

Uudet materiaalit tulevat

Grafeeni 2.0

■ **Viime vuosisadalla maailmaamme määrittivät teräs, alumiini, puu, pii ja muovit. Nyt alaa valtaavat erilaiset komposiittimateriaalit ja heterostruktuurit, joita voidaan rakentaa atomi atomilta ja kerros kerrokselta.**

Jarmo Wallenius

Manchesterin yliopiston tutkijat **Andre Geim** ja **Konstantin Novoselov** löysivät vuonna 2004 kaksikulotteisen, kananverkkoa muistuttavan yhden atomikerroksen hiilirakenteen eli grafeenin.

Kaksikko pyydysti ohuenohuen mustan hiilimaton grafiitista mekaanisesti teipin avulla.

Toista vuosikymmentä myöhemmin grafeenia pidetään mainioiden mekaanisten, sähköisten, optisten ja termisten ominaisuuksiensa ansiosta yhä ihmeaineena.

Vuoden 2010 fysiikan Nobelit pokannut, sittemmin aateloitu kaksikko katsoo kuitenkin jo eteenpäin. Manchesterilaisten mukaan grafeenin varsinainen pienimuotoinen perustutkimus on jo ehkä ohittanut lakipisteensä.

Enää ei puhutakaan pelkästään grafeenista vaan yleisemmin kehittyneistä kaksikulotteisista materiaaleista. Niihin lukeutuvat muun muassa uusi valkoinen grafeeni, boorinitridi sekä lukematon määrä erilaisia synteettisiä 2D- ja heterorakenteita, jotka usein ovat monitoimisia puolijohtavia transitiometalleja sisältäviä materiaaleja.

Grafeenilampun valossa

Teknologiseen kehitykseen liittyy aina valtavaa innostusta ja mahtipontisia odotuksia siitä, miten nopeasti tieteellisistä löydöistä edetään tuotannollisiin hyödykkeisiin.

Grafeeni ja muut siihen rinnastu-

vat 2D-kiteet ja hybridit eivät tee tässä suhteessa poikkeusta.

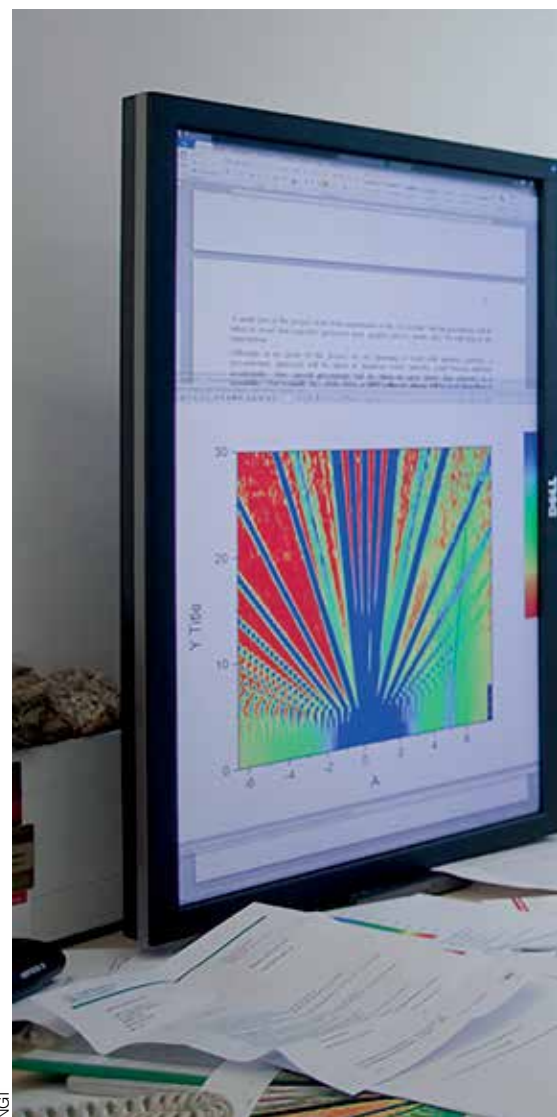
”Grafeeni-hypetyksessä on sekä hyviä että huonoja puolia. Pääasia on, että tiedostamme sen olemassaolon”, sanoo Konstantin Novoselov, joka puhui aiheesta Manchesterissa järjestetyssä Euroopan tiedefoorumissa.

Alan innovoinnissa on Novoselovin mukaan paras edetä suunnitelmallisesti. Näin saadaan myös teollisuus vakuuttuneeksi grafeenin ja muiden kaksikulotteisten materiaalien mahdollisuuksista.

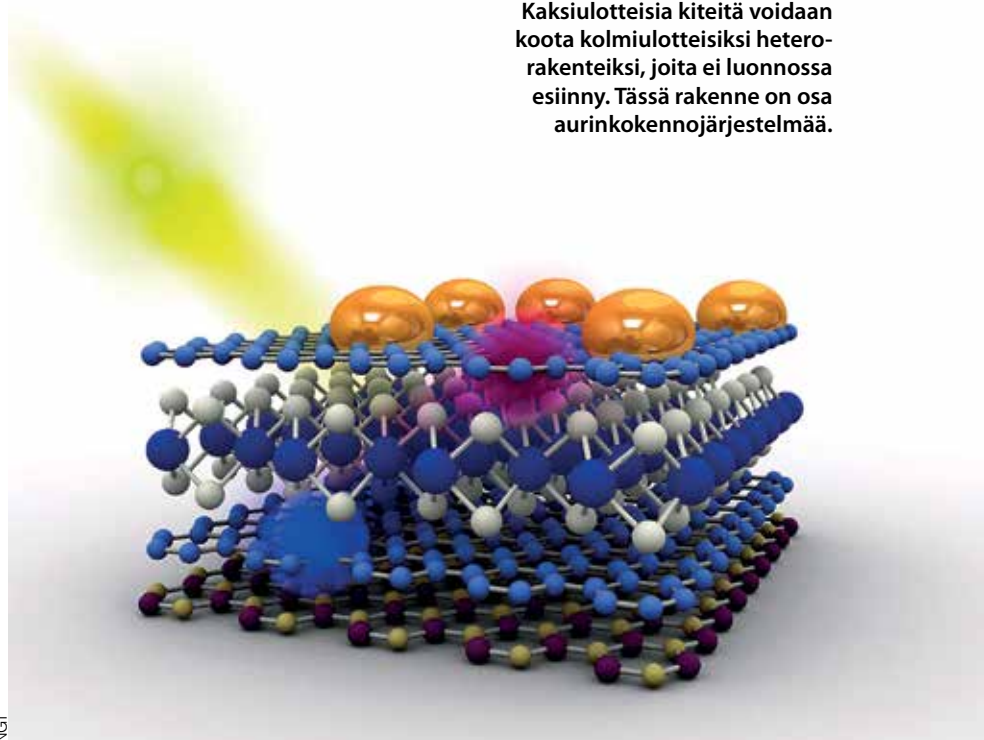
”Mitä enemmän tiedämme materiaalien ominaisuuksista, sitä turvallisemmaksi ja varmemmaksi niiden soveltaminen käy.”

Odotusten realisoitumisessa paljon riippuu siitä, millaisia ominaisuuksia aineilta kussakin sovelluksessa vaaditaan.

Novoselovin työpaikalla, Britanian kansallisessa grafeeni-instituutissa NGI:ssä on jo esillä käyttövalmis kilpa-auto, jonka korirakenteesta



Kaksikulotteisia kiteitä voidaan koota kolmiulotteisiksi heterorakenteiksi, joita ei luonnossa esiinny. Tässä rakenne on osa aurinkokennojärjestelmää.



Grafeenia voidaan hyödyntää muun muassa terveydenhuollossa ihmisen varaosista lääkkeiden annosteluun, sanoo alan pioneeri, professori Konstantin Novoselov.



osa on tehty grafeenista. Näin lisättiin sekä auton lujuuksi että keveyttä.

Sisävalaisimiksi sopivien pienitehoisten grafeenilamppujen on luvattu saapuvan kauppojen hyllyille vielä tämän vuoden aikana.

Toisaalta vaativan elektroniikan spin-venttiilit, nanomagneetit sekä herkät ja vakaat 2D-muistit odottavat kehittäjäänsä vielä pitkään.

Piilolinssien säätöön

Luonto ei tunnetusti suosi kaksiulotteisuutta vaan pysyy kolmiulotteisena. Monet 2D-materiaalit, kuten molybdeenisulfidi ja niobiseleeni, tekevät kuitenkin väijäämättä tuloaan.

Uudet rakenteet soveltuvat vaikkapa antureiden, aurinkokennojen, transistoreiden, suprajohdeiden ja eristeiden materiaaleiksi ja ainesosiksi.

Kuten grafeenilla alkutaipaleellaan, myös 2D-materiaalien ja niiden van der Waals-heterorakenteiden ongelmana ovat olleet hankalat ja hitaat valmistusmenetelmät.

Grafeenia tuotettiin ensi alkuun mekaanisen hiutalehityksen avulla. Nykyisin grafeenia pystytään valmistamaan grafiittipulverista ja sähkökemiallisesti. Samoja menetelmiä voidaan käyttää myös muiden 2D-kiteiden tuotannossa.

NGI-instituutissa tutkijat pyrkivät tekemään grafeenin avulla jotakin aivan uutta, eivät niinkään korvaamaan sillä jotakin aikaisempaa sovelusta, Novoselov kertoo.

”Hyvä esimerkki ovat tunnistukseen tarkoitetut radiotaajuusantennit ja anturit, joissa käytetään grafeenimustetta.”

Nobelistin mukaan printattavat

grafeenisensorit ja tekstiileihin upotettavat grafeeniantennit ja -langat ovat hyvin käyttökelpoisia. Antureilla voidaan monitoroida lämpötilaa, pH:ta, sähkö- ja magneettikenttiä ja aineen lujuuksi. Antennit mittaavat vaatteissa kosteutta, aineenvaihduntaa, sykettä ja sydämen toimintaa.

Novoselovin ryhmä on ollut mukana myös hankkeessa, jossa rakennettiin säädettävät piilolasit. Linssien polttopistettä muutettiin grafeenista valmistettujen elektrodien avulla.

Toimiva vetyvarasto

Yhdysvaltalaisen Rice-yliopiston materiaalitutkijat **Rouzbah Shahsavari** ja **Farzaneh Shayeganfar** puolestaan uskovat grafeenin ja valkoisen grafeenin eli boorinitridin hybridirakenteiden sopivan vedyn varastointiin.

Sivulle 45 >>>



Scanstockphoto

Manchesterin vanhat punatiiliset teollisuusrakennukset ovat saaneet antaa tilaa modernille arkkitehtuurille.

Puuvillapoliksesta grafeenikaupungiksi

Voimakasta kehitysvaihetta elävä Manchester on vuoden 2016 kantanut Euroopan tiedepääkaupungin titteliä.

Aikoinaan tekstiiliteollisuudesta tunnettu Manchester on muuttumassa tieteen tyyssijaksi. Sen merkinä kaupunki isännöi kesällä 2016 eurooppalaista tiedefoorumia eli Euroopan tieteen päiviä, joita on järjestetty vuodesta 2004 lähtien.

Muutos näkyy myös kaupunkikuvassa. Keskustan halki kulkevan Oxford Roadin varrelle rakentuu parhaillaan kokonainen innovaatiokäytävä, Corridor Manchester.

Vuoteen 2025 mennessä neljän kilometrin mittaisella katuosuudella ja sen ympäristössä työskentelee 60 000 eri alojen tutkijaa ja asiantuntijaa ja opiskelee 70 000 tulevaa osaajaa. Suunnitelman mukaan tutkimuksen, bisneksen ja kulttuurin eri toimintojen yhteinen vuosiliikevaihto nousee kolmeen miljardiin puntaan.

”Kosmopoliittisena kaupunkina pyrimme yhdeksi Euroopan viidestä tärkeimmästä innovaatiokeskuksesta”, kertoo Manchesterin yliopiston professori **Jackie Oldham**, jonka mukaan käytävän kahden yliopiston tutkimuksen selkäranka ovat materiaalitieteen ja terveydenhuollon innovaatiot.

Käytäväkin on vain osa suurempaa Powerhouse-hanketta, jossa ovat mukana Manchesterin ja Liverpoolin lisäksi muun muassa Sheffield ja Newcastle. Vuoteen 2030 mennessä Powerhousen pitäisi rikastuttaa Pohjois-Englannin taloutta 30 miljardilla punnalla vuodessa.

Tutkimuksen lippulaiva

Kesän tiedefoorumin yksi päivä oli nimetty grafeenipäiväksi. Kaupungin tiede- ja teollisuuseumissa avattiin tuolloin näyttely nimeltä *Wonder Materials – Graphene and Beyond*. Näyttely jatkuu ensi juhannukseen saakka.

Grafeeni on Manchesterissa muutenkin arvossaan. Viime vuonna innovaatiokäytävän varrella aloittanut Kansallinen grafeeni-instituutti NGI toimii 25 nobelistin yliopiston lippulaivana.

NGI-instituutti on myös vuonna 2013 lanseeratun Euroopan suurimman tutkimus- ja teknologiaprojektin, miljardin punnan Graphene Flagshipin, johtava laboratorio. Liki 80 toimijan hankkeen innovaatiojohtajana toimii tekniikan tohtori **Kari Hjelt** Suomesta.

Instituutin 7 600 neliön rakennus käsittää muun muassa kemian laboratorion, mittauslaboratorion, laser- ja optiikkakeskuksen sekä täriäeristetyt puhdistilat. Tutkijoita instituutissa on noin 250.

NGI:n viereen nousee vuonna 2018 Grafeenitekniikan innovaatiokeskus (GEIC). Manchesterin yliopiston seuraava suursatsaus on edistyneiden materiaalien instituutti, joka sekin valmistuu vuosikymmenen loppuun mennessä.



Heidän mukaansa tällaista 2D-kerros- ja nanoputkirakenteiden yhdistelmästä rakentuvaa entistä tilavampaa arkkitehtuuria kannattaisi kokeilla vetyautoissa.

Langmuir-lehdessä julkaistussa simulaatiotutkimuksessaan Shahsavari ja Shayeganfar todensivat, että hybridirakenteen pinta-ala oli 2,55 neliometriä vetygrammaa kohden.

Jos materiaaleihin vielä lisättiin vähän happea ja litiumia, rakenne satoi vetyä yhä paremmin. Tällöin vedyn varastointimäärä oli noin 11,6 prosenttia kennon painosta. Nestetyypen lämpötilassa määrä nousi 14,8 prosenttiin.

Haasteita tutkijoiden mukaan toki riittää. Vielä on ratkaistava, kuinka vedyn varastoinnissa saavutetaan suuri täyttöaste, miten hyvin vety kyseisissä rakenteissa säilyy ja miten hyvin sitä saadaan varastointirakenteista tarvittaessa käyttöön.

Vuosi sitten Rice-yliopiston kaksikko osoitti toisessa simulaatiotutkimuksessaan, että samoja rakenteita voitaisiin hyödyntää myös elektronikassa laitteiden jäädyttämiseen, kiitos boorinitridin hyvän lämmönjohdotkyyvyn. □

Kirjoittaja on vapaa tiedetoimittaja.
jarmowallenius@hotmail.com

Hiilen monet muodot

Hiilen yleisesti tunnettuja kolmiulotteisia rakenteita ovat grafiitti ja timantti. Grafiitti korvasi musteen ja sulkakynän 1500-luvulla.

Grafeeni on hiilen kaksiulotteinen, yhdestä atomikerroksesta koostuva muoto. Grafeeni on terästäkin vahvempaa, jäykkää mutta samalla venyvää ainetta. Se on hyvä sähkö- ja lämmönjohde.

Moniseinäinen hiilinanoputki keksittiin vuonna 1952 ja löydettiin

uudelleen vuonna 1991.

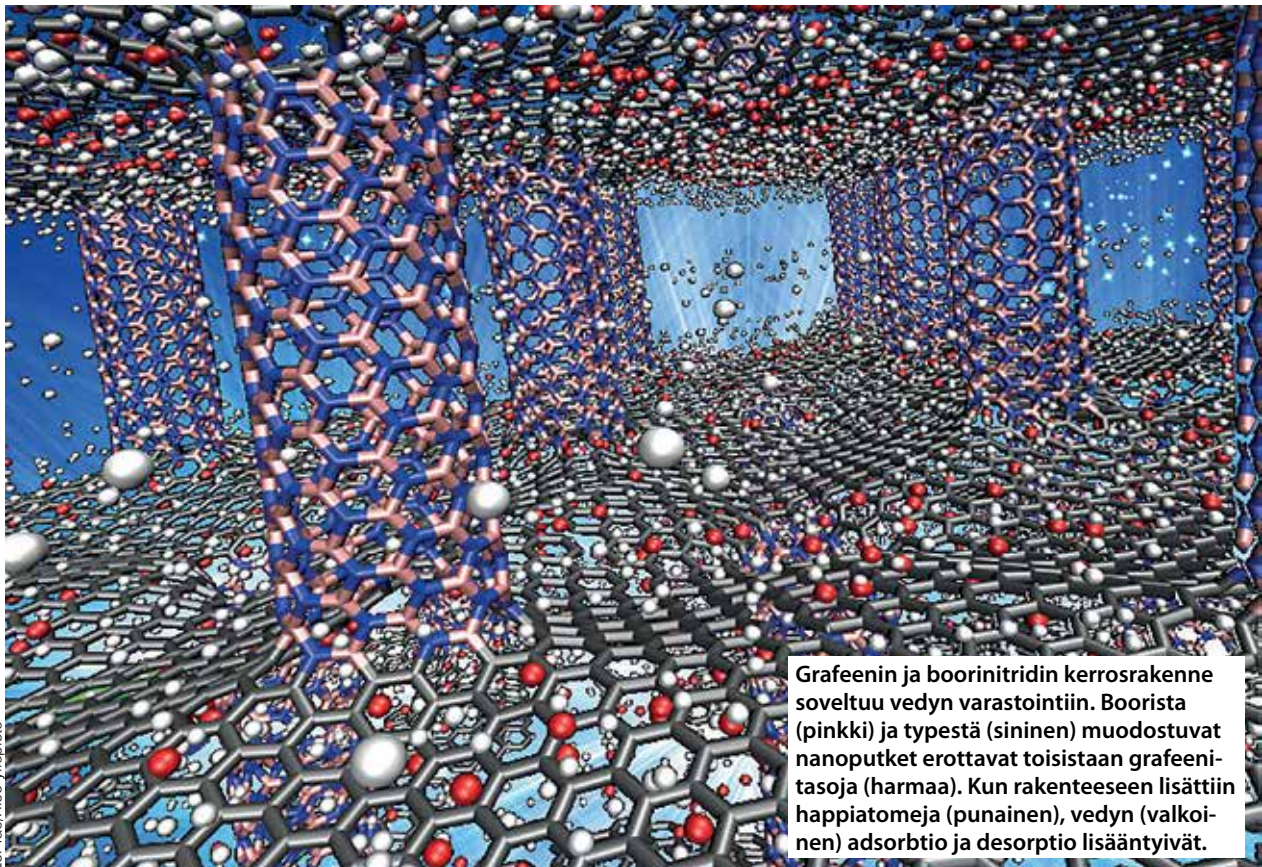
Vuonna 1993 keksittiin yksiseinäinen hiilinanoputki. Se on kuin rullalle käärittyä grafeenia mutta ei yhtä monipuolista fysikaalisilta ja kemiallisilta ominaisuuksiltaan.

Fullereeni eli pallohiili on tavallisimmin 60 hiiliatomista koostuva pallomainen rakenne. Se keksittiin vuonna 1985. Fullereeniä esiintyy muun muassa noessa ja jäättiläistähdistä.



NGI

Säädettävä piilolinssi on hyvä esimerkki siitä, kuinka grafeenilla voi olla käyttöä arkisissa kohteissa.



Lei Tao/Rice-yliopisto