

## Grafeenitutkimus etsii tappajasovellusta

■ Jukka Lehtinen

**Yhden atomikerroksen paksuinen grafeeni nousi suuren yleisön tietoisuuteen viimeistään vuoden 2013 alussa, kun materiaali nostettiin EU:n tutkimuksen kärkihankkeeksi. Ihmeaineelta odotetaan paljon, mutta toistaiseksi varsinainen läpimurtoa tuotteistamisessa ei ole tapahtunut. Suomessa grafeenitutkimus on keskittynyt Espoon Otaniemeen.**

*Helsingin Sanomat* uutisoi maaliskuussa 2013 raflaavasti ”Suomalaistutkija sai EU:lta miljardipotin” tarkoittaen Göteborgin yliopistossa työskentelevää professori **Jari Kinaretiä**, joka on Euroopan unionin grafeenitutkimuksen puuhämies. Grafeeni oli nostettu EU:n toiseksi tutkimuksen kärkihankkeeksi yhdessä aivojen malintamisen kanssa.

EU:n Graphene Flagship -kärkihankkeen tavoitteena on, että grafeenitutkimuksesta syntyisi uutta teollisuutta, jonka avulla Euroopan takkuileva talous saisi piristystä. Miljardin tutkimusrahoitus on tietenkin suuri summa, vaikka se todellisuudessa jakautuukin kymmenelle vuodelle ja yli sadalle tutkimusryhmälle. Rahat tulevat EU:n lisäksi kansallisilta rahoittajilta, tutkimuslaitoksilta ja yrityksiltä. Suomesta mukana on Aalto-yliopisto, VTT ja Nokia sekä myöhemmin mukaan liittynyt Itä-Suomen yliopisto.

Suurien summien lisäksi kiinnostusta lisäsi grafeenin maine ihmeaineena, jonka uskottiin pystyvän melkein mihin vaan. Vuonna 2004 löytynyt aine olikin jo ehtinyt tuoda fysiikan Nobelin löytäjilleen Konstantin Novoseloville ja Andre Geimille vuonna 2010.

Kärkihankkeen toinen vaihe alkoi nyt kolme vuotta myöhemmin huhtikuussa. Ensimmäisessä vaiheessa valittiin hankkeen osallistujat haulalla ja kutsumalla. Siinä vaiheessa tutkimusaiheet

oli sovittu. Toisessa vaiheessa tutkimusaiheita on täsmennetty ja yhdistetty. Mukaan on otettu myös lisää etenkin teollisia toimijoita. Grafeenitutkimus on osa EU:n Horisontti 2020 -ohjelmaa.

– Nyt on tarkoitus siirtyä enemmän kohti tuotteita ja sovellutuksia, sanoo professori **Hari Lipsanen** Aalto-yliopiston Mikro- ja nanotekniikan laitokselta. Hänen mukaansa grafeenin ominaisuudet tunnetaankin jo hyvin, ja tutkimustyö on yhä enemmän tuotekehitystä.

Lisäksi grafeenin myötä on löydetty uusia kaksiulotteisia materiaaleja, joita on ainakin teoriassa jopa tuhansia erilaisia. Puhutaankin jo GRM-materiaaleista eli grafeenista ja sen kaltaisista materiaaleista (*graphene and related materials*).

– Aika monessa sovelluksessa uudet materiaalit ja niiden valmistustavat ovat kehityskohdeena. Grafeeni sopii myös hyvin yhdistelmäksi muiden uusien materiaalien kanssa, Lipsanen toteaa.

Grafeenin yleisin valmistustapa on kemiallinen kaasufaasipinnoitus (CVD). Sen sijaan uudet materiaalit tehdään pääasiassa edelleen menetelmällä, jossa lähdeaineesta irrotetaan liuskamaisia kaksiulotteisia hiukkasia esimerkiksi teipillä.

Grafeenin hyppääminen tutkijoiden laboratorioista tehtaisiin ja tuotteisiin vaatii vielä paljon työtä. Ensinnäkin tarvitaan tapa, jolla grafeeni voitaisiin valmistaa ja prosessoida teollisena tuotantona kohtuullisella kustannuksella.

### Sovellus haussa

Toinen kaivattu keksintö on niin sanottu tappajasovellus eli grafeenille pitäisi löytyä jokin

käyttötapa, jossa se olisi ylivoimainen toimintoiltaan ja hinnaltaan muihin materiaaleihin verrattuna. Parhaimmillaan grafeenia voitaisiin käyttää johonkin, mihin muut materiaalit eivät pysty. Tämän hetken grafeenisovelluksissa on hyödynnetty sen fysikaalisia ominaisuuksia, kuten mekaanista vahvuutta ja pinta-alaa. Näitä ovat esimerkiksi akkuihin liittyvät superkapasitanssit.

– Tyypillisesti keksitään uusi materiaali ja vasta sitten keksitään, mitä sillä voisi tehdä. Sen pitäisi olla jotain, mitä ei muilla materiaaleilla voi tehdä. Tällaista ei grafeenin osalta ole vielä keksitty, professori **Peter Liljeroth** Aalto-yliopiston teknillisen fysiikan laitokselta sanoo.

Grafeenista on valmistettu erilaisia sähköisiä komponentteja, kuten transistoreja, mutta olemassa olevaan teknologiaan verrattuna nämä ovat kilpailukykyisiä vain jossain erikoissovelluksissa. Grafeenitransistorien kehittäminen piipohjaisia paremmaksi on nykyteknikalla hankalaa. Potentiaalisia tappajasovelluksia voi löytyä muualta elektroniikasta, sensoreista, energiateknikoista tai joustavasta elektroniikasta.

– On mahdollista että nyt meneillään olevista tutkimushankkeista nousee tällaisia läpimurtoja. Sitä ainakin haetaan, Lipsanen sanoo.

VTT:n tutkijan **Sanna Arpiaisen** mukaan lupaavimmat grafeenin sovellukset löytyvät integroidun optiikan ja fotonikan alalta sekä molekyylien värähtelytaajuuksilla, kuten terahertsialueella, toimivista ilmaisimista ja kuvantamisesta. Tärkeitä sovelluskohteita voivat olla myös herkät sensorit, kuten magneettikenttä- ja biosensorit. Grafeenin käsittelyn ja sovellusten kehittäminen kulkee rinnakkain, sillä usein käyttötapa määrittää myös miten grafeeni tehdään.

## Valmistus kehittynyt

Tällä hetkellä grafeenia valmistetaan Aalto-yliopistossa kahdella CVD-laitteella, joista toinen on kehitetty Otaniemessä Aallon ja VTT:n yhteistyönä ja toinen taas ostettu kaupalliselta valmistajalta. Tutkijoille materiaalia siis riittää, mutta moneen kaupalliseen tuotteeseen valmistus on liian kallista.

Grafeenista voidaan nyt Suomessakin valmistaa helposti noin 15 senttiä läpimitaltaan olevia kalvoja. Läpinäkyvänä ja äärimmäisen ohuena grafeeni täytyy aina valmistaa kiinni jossain toisessa pinnassa, joka usein on kuparilevy, josta grafeeni sitten siirretään toiselle materiaalille. Kun kyse on esimerkiksi elektroniikkakomponenteista, niin siirtokohde on usein piikiekkolevy. Se on hankalaa, sillä grafeeni ei saisi vahingoittua siirrossa. Parempi siirtomenetelmien kehittäminen on siksi hyvin merkittävässä asemassa grafeeniteknologiassa.

Grafeeninkäsittelyn ja sovelluskehityksen parissa työskentelee grafeeniryhmän vetäjänä toimiva tutkija **Juha Riikonen** Aalto-yliopiston Sähkötekniikan korkeakoulun mikro- ja nanotekniikan laitokselta.

– Olemme kehittäneet tavan, jolla grafeenin voi siirtää muovikalvolle. Menetelmää patentoidaan parhaillaan, ja se tulee luomaan aivan uusia hyödyntämismahdollisuuksia grafeenin teollistamiselle, Riikonen kertoo.

Muovikalvon pinnoittaminen grafeenilla on yksi esimerkki käytännöllisestä sovelluksesta, joka grafeenista voitaisiin tehdä. Grafeenipinnoitettuna muovikalvo johtaa sähköä, on täysin läpinäkyvä ja taivuteltava. Kalvoa voitaisiin käyttää esimerkiksi lämmitettävänä linsinsuojana, kosketusnäyttönä tai päälle puettavassa elektroniikassa. Tämän tyyppisten sovellusten prototyyppinä Riikonen on tehnyt.

– Hinta ja valmistettavuuden luotettavuus ovat luonnollisia haasteita läpimurrolle, Riikonen sanoo.

Riikonen on tyytyväinen siitä, että kärkihankkeessa on mukana yrityksiä, jotka voivat viedä sovelluksia tuotantoon. Samoin Euroopan laajuinen hanke parantaa tiedonkulkua ja uudet löydöt siirtyvät usein toisten tietoon ennen varsinaista julkaisemista.

## Perustutkimus pitää pintansa

Grafeenintutkimuksen painopiste on sovelluksissa, mutta perustutkimus on edelleen vahvaa etenkin muiden kaksikulotteisten materiaalien tutkimuksessa. Grafeenin perustutkimusta tekee muun muassa Peter Liljerothin tutkimusryhmä.

Tutkimuksen saavutuksia on muun muassa viime vuoden lopulla julkistettu koe grafeenista tehtyjen nanonauhojen ominaisuuksista.

Kokeessa todistettiin, että hyvin ohuet grafeeninanonauhat ovat joko metallisia tai puolijohdteita riippuen niiden leveydestä. Viiden hiiliatomin levyinen grafeeninanonauha johtaa sähköä metallin tavoin, kun taas seitsemän atomin levyinen nauha on puolijohde. Tuloksesta on vielä pitkä matka käytäntöön, mutta sen avulla tiedetään, että grafeenilla voitaisiin korvata kuparia elektroniikassa, kun mittakaava kutistetaan atomitasolle.

Yksi saavutus on Aalto-yliopiston kylmälaboratoriossa työskentelevän professori **Pertti Hakosen** työryhmän onnistunut Cooperin parin jakaminen grafeenissa. Hakosen mukaan EU:n asettamat teollistamisen vaatimukset nostavat grafeenitutkimukselle paineita. Esimerkiksi Cooperin parien jakaminen mahdollistaa tietynlaisten kvanttiteknologisten komponenttien valmistamisen, mutta tällaiset suunnitelmat eivät mahdu Graphene Flagship -projektin puitteisiin.

– Se syö tutkimuksen vapautta. Vielä on epäselvää, kuinka perustutkimuksesta siirrytään teolliseen tuotantoon. Meillä on ollut pitkään yhteistyötä VTT:n kanssa sovelluksien teossa ja tästä työstä on ollut tuloksena monta spin-off-firmaa. Myös grafeenin kanssa aiomme jatkaa samalla linjalla, Hakonen kertoo.

**Kirjoittaja on tiedetoimittaja.**

## PALKITTUJA

Tekniikan Akatemia (TAF) on jakanut miljoonan euron arvoisen Millennium-teknologiapalkinnon yhdysvaltalaiselle biokemistille **Frances Arnoldille**. Hänen urauurtava innovaationsa, suunnattu evoluutio (*directed evolution*), matkii laboratoriossa luonnonvalintaa. Menetelmällä voidaan luoda uusia ja parempia proteiineja, joita voidaan käyttää hyödyksi esimerkiksi uusiutuvan energian sovelluksissa ja lääkkeiden valmistuksessa. Halutun geenin DNA-rakenteseen voidaan tehdä sattumanvaraisesti mutaatioita, kuten luonnossakin spontaanisti tapahtuu.

Geenitutkija, dosentti **Henna Tynnismaa** on saanut For Women in Science -apuraha, jonka myöntää L'Oréal Finland Oy ja Suomen Unesco -toimikunta. Hän on akatemiaturkijana Helsingin yliopiston melekyylineurologian tutkimusohjelmassa. Tynnismaa on pitkäjänteisesti selvittänyt mitokondrioiden toimintaa ja sen liittymistä neurologisiin sairauksiin.

Amerikan geeni- ja soluterapiayhdistys (*American Society of Gene and Cell Therapy*) on myöntänyt vuoden 2016 korkeimman tutkijapalkintonsa akatemiaprofessori **Seppo Ylä-Herttualalle**, jonka tutkimusryhmä toimii Itä-Suomen yliopiston A. I. Virtanen instituutissa. Outstanding Achievement Award -palkinto on merkittävin vuosittain jaettava geeniterapian alan palkinto ja se myönnettiin vasta toisen keran euroopalaiselle tutkijalle. Palkinnon perusteluissa todetaan professori Ylä-Herttulan merkittävä ja pitkäjänteinen työ geenihoidojen kehittämiseksi kansanterveyden kannalta keskeisten tautien, kuten sydän- ja verisuonitautien, ja pahalaatuisten kasvainten hoitoon.