



Valon ja kemian liitto vahvistuu

■ Tulevaisuudessa valo voi tuoda vaikka timantteja taivaalta, sanovat foniikan tutkijat.

Scanstockphoto

Kalevi Rantanen

Optiikka ja kemia ovat olleet läheisiä liittolaisia laboratorioissa jo vuodesta 1859. **Robert Bunsen** ja **Gustav Kirchhoff** rakensivat silloin ensimmäisen spektrometrin.

Nyt optiikka ja fotonikka ovat tulossa myös tuotantoprosessiin, ensin tarkkailijoina.

Suomalaisessa Spectral Engines Oy:ssä uskotaan, että jatkossa suuret spektrometriset koneet korvataan pienillä, kevyillä, halvoilla ja vähän energiaa kuluttavilla antureilla, jotka voidaan yhdistää langattomasti asioiden internetiin ja pilvipalveluihin.

Vuonna 2014 perustettu helsinkiläisyhtiö on versonut Teknologian tutkimuskeskus VTT:n spektrometritutkimuksesta.

Spectral Engines ja sen yhteistyökumppanit aikovat levittää pienet, kevyet spektrometriset anturit kemianteollisuuteen.

”Valosensoriemme toimitukset asiakkaille ovat jo alkaneet. Suurin osa tuotteistamme menee tätä nykyä vientiin”, kertoo nuoren yhtiön teknologiajohtaja **Uula Kantojärvi**.

Sovelluksia pienille valoantureille on paljon. Esimerkiksi juomista, polttoaineista ja liuottimista niillä mitataan etanolipitoisuutta.

Savukaasuista sensorit mittaavat hiilidioksidia. Anturit ovat tarpeen myös petrokemian teollisuudelle ja lääketeollisuudelle, jossa voidaan mitata esimerkiksi vaikuttavaa ainetta, laktoosia ja mikrokiteistä seluloosaa.

Herkät laitteet

Uutta ovat antureiden pieni koko ja pitkälle viety automaatio. Kemianteollisuus on käyttänyt spektroskopiala, lasereita ja muuta optiikkaa aineiden pitoisuuksien mittaamisessa aiemminkin, mutta menetelmät kehittyvät koko ajan.

”Kaasumittauksissa diodilasertekniikka on nyt tullut arkipäivään”, kertoo tekniikan tohtori **Toni Laurila**.

Jo 15 vuotta optisten mittaustaitteiden kehitystyötä tehnyt Laurila työskentelee tutkijana Neste Oyj:n teknologiakeskuksessa.

Kaupallisesti saatavilla diodilaserpohjaisilla kaasumittalaitteilla voi-

Valon valoisa tulevaisuus

Yhdysvaltain kemian seuran American Chemical Societyn lehti *Chemistry & Engineering News* nimesi lokakuussa viisi optista ja fotonista työkalua, joita kemian tiede ja teollisuus tulevat todennäköisesti hyödyntämään yhä enemmän:

- 1 Pienet, voimakkaat magneetit magneettisen ydinresonanssin tutkimusta varten
- 2 Mikroaaltotekniikka, esimerkiksi peptidien teollisessa synteesissä ja nanokemiassa
- 3 Valokemia hiilidioksidin pelkistämiseksi ja lääkeaineiden synteesissä
- 4 Kvanttimekaaninen spektroskopia kemiallisessa tutkimuksessa
- 5 Sekä ”pehmeät” että ”kovat” röntgensäteet aineiden ja reaktioiden tutkimuksessa.

daan havaita kaasuja jopa alle ppb:n eli miljardiosien pitoisuuksissa.

Tällaisilla herkillä, selektiivisillä mittalaitteilla on mahdollista löytää esimerkiksi metaanin tai ammoniakkin vuodot hyvin varhaisessa vaiheessa. Herkkyyks on merkittävästi suurempi kuin perinteisessä FTIR-tekniikassa.

”Jalostamossa monia prosesseja säädetään analysoimalla kaasun ja nestevirtoja reaaliajassa infrapunaspektroskopialla pohjautuvilla mittalaitteilla”, Laurila kuvailee.

Säätöjä voidaan silloin tehdä hyvin nopeasti. Vaihtoehtoisesti näytteen käsittely ja analysointi laboratoriossa veisi huomattavasti pidempään. Syntyvät laatu- ja kustannushyödyt ovat merkittäviä, kun materiaalivirrat ovat isoja.

”Lähitulevaisuudessa nestemittauksiin on todennäköisesti tulossa lisää optiikkaa”, Laurila uskoo.

Haastavat tekniikat

Fotonikka vaikuttaa laajasti kemiassa ja kemiaa soveltavilla aloilla.

”Orgaanisten aurinkokennojen ja ledien kehitystyössä sovelletaan kemiaa paljon”, kertoo fysiikan professori **Juha Toivonen** Tampereen teknillisestä yliopistosta.

”Teollisuudessa on paljon perinteistä optista tekniikkaa, kuten sameuden mittausta.”

Nyt ollaan siirtymässä seuraavaan kehitysvaiheeseen.

”On alettu käyttää myös haastavampia tekniikoita, kuten molekyylien tunnistusta infrapuna-alueen kvanttikaskadilasereilla.”

Kehityksen taustalla on laserien saatavuuden parantuminen ja hintojen aleneminen.

Teollisuuden kiinnostuksen kasvu aiheeseen näkyy selvästi. Toivosen mukaan iso tekijä alalla on esimerkiksi saksalainen monialajätti Siemens.

Yhdessä seitsemän muun organisaation kanssa saksalaisyhtiö kehittää uutta laserteknologiaa hiilivetyjen reaaliaikaista seuraamista varten. Teknologiaa testataan teollisissa prosessissa Preem Ab:n öljynjalostamossa Ruotsin Göteborgissa.

Vuoteen 2018 ulottuvassa iCspec-hankkeessa pyritään korvaamaan FTIR-spektroskopia eli fouriermuunnospektroskopia kevyellä, jatkuvasti toimivalla MIR- eli keski-infrapunaspektroskopialla.

Uusissa laitteissa käytetään nimenomaan kvanttikaskadilasereita. Niissä elektronit siirtyvät energiatasoilla portaittain, kuin vesi sarjassa putouksia.

iCspec-hankkeessa kvanttikaskadilasereilla mitataan 6–12 mikrometrin säteilyä. Toisenlaisilla, laajakaistaisilla kaskadilasereilla mitataan lyhytaaltoisempaa, 3–5 mikrometrin säteilyä.

Göteborgissa analysoidaan ensimmäisessä vaiheessa propaania ja butaania. Tavoitteena

on lyhentää analyysin viemä aika muutama sekuntiin. Silloin päästään melkein tosiaikaisesti toimivaan säätösilmukkaan.

Ratkaisuilla tavoitellaan suuria kustannussäästöjä.



Valon vuosi 2015

Kuluva vuosi on YK:n nimeämä kansainvälinen valon vuosi, *International Year of Light and Light-based Technologies*. Vuoden aikana tehdään tunnetuksi valoa sekä optisia teknologioita ja niiden sovelluksia.



Preem AB

Uudella laserteknologialla päästään seuraamaan hiilivetyjä reaaliajassa. Teknologiaa testataan parhaillaan Preemin öljynjalostamossa Göteborgissa.

» » »

Tuloksia aiotaan hyödyntää muun muassa kemian- ja lääketieteellisyydessä.

Tarkkailusta ohjaukseen

Perustutkimuksessa tähdätään vielä pitemmälle. Tiede haluaa sekä tutkia että ohjata kemiallisia reaktioita valolla.

Egyptiläis-yhdysvaltalainen tutkija **Ahmed Zhevail** sai vuoden 1999 kemian Nobelin palkinnon reaktioiden tutkimisesta femtosekuntispektroskopiolla.

Femtosekunti on sekunnin tuhannesbiljoonasosa. Femtosekunnin mitaisilla laserpulsseilla voidaan ”elokuvat” kemiallisten reaktioiden kulkua.

Laboratorioissa on pystytty myös vaikuttamaan reaktioihin. Yksi esimerkki on Wienin teknillisen yliopiston fotonikan instituutin tutkijoiden vuonna 2014 tekemä koe. Siinä itävaltalaiset tutkijat hajottivat laserilla eteeniä ja asetyleeniä erilaisiin ioneihin.

Valosovellukset etenevät piilossa

Fotoniikan marssi kemiaan on jäänyt osittain huomaamatta. Esimerkiksi suomalainen alan verkosto Photonics Finland puhuu yleisesti fotonien käytöstä teollisissa prosesseissa. Kemianteollisuutta ei erikseen mainita.

Myös fotonikan taloudellinen vaikutus hukkuu muiden nimikkeiden taakse, vaikka alan arvioidaan edustavan jo peräti kymmenesosaa kansantaloudesta.

Fotoniikan ja kemian yhteys tulee vastaan vasta yksityiskohtaisissa raporteissa.

Eurooppalainen fotonikkatie-

kartta vuosille 2014–2020 ennakoii, että läpimurtoja syntyy esimerkiksi vaarallisten aineiden havaitsemisessa.

Raportti muistuttaa, että keski-infrapuna- ja Raman-spektroskopia tarjoavat hyvin tarkkoja analyyssejä. Raman-spektroskopian ja laserindusoidun spektroskopian käyttöä voidaan lisätä levittämällä niiden reviiiriä infrapuna-alueelle.

Teknologian suurimmaksi puutteeksi mainitaan laitteiston kalleus. Tätä pullonkaulaa avaavat uudet laitteet.

”Pystyimme ensimmäisen kerran erottamaan erilaiset reitit ja valitsemaan haluamamme reaktion”, kuvaillee tutkimuksen vetäjä, tohtori **Markus Kitzler** *phys.org*-verkkolehdestä.

Kaasua auringosta

Futuristisen femtosekuntilaserkemian rinnalla rakennetaan tekno-

logiaa, jossa yhdistetään toisiinsa jo olemassa olevia aurinkokennoja ja elektrolyysikennoja.

Professori **Stuart Lichtin** tiimi yhdysvaltalaisesta George Washington -yliopistosta on yli kymmenen vuotta kehittänyt ”aurinkokemiaa” polttoaineiden sekä muiden kemikaalien ja materiaalien valmistusta varten.

Valokemia saattaa tehdä ilman hiilidioksidista kullanarvoisen raaka-aineen.

Lokakuun alussa ryhmä julkaisi tutkimuksestaan artikkelin, jonka otsikko kuuluu *Aurinkokaasua synteesikaasun sijasta*.

Menetelmässä auringonvalo kohdistetaan peilien tai linssien avulla tehokkaasti aurinkokennoihin. Kennot ovat monikerroksisia kalliita, mutta valon keskityksen ansiosta niitä ei tarvita paljoa.

Aurinkokennosta sähkövirta menee kahteen elektrolyysikennoon. Ensimmäinen sisältää sulaa litiumia ja natriumhydroksidia. Kennossa syntyy vedestä vetyä. Toinen kenno pelkistää sulassa litiumkarbonaatissa ilman hiilidioksidia hiilimonoksidiksi.

Lopputulos on kemianteollisuudelle tuttua hiilimonoksidin ja vedyn seosta, synteesikaasua. Siitä osataan valmistaa monenlaisia polttoaineita ja kemikaaleja.

Kennon hyötysuhde on 38 prosenttia. Lisäksi auringon säteilyn infra-punaosaa käytetään elektrolyysikennojen lämmitykseen, jolloin sähkön tarve elektrolyysiin vähenee noin 25 prosenttia.

”Auringon energiasta noin puolet voidaan näin muuntaa kemialliseksi energiaksi”, professori Licht sanoo.

Lichtin ryhmä on myös raportoinut kokeesta, jossa ”aurinkoreaktori” saatiin tuottamaan hiilinanokuituja. Se tapahtuu liuottamalla sulaan elektrolyyttiin hiilidioksidia. Elektrolyysin tuloksena on nanokuituja, joita voidaan käyttää nykyisten hiilikuitujen tavoin materiaalien lujitteina.

”Timantteja taivaalta”, Licht tiivistää ratkaisun *phys.org*-lehden haastattelussa.

Valokemia saattaa tehdä ilman hiilidioksidista kullanarvoisen raaka-aineen. Tai se voi tehdä jotakin muuta, mitä emme osaa edes arvata. On kehityksen tarkka suunta mikä tahansa, fotonikan ja kemian yhteys vahvistuu edelleen. □

Kirjoittaja on vapaa tiedetoimittaja ja teoksen *Valo ja sen hyödyntäminen ennen ja nyt* (Art House 2015) kirjoittaja. kalevi.rantanen@kolumbus.fi

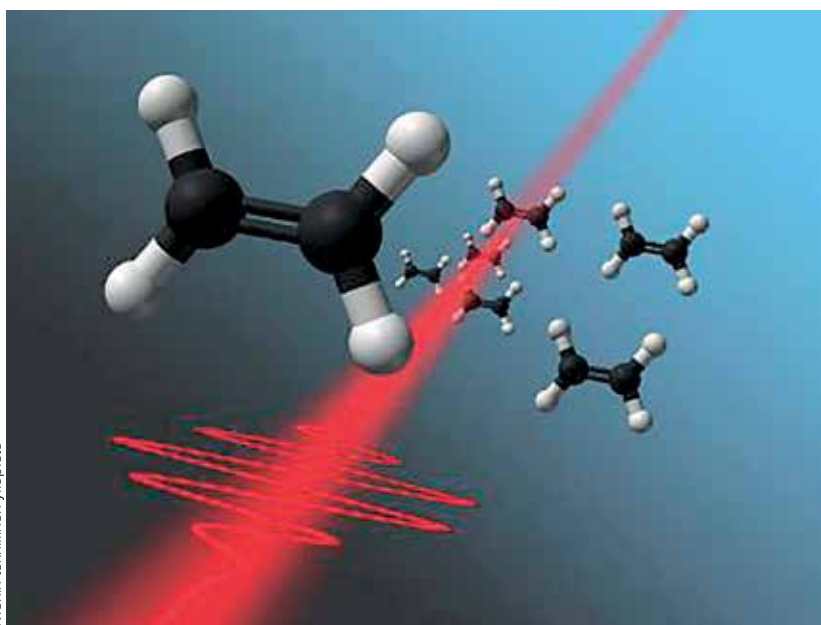
Spektroskopialla analysoidaan säteilyä

Spektroskopiassa analysoidaan sähkömagneettista säteilyä, jota aine lähettää, heijastaa, imee, läpäisee tai sirottaa.

Säteily on elektronien värähdysliikettä, joka kertoo aineen ominaisuuksista ja kemiallisista reaktioista. Siksi tarkat valolähteet, laserit, sekä spektrometria ovat niin suosittuja kemiallisessa tutkimuksessa.

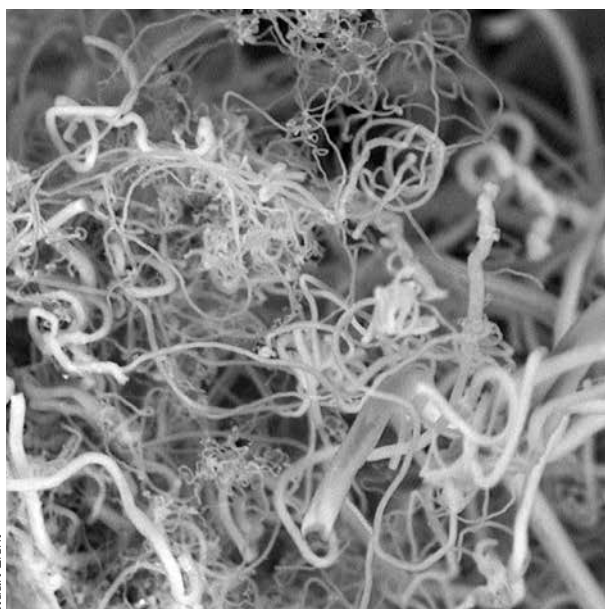
Spektroskopian tyyppejä ovat muun muassa

NIR	Lähi-infrapunaspektroskopia (Near Infrared Spectroscopy)
MIR	Keski-infrapunaspektroskopia (Middle Infrared Spectroscopy)
FTIR	Fouriermuunnosinfrapunaspektroskopia (Fourier Transformation Infrared Spectroscopy)
QCL	Kvanttikaskadilaser (Quantum Cascade Laser)
LIBS	Laserindusoitu plasmaspetsroskopia (Laser Induced Breakdown Spectroscopy)
CARS	Koherentti anti-Stokes-ramansironta (Coherent Anti-Stokes Raman Scattering)
SERS	Pintavahvistettu ramansironta (Surface Enhanced Raman Scattering)



Wienin teknillinen yliopisto

Lyhyet laserpulssit hajottivat eteeniä Wienin teknillisen yliopiston tutkimuksessa.



Stuart Licht

”Timantteja taivaalta.” George Washington -yliopiston tutkijat ovat rakentaneet hiilinanokuidut aurinkoenergialla ilman hiilidioksidista.