

Lendületes kutatók új nanotechnológiai eljárással tették mágnesessé a grafént

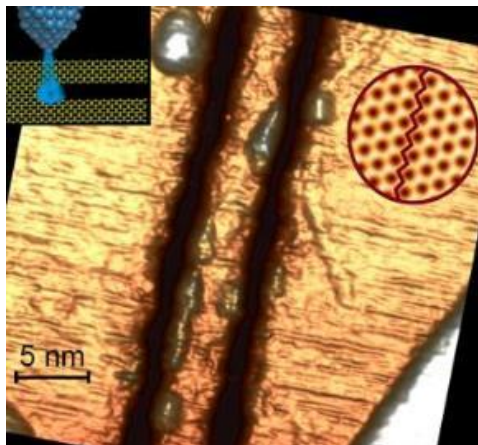
Az egyetlen szénatomnyi rétegből felépülő, kétdimenziós grafén új tulajdonságát fedezték fel az [MTA Természettudományi Kutatóközpont](#) kutatói. Az Akadémia [Lendület](#) programjának egyik idei nyertese, [Tapasztó Levente](#) vezette kutatócsoport kimutatta, hogy olyan nanométeres szélességű grafénzalagok hozhatók létre, amelyek élein szobahőmérsékleten is stabil mágneses rend alakul ki. Eredményükről a rangos *Nature* folyóiratban [számoltak be](#).

A grafénnek számos egyedülálló tulajdonsága van: páratlanul jól vezeti az elektromos áramot és a hőt, rendkívül magas a szaktíószilárdsága, egyedülállóan rugalmas és átlátszó a teljes optikai tartományban. A mágneses tulajdonságok mindeddig hiányoztak a felsorolásból, hiszen a szénről köztudott, hogy nem mágneses anyag.

"Ahhoz, hogy egy anyag (ferro)mágnesessé váljon, két feltételnek is teljesülnie kell. Egyrészt az anyag atomjainak saját mágneses nyomatékuk kell hogy legyen, másrészt a mágneses momentumok között elég erős csatolásnak kell fellépnie, hogy rendeződve azonos irányba mutassanak" – magyarázta *Tapasztó Levente*. A szénből felépülő anyagok már az első feltételnek sem felelnek meg. Egy szénatom hiánya a grafén hatszöges rácsából azonban – meglepő módon – már rendelkezhet mágneses momentummal. A véletlenszerűen elhelyezkedő szénatomhiányon létrejövő mágneses momentumok közötti csatolás azonban nem elég erős ahhoz, hogy rendezze az egyes mágneses nyomatékokat.

Mágneses momentum

A mozgó elektromos töltések mágneses teret hoznak létre maguk körül. Hozzájuk hasonlóan – mozgásukból adódóan – az atommag körüli pályákon lévő elektronok is rendelkeznek mágneses momentummal. Ezen túl azonban van egy saját (mozgásuktól független) mágneses momentumuk is, az elektron egyik tulajdonságaként leírható spin.



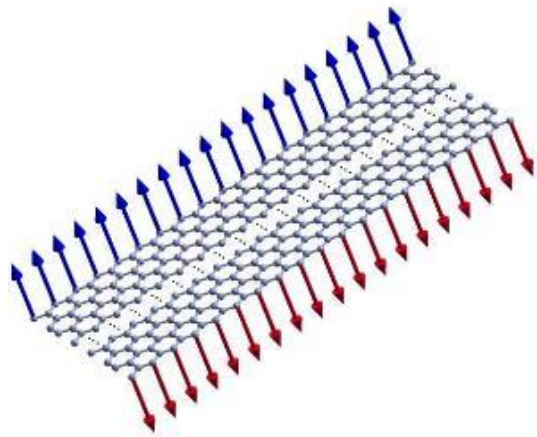
Nanolitográfiás eljárással előállított, öt nm széles grafénnanoszalag alagút-mikroszkópos képe. A szalag élei a hatszöges grafénkristályrács egy speciális, úgynevezett "cikcakk"-irányban haladnak.

"Az az ötletünk támadt, hogy amennyiben ezeket az atomi méretű »lyukakat« rendezett módon tudnánk létrehozni a grafén kristályrácsában, mágnesessé lehetne tenni a grafént" – idézte fel elgondolásukat a kutató. Ehhez viszont olyan nanotechnológiai eljárásra volt szükség, amely atomi pontossággal képes módosítani a grafén szerkezetét – amit a *MTA Természettudományi Kutatóközpont Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet* kutatói a világon egyedülálló módon megvalósítottak. "Sikerült kísérletileg igazolni, hogy amennyiben a kétdimenziós grafénsíkból néhány nanométer széles szalagokat vágunk ki, méghozzá úgy, hogy a szalagok élei szinte atomi pontossággal bizonyos speciális kristálytani irányok mentén haladnak, akkor ezeken az éleken mágneses rend alakul ki" – összegezte az eredményt *Tapasztó Levente*. Mint elmondta, hét nanométer környékén a szalagok elektromos tulajdonságaiban drasztikus változás megy végbe: félvezetőből fémes tulajdonságúra váltanak. "A szalag mágneses élei közötti csatolás ugyanis hirtelen megváltozik" – magyarázta a kutató. A hét nanométernél keskenyebb grafénnanoszalagok két

élen a mágneses momentumok ellentétes irányba mutatnak, vagyis antiferromágneses csatolás lép fel közöttük, míg a szélesebb szalagok esetében a két élen létrejövő mágneses momentumok azonos irányba mutatnak, vagyis az élek közötti csatolás ferromágnesesre vált.

A felfedezés jelentőségét nagymértékben növeli, hogy az így kialakított mágneses rend szobahőmérsékleten is stabil, azaz a mindennapi alkalmazásokban is hasznos lehet. A most elért eredmények olyan újszerű nanoelektronikai eszközök kifejlesztéséhez járulhatnak hozzá, amelyekben az információt nem az elektron töltése, hanem mágneses nyomatéka (spinje) hordozza.

A kutatások magyar irányítással nemzetközi együttműködésben folytak a *Lendület* program, valamint a Koreai-Magyar Közös Nanolabor tevékenysége keretében. Ez utóbbit koreai részről dr. Chanyong Hwang, az MTA-tól pedig *Tapasztó Levente* és [Biró László Péter](#) akadémikus vezeti. A munkában fontos szerepe volt három PhD-hallgatónak is: *Magda Gábor Zsolt* (TTK MFA) kísérletekkel, *Hagymási Imre* ([Wigner SZFB](#)) és *Vancsó Péter* (TTK MFA) pedig elméleti számításokkal járult hozzá a kutatás sikeréhez.



*Hét nanométernél keskenyebb,
"cukorkak"-élű grafénnanoszalag élein
kialakuló mágneses rend szerkezeti modellje*

Tapasztó Levente

Junior Prima díjas, akadémiai ifjúsági díjas fizikus 2008-ban szerzett doktori fokozatot az Eötvös Loránd Tudományegyetemen, majd két évet töltött Németországban Alexander von Humboldt posztdoktori ösztöndíjjal. 2010-ben tért vissza Magyarországra az *MTA TTK Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet*be, ahol 2014-től a 2D Nanoelektronika "Lendület" Kutatócsoportot vezeti.