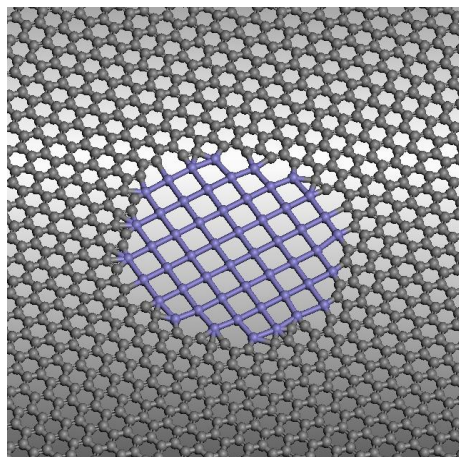


Membrany metalowe o grubości jednego atomu

Po raz pierwszy udało się wytworzyć wolnostojące membrany metalowe, które składają się tylko z jednej warstwy atomowej i które są stabilne w normalnych warunkach otoczenia. Osiągnięcie to jest wynikiem pracy międzynarodowego zespołu badawczego złożonego z naukowców z Niemiec, Polski i Korei Południowej. Rezultaty badań opublikowane zostały w bieżącym wydaniu magazynu *Science*.



Popularność i potencjał grafenu, czyli dwuwymiarowego materiału węglowego, którego atomy są uporządkowane w sieci krystalicznej zbliżonej budową do struktury plastra miodu o grubości jednego atomu węgla, wywołał olbrzymie zainteresowanie innymi strukturami dwuwymiarowymi takimi jak heksagonalny azotek boru (h-BN) czy też różnorakie dichalkogenki (jak np. MoS_2 , WS_2 , NbS_2).

Wyżej wspomniane materiały charakteryzują się wspólną cechą związaną z ich strukturą, a mianowicie są to dwuwymiarowe materiały warstwowe, rozpatrywane jako płaszczyzny o grubości jednego atomu, które mogą być wyizolowane ze struktur trójwymiarowych. Spowodowane jest to obecnością występujących pomiędzy warstwami związków sił Van der Waalsa, które są stosunkowo słabe na przykład w porównaniu z siłami występującymi w wiązaniach kowalencyjnych. Raz wyizolowane warstwy wyżej opisanych substancji zachowują swoją integralność mechaniczną, to znaczy stają się stabilne w warunkach otoczenia. W przypadku metali struktura krystaliczna jest trójwymiarowa (3D), a zatem nie posiadają one struktury warstwowej, ponadto atomowe wiązania w sieciach krystalicznych metali są stosunkowo silne. Wspomniane aspekty budowy strukturalnej metali sugerują, iż występowanie dwuwymiarowych (2D) struktur metali jest mało prawdopodobne. Jednakże już wcześniej pokazano powstawanie dwuwymiarowych, metalicznych warstw o grubości atomu na powierzchni substratu, gdzie atomy metalu oddziałują bezpośrednio z jego powierzchnią. Dodatkowo wiązania w strukturach metalicznych są nieukierunkowane, co w połączeniu z doskonałą plastycznością jaką posiadają metale może umożliwiać w nanoskali powstawanie wolnostojących, dwuwymiarowych membran zawierających pojedyncze atomy. Ten właśnie fakt został przedstawiony przez międzynarodową grupę naukowców z Niemiec (**Instytut Leibniza Fizyki Ciała Stałego w Dreźnie, Uniwersytet Techniczny w Dreźnie**), Polski (**Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych Polskiej Akademii Nauk w Zabrze**) i Korei Południowej (**Centrum Fizyki Zintegrowanych Struktur i Instytut Nauk Podstawowych na Uniwersytecie Sungkyunkwan w Suwon**). Do tego celu wykorzystano atomy żelaza i pory w pojedynczych warstwach grafenu. Jak się spodziewano powstałe dwuwymiarowe, metaliczne membrany o grubości jednego atomu posiadają unikatowe właściwości, które wciąż wymagają wielu badań.

Eksperyment

W celu otrzymania jednoatomowej, metalicznej membrany wykorzystano poruszanie się atomów żelaza na powierzchni grafenu podczas naświetlania przez wiązkę elektronów wewnątrz transmisyjnego mikroskopu elektronowego (TEM). W momencie, w którym wolne atomy Fe napotykały pory znajdujące się w strukturze grafenowej, zaczynały je wypełniać tworząc charakterystyczne membrany. Zauważono, że atomy żelaza, które przeniosły się w strukturę porów tworzą krystaliczną formę żelaza o kwadratowej sieci krystalicznej.

Zmierzona odległość pomiędzy atomami (stała sieciowa) wynosiła $2,65 \pm 0,05 \text{ \AA}$, co jest znacząco większą wartością niż w przypadku struktury żelaza regularnej ściennie centrowanej (fcc) czy regularnej przestrzennie centrowanej (bcc). Fakt zaobserwowania większej odległości pomiędzy atomami jest bardzo zaskakujący, ponieważ teoretycznie stała sieciowa powinna maleć wraz z mniejszą liczbą koordynacyjną. Jednakże w tym wypadku zwiększona stała sieciowa spowodowana była naprężeniami jakie powstały na granicy krawędzi grafenowych a atomami wbudowanego żelaza. Zaobserwowano również, że im bliżej środka membrany z żelaza tym odległość między atomami się zmniejszała, co również potwierdza obserwacje związane z naprężeniami pomiędzy węglem a żelazem.

Dodatkowo pomocnicze badania teoretyczne wykazały zmiany w strukturze pasmowej dwuwymiarowych mebran z żelaza w porównaniu do żelaza trójwymiarowego. Fakt ten związany jest z tym, że w przypadku żelaza dwuwymiarowego niektóre elektrony orbitali układają się względem płaszczyzny, a niektóre poza nią (efekt nieobecny w przypadku żelaza trójwymiarowego). Badania teoretyczne potwierdziły również, wcześniejsze wyniki innej grupy badawczej o zwiększonym momencie magnetycznym dwuwymiarowych membran żelaza [1], co jest bardzo interesujące dla wykorzystania tego materiału w fotonice, elektronice czy w magnetycznych nośnikach pamięci.

Literatura:

[1] J. Izquierdo et al., *Phys. Rev. B*, 61, 13639–13646 (2000).

<http://www.sciencemag.org/content/343/6176/1228.short>