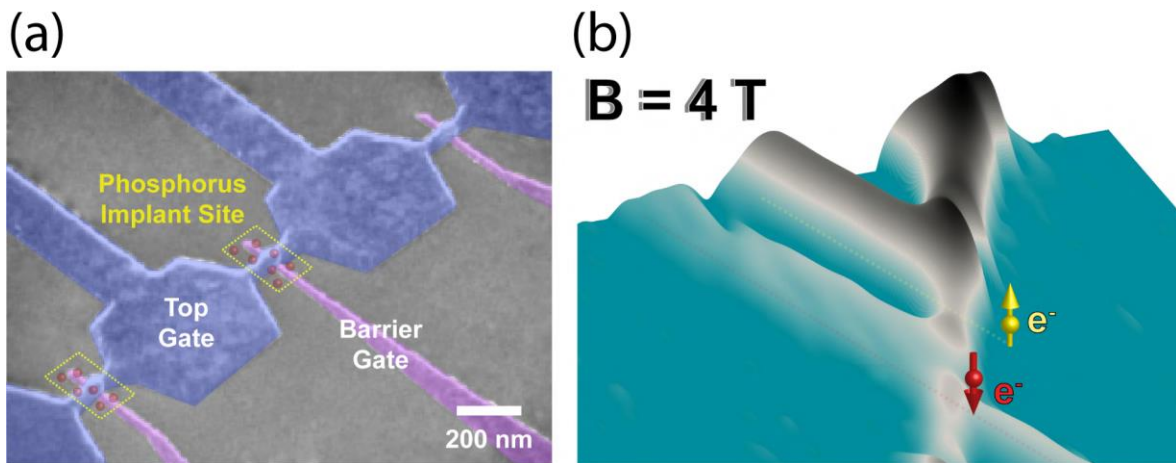


## Yhden atomin transistori löydetty

Teknillisen korkeakoulun (Suomi), University of New South Walesin (Australia) ja University of Melbournen (Australia) tutkijat ovat onnistuneet rakentamaan ja mittamaan toimivan transistorin, jonka aktiivinen elementti koostuu ainoastaan yhdestä fosforiatomista piissä. Tutkimustulos julkaistiin juuri Nano Lettersissä.

Laitteen toiminta perustuu yksittäisten elektronien peräkkäiseen tunneleutumiseen fosforiatomin ja transistorin lähteen ja nielun välillä. Tunnelointi voidaan sallia tai estää muuttamalla atomin läheisyydessä olevan muutaman kymmenen nanometrin levyisen metallielektrodin jännitettä.



**Kuvateksti:** (a) Väritetty pyyhkäiselektronimikroskooppikuva mitatusta laitteesta. Alumiinisella päällysportilla (kuvassa sininen) muodostetaan kaksidimensioinen elektronikaasu metalloinnin alla olevaan pii-piiksidirajapintaan. Osittain päällysportin alla olevalla esteportilla (kuvassa violetti) karkotetaan elektronikaasu piissä olevien fosforiatomien läheisyydestä (lisätty alkuperäiseen kuvaa punaisina palloina). Esteportin jännitteellä voidaan myös kontrolloida laitteen johtavuutta. Kaikki kuvassa olevat esteportit muodostavat omat erilliset transistorinsa. (b) Kokeissa mitattu differentiaalinen sähkönjohtavuus laitteen läpi 4 Teslan magneettikentässä. Punainen ja keltainen pallo kuvaavat elektronin spin-alas- ja -ylös-tiloja, joista aiheutuvat korkean johtavuuden linjat ovat selkeästi näkyvissä. [Julkaisun alkuperäinen kuva: [http://pubs.acs.org/appl/literatum/publisher/achs/journals/production/nalefd/0/nalefd.ahead-of-print/nl901635j/images/medium/nl-2009-01635j\\_0003.gif](http://pubs.acs.org/appl/literatum/publisher/achs/journals/production/nalefd/0/nalefd.ahead-of-print/nl901635j/images/medium/nl-2009-01635j_0003.gif). Tämän kuvan käyttöoikeusasioissa pyydetään ottamaan yhteyttä copyright@acs.org.]

Tietokoneiden huima kehittyminen ja sen luoma tietoyhteiskunta on perustunut pitkälle transistorien koon pienentämiseen ja tiheään pakkaamiseen. On ollut jo kauan tiedossa, että tämän kehityksen on hidastuttava kriittisesti tulevien vuosikymmenten aikana, kun tiheämpi edullinen pakkaaminen vaatisi transistorien koon olevan atomien kokoluokkaa. Nyt kehitetyssä transistorissa

koko sähkövirta kulkee aina saman yksittäisen atomin läpi ja näin siis päästään tutkimaan ilmiöitä, joita tulee esiin transistorien koon ääri rajoilla.

”Noin puoli vuotta sitten minulta ja yhdeltä tämän tutkimuksen johtajista, prof. **Andrew Dzurak**ilta, kysyttiin, milloin luulemme, että yhden atomin transistori kehitetään. Katsoimme toisiimme, hymyilimme ja sanoimme, että olemme jo kehittäneet sen”, sanoo Teknillisen korkeakoulun dosentti **Mikko Möttönen** ja jatkaa: ”Itse asiassa tarkoituksenamme ei ollut rakentaa mahdollisimman pientä transistoria klassista tietokonetta varten, vaan kvanttibitti, joka toimisi tällä hetkellä kehitteillä olevan kvanttietokoneen perusosana.”

Ongelmat, jotka tulevat vastaan transistorien kokoa pienennettäessä johtuvat niin sanottujen kvanttimekaanisten ilmiöiden esiintulosta. Nämä ilmiöt todennäköisesti vaikeuttavat transistorien tavanomaista toimintaa, mutta toisaalta sallivat arkijärjen vastaista käytöstä, jota voidaan oikein hallitusti hyödyntää suorittamaan huomattavasti tehokkaampaa laskentaa, eli kvanttilaskentaa. Nyt raportoitujen mittausten taustalla on idea käyttää fosforidonorin elektronin spin-vapausastetta kvanttibittinä, eli kubittina. Mittauksissa pystyttiin erottamaan ensimmäistä kertaa elektronin spin-ylös- ja -alas-tilat yksittäisessä fosforidonorissa. Tämä on huomattava askel kohti näiden tilojen kontrollointia, eli kubitin realisointia.

*Alkuperäinen tutkimusartikkeli on julkaistu Nano Lettersissä 1.12.2009:*

**Transport Spectroscopy of Single Phosphorus Donors in a Silicon Nanoscale Transistor,**

Kuan Yen Tan, Kok Wai Chan, Mikko Möttönen, Andrea Morello, Changyi Yang, Jessica van Donkelaar, Andrew Alves, Juha-Matti Pirkkalainen, David N. Jamieson, Robert G. Clark ja Andrew S. Dzurak,  
Nano Lett., Article ASAP, DOI: 10.1021/nl901635j, (2009).

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nl901635j>

**Lisätietoja:**

dosentti, TKT Mikko Möttönen  
Teknillisen fysiikan laitos  
Teknillinen korkeakoulu  
mikko.mottonen\*at\*tkk.fi  
puh. (09) 470 22342 tai 050-594 0950

prof. Andrew Dzurak  
Centre for Quantum Computer Technology  
University of New South Wales  
a.dzurak@unsw.edu.au  
puh. +61293856311