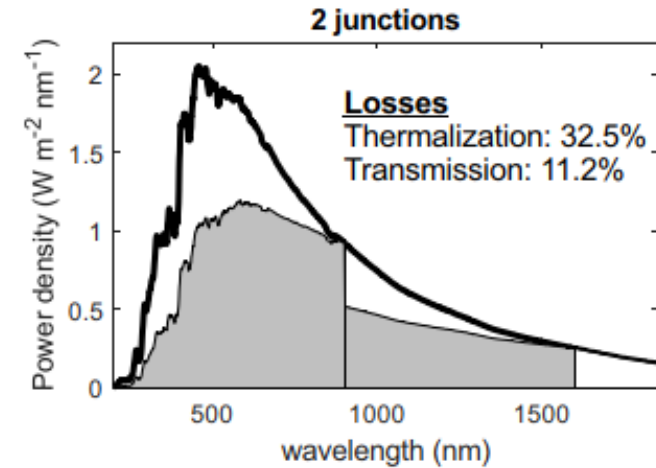
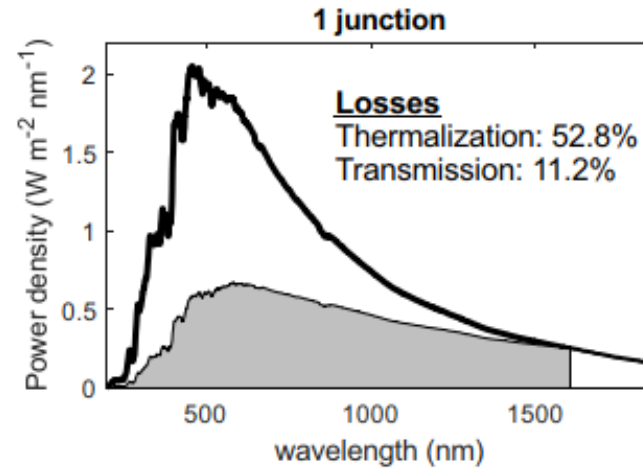


Miksi liitosten määrä lisää hyötysuhdetta?

Aurinkokennon perustavaa laatua olevat häviötyypit:

1. Lämpöhäviöt
2. Läpimenohäviöt

Moniliitosrakenne minimoi molemmat.

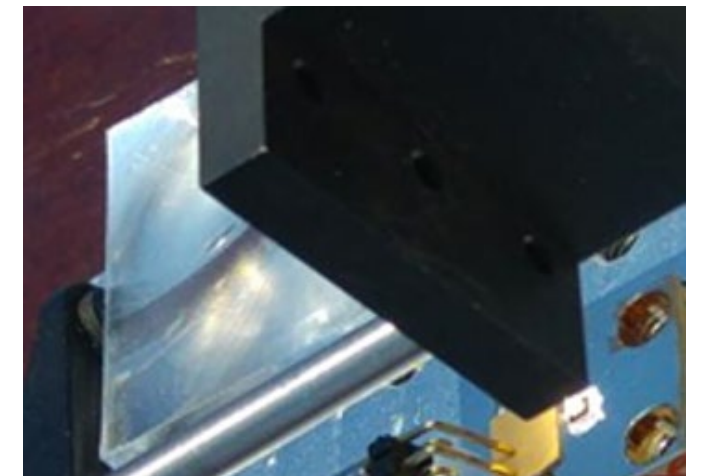
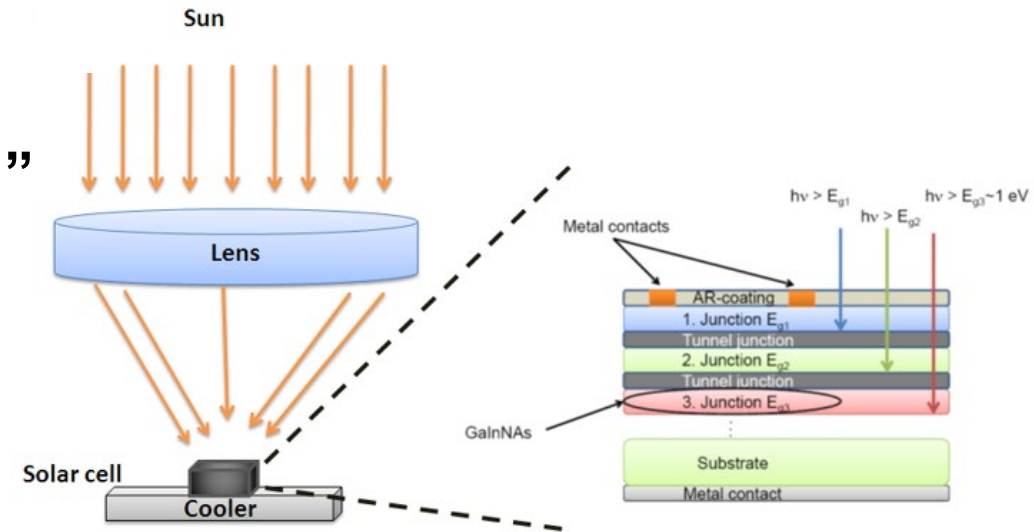


Lisää tehoa keskitetyllä valolla!

”Valoa voidaan keskittää linsseillä tai peileillä jopa yli tuhatkertaisesti III-V moniliitosaurinkokennolle!”

Edut:

- Hyötysuhde kasvaa jopa 10 prosenttiyksikköä.
- Materiaalia säästyy yli tuhatkertainen määrä.
- Voidaan saavuttaa tulevaisuudessa yli 50%:n hyötysuhde.
- Hyvän lämmönjohtumisen ja hyötysuhteen ansiosta lämpötila pysyy aisoissa ($\sim 40^\circ\text{C}$ ympäristöä kuumempi).
- Sirut ovat tyypillisesti alle 5 mm x 5 mm kokoisia, meillä koko on 2 mm x 2 mm.
- Yhdeltä 100 mm kiekolta saadaan jopa 2 kW tehoa.



Missä III-V moniliitosaurinkokennoja käytetään?

Avaruussovellukset:

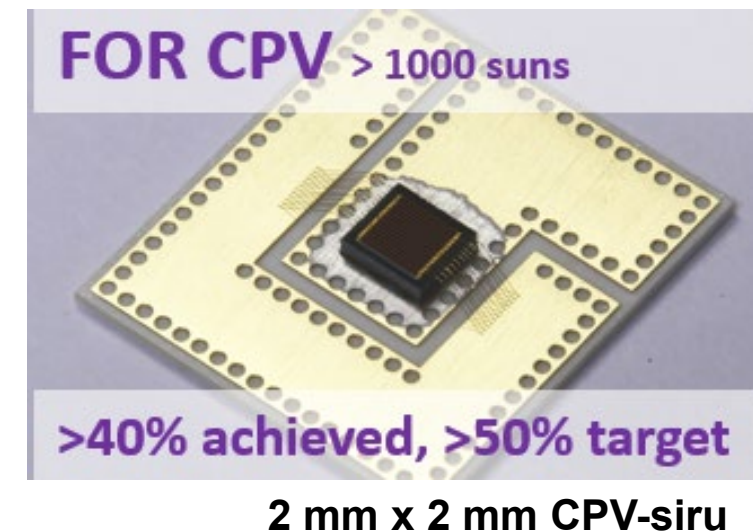
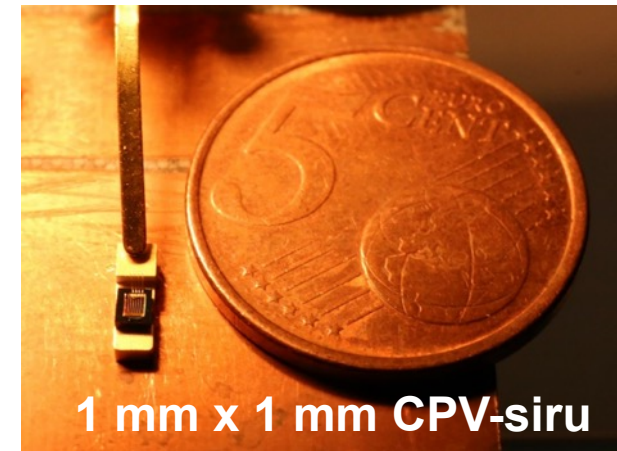
- Korkea hyötysuhde mahdollistaa halvemman järjestelmän, hyötysuhde on 1,7 kertaa korkeampi kuin piikennoilla. (ORC:n ennätys on 30.8 %)
- Tehokas aurinkokenno laskee kalliita laukaisukustannuksia.
- Optimoidut III-V aurinkokennorakenteet kestävät hyvin säteilyä. Runsaasti enemmän tehoa satelliitin elinkaaren loppupäässä pihin verrattuna.
- III-V aurinkokennot ovat pääsääntöinen tehonlähde avaruussovelluksissa. Valon keskitettyä valoa ei juuri käytetä, kennot ovat tyypillisesti 4 cm x 8 cm kokoisia. Paneelissa on lukuisia kennoja.
- Kennoista voidaan valmistaa rullautuvia ja taipuisia. Tulevaisuuden järjestelmät voivat olla entistä tiiviimmin pakattuja laukaisun aikana.



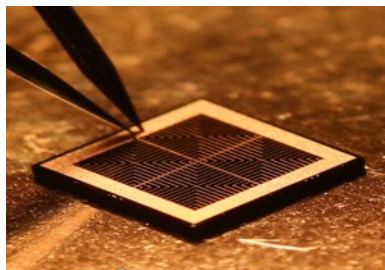
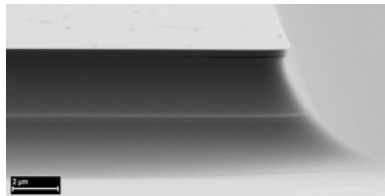
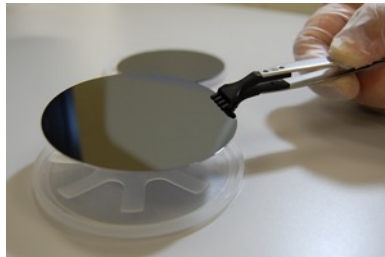
Missä III-V moniliitosaurinkokennoja käytetään?

Keskitetyn auringonvalon sovellukset (CPV, concentrated photovoltaics)

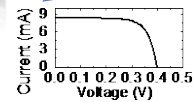
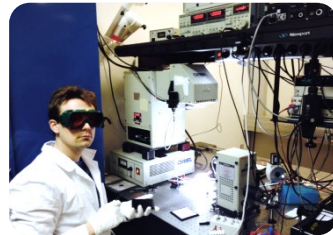
- Samaan tehoon kennomateriaalia tarvitaan vähän, vain 1/2000 osa piihin verrattuna.
- Valo keskitetään linssien tai peilien avulla.
 - Hyötysuhde nousee esim. 30 %:sta 40 %:iin.
- Korkea hyötysuhde >40 % ja >50% voidaan saavuttaa tulevaisuudessa.
- Erinomaiset lämpötilakertoimet, pärjäävät verrattain parhaiten kuumassa ja aurinkoisessa ilmastossa.
- Soveltuu parhaiten maapallon aurinkovyöhykkeille (esim. Sun Belt).
- Demonstraatiovoimaloita on asennettu noin 300 MW, mutta oppikäyrä on vielä piihin verrattuna alussa.
- Skaalautuessaan (tuontantoautomaatio) teknologia voi halventua radikaalisti (vertaa mikroelektroniikkaan tai autoteollisuuteen).



Mikä tekee ORC-kennoryhmästä uniikin?



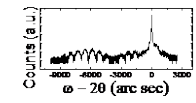
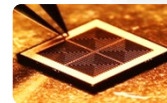
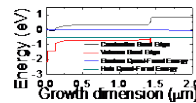
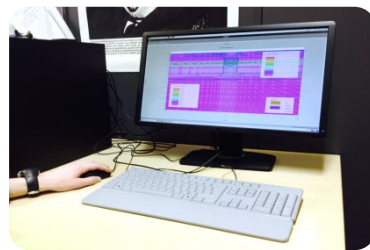
Solar cell characterization



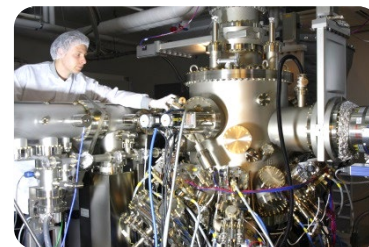
Solar cell processing



Simulation



Material characterization



MBE growth

"Meillä löytyvät saman katon alta sekä laitteistot että oikea tietotaito."



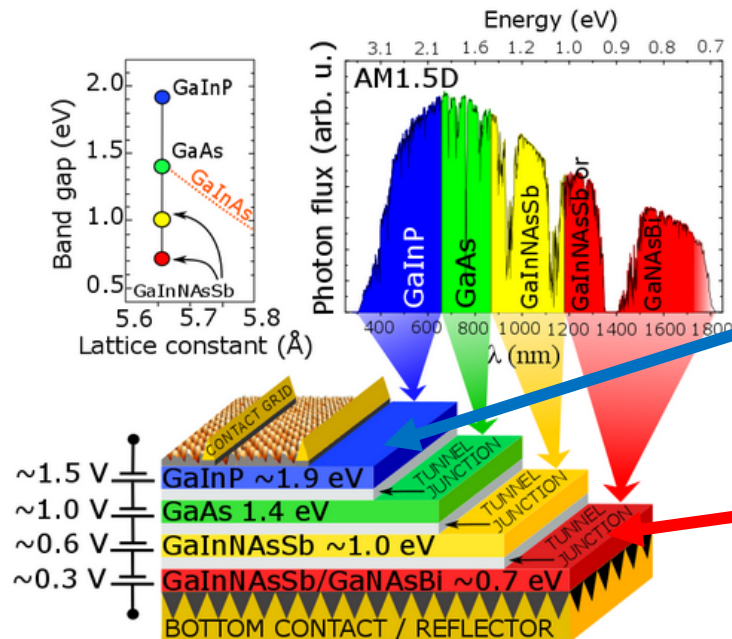
European Research Council
Established by the European Commission

projects.tuni.fi/ametist

Missä olemme parhaita?

”ORC:n aurinkokennotiimi pystyy valmistamaan spektraalisti optimoidut moniliitosaurinkokennon komponenttikennot materiaalitehokkaasti MBE:llä.”

- Voimme minimoida häviöt UV:lta pitkälle IR-päähän saakka. Tyypeä sisältävien ohutkalvoaurinkokennojen avulla katamme IR-pään materiaalitehokkaammin kuin muut.
- Kehitämme näitä materiaaleja AMETIST ERC –hankkeessa
 - Lisätietoa: projects.tuni.fi/ametist



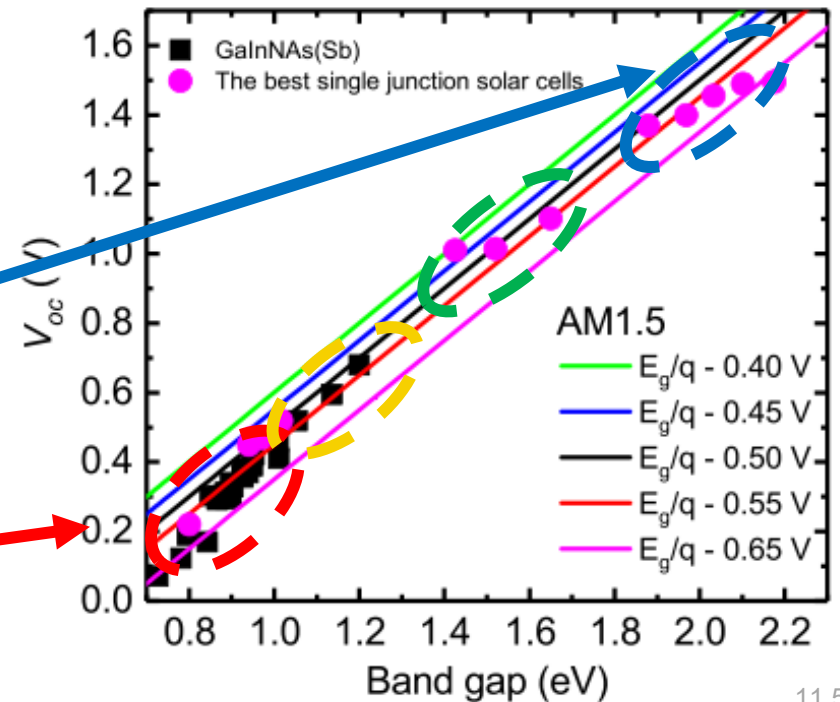
Received: 6 July 2020 | Revised: 28 January 2021 | Accepted: 22 February 2021
DOI: 10.1002/pip.3412

EU PVSEC PAPER

PHOTOVOLTAICS WILEY

Wide spectral coverage (0.7–2.2 eV) lattice-matched multijunction solar cells based on AlGaInP, AlGaAs and GaInNASb materials

Arto Aho | Riku Isoaho | Marianna Raappana | Timo Aho



On paras kehittää kestävästi

Tavoittelemme:

Maksimaalinen hyötysuhde minimimäärällä materiaalia

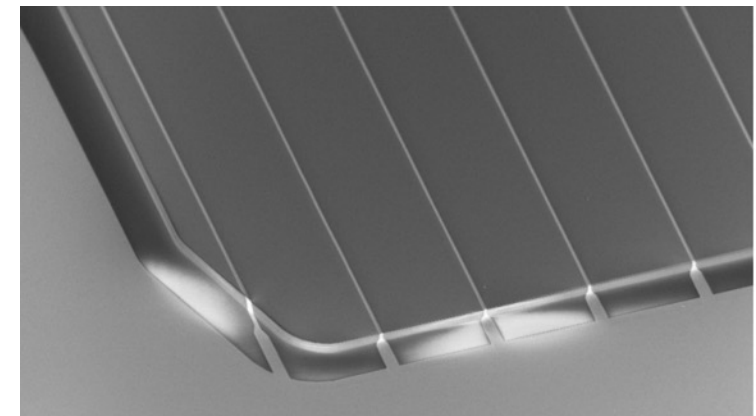
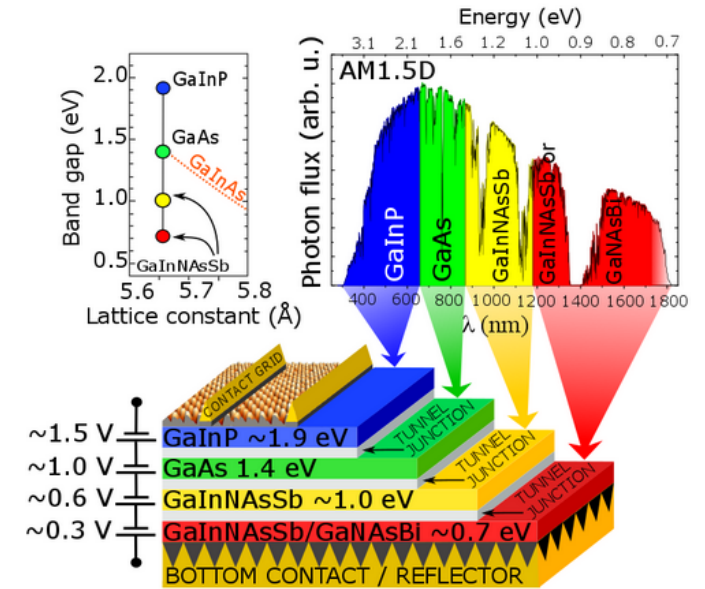
- Erikoisosaamisemme tyyppä sisältävistä GaInNAsSb-ohutkalvoista mahdollistaa ohuimmat moniliitosaurinkokennot.
- Kilpailevien tekniikoiden kennot voivat olla jopa 4 kertaa paksumpia.
- Panostamme verrattain yksinkertaisiin prosesseihin, lähestymistavassamme on vähemmän vaiheita kuin usealla kilpailijalla.

Kehitämme ohutkalvoteknologiaa

- Kennon kokonaispaksuus jopa alle 10 μm , hiuksen 1/8 osa.
- Kennot voidaan siirtää taipuisalle alustalle \rightarrow keveys ja korkea teho-painosuhte.

Hyödynnämme nanorakenteita

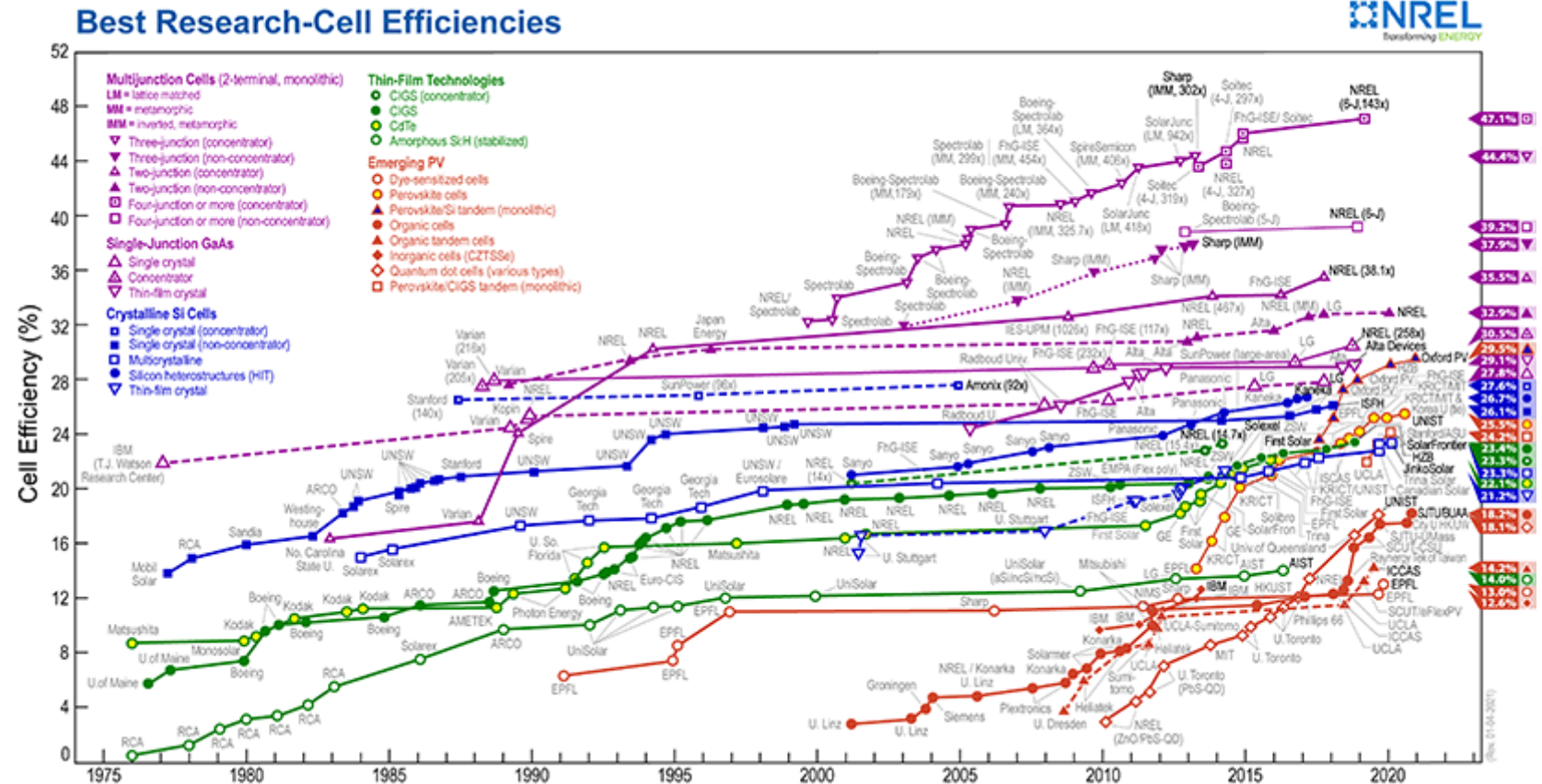
- Nanorakenteiden avulla voimme loukkuunnuttaa valon tehokkaasti kennoon ja vähentää merkittävästi tarvittavan materiaalin määrää.



Kuinka pärjäämme kansainvälisesti?

Maailman parhaat aurinkokennot

- Paras kenno: 47,1 %
 - III-V moniliitosaurinkokenno (USA)
- Paras piikenno: 27,6 % (Saksa)
- Paras perovskiitti: 25,6 % (Etelä-Korea)
- Entä Tampere?

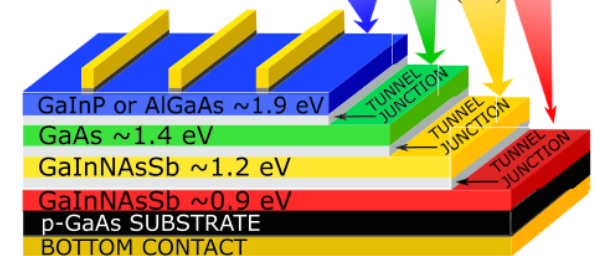
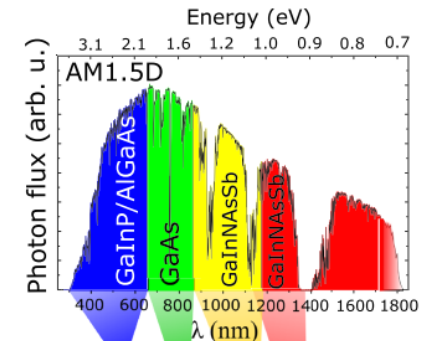
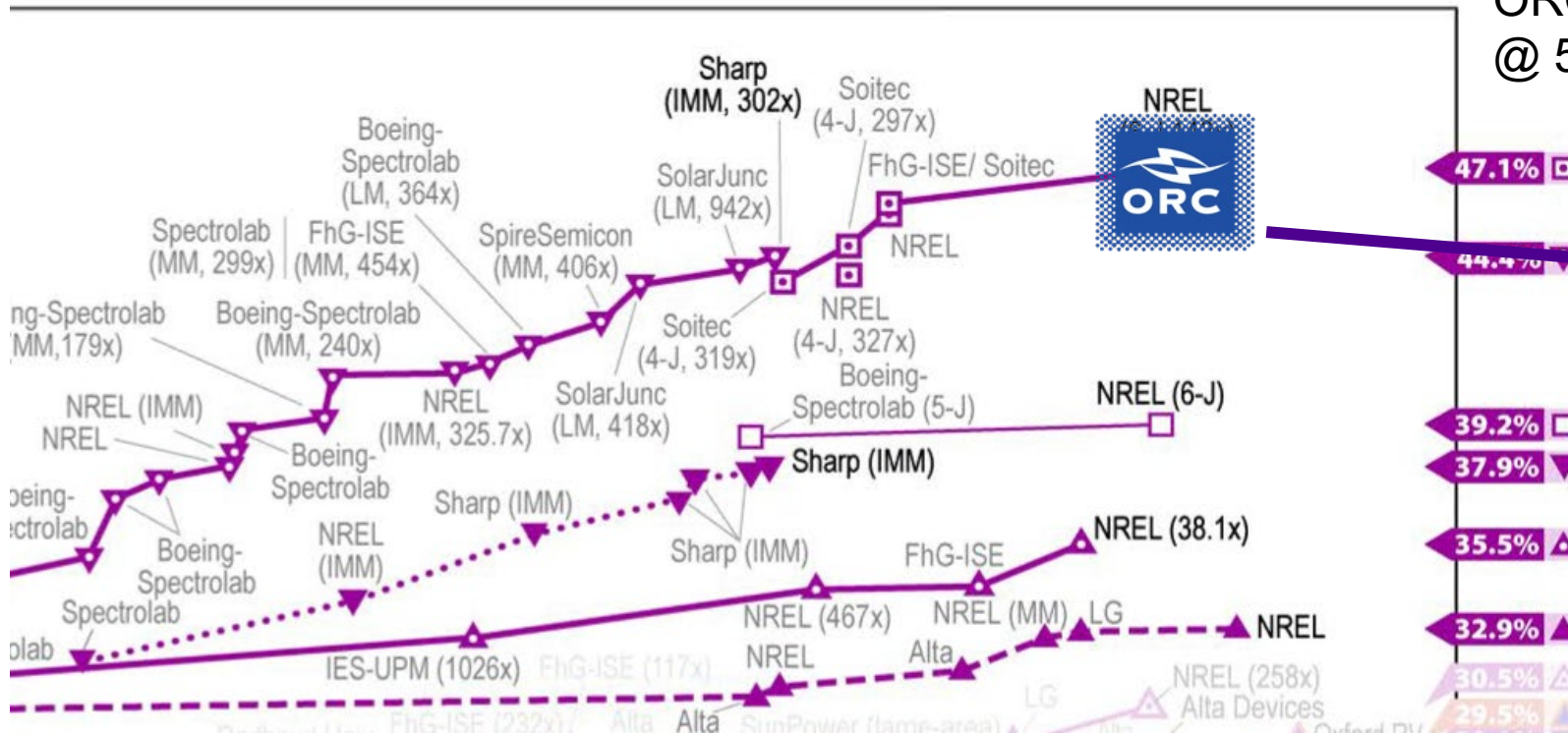


Kuinka pärjäämme kansainvälisesti?

- Lisäämällä optimoituja liitoksia yhdestä kahteen, voidaan nykyisillä materiaaleilla ylittää 50 %:n hyötysuhde.
- ”Kenomme paksuus on vain noin 1/4 maailmanennätyskennon paksuudesta. Saamme jokaisesta valmistetusta mikrometristä 3,3 kertaisen tehon.”



ORC:n Tamperelainen neliliitoskenno: 39% @ 500 aurinkoa



Materiaalitutkimuksesta yllättäviä löytöjä

- **Spintroniikkaa kansainvälisellä yhteistyöllä – uusi Nature Photonics -julkaisu**

- ”Kvanttiteknologian läpimurto: tamperelainen puolijohdeosaaminen mahdollistaa spintroniikan huoneenlämmössä.”

- <https://www.tuni.fi/fi/ajankohtaista/kvanttiteknologian-lapimurto-tamperelainen-puolijohdeosaaminen-mahdollistaa>

- **Langaton tehonsiirto – hyötysuhde yli 50%**

- ”Valosähkömuunnin toimii hyvin samalla periaatteella kuin aurinkokenno, mutta se muuttaa sähköksi laservaloa auringonvalon sijaan. Itse muuntimen halkaisija on muutaman millimetrin luokkaa.”

- Käytetään kohteissa, joissa sähköjohto on mahdottomuus.

- <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/kun-sahkojohdolle-taytyy-loytaa-vaihtoehto-suomessa-kehitetaan-sovellusta-jossa-energiansiirto-tapahtuu-optisen-kuidun-kautta/b4c032b3-b620-4551-ab88-cc06659c985b>



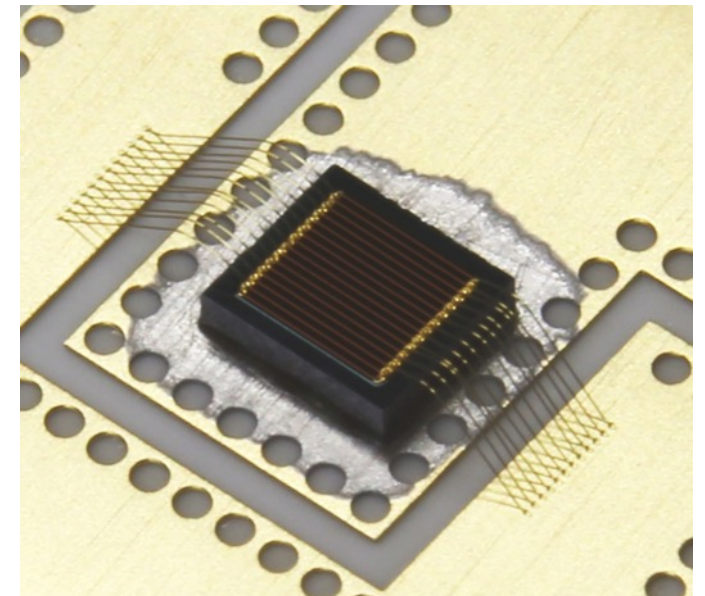
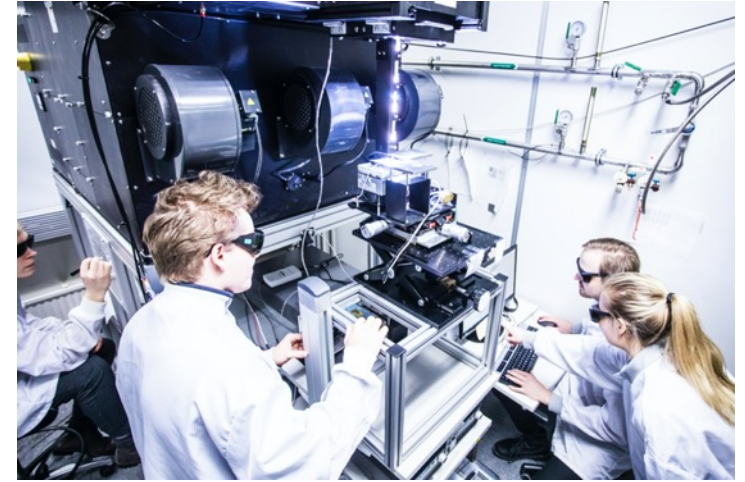
Room-temperature electron spin polarization exceeding 90% in an opto-spintronic semiconductor nanostructure via remote spin filtering

Yuqing Huang¹, Ville Polojärvi², Satoshi Hiura³, Pontus Höjer¹, Arto Aho², Riku Isoaho², Teemu Hakkarainen², Mircea Guina², Shino Sato³, Junichi Takayama³, Akihiro Murayama³, Irina A. Buyanova¹ and Weimin M. Chen¹



Yhteenveto

- Tampereella tehdään kokeellista aurinkokennotutkimusta kolmella tapaa:
 - Perovskitteja
 - Aurinkopolttoaineita
 - **Moniliitosaurinkokennoja**
- ORC:n ryhmä tutkii tyypeä sisältäviä moniliitosaurinkokennoja.
- Moniliitoskennoilla voidaan saavuttaa korkeimmat hyötysuhteet.
- Olemme saavuttaneet lähes 40 % prosentoin hyötysuhteen neliliitoskennoille, yli 50 %:n hyötysuhde on mahdollinen lisäämällä liitoksia.
- Teemme ohuimmat moniliitosaurinkokennorakenteet, jotka pyrkivät hyödyntämään luonnonvarat moniliitoskennoista tehokkaimmin.
- Materiaalien perustutkimus ja kehitys voi poikia myös muita uusia ja yllättäviä löytöjä, jopa kvanttiteknologian saralla.



**Kiinnostuitko? Kysy lisää
asiantuntijoiltamme.**

Ota yhteyttä, kerromme sinulle lisää!

Teemu Ihalainen

teemu.ihalainen@tuni.fi

050 318 7202

Arto Aho

arto.aho@tuni.fi

040 198 1076

Johanna Kallio

johanna.kallio@tuni.fi

041 549 2293

Voit ladata esitysmateriaalit itsellesi [tapahtumasivulta](#).

Seuraavat mediatapaamiset

- Syys/lokakuu: Hyvinvointi kestävyysperustana
- Marraskuu: Pelikulttuurin monet kasvot

Kiitos!
Tervetuloa kuulolle toistekin.