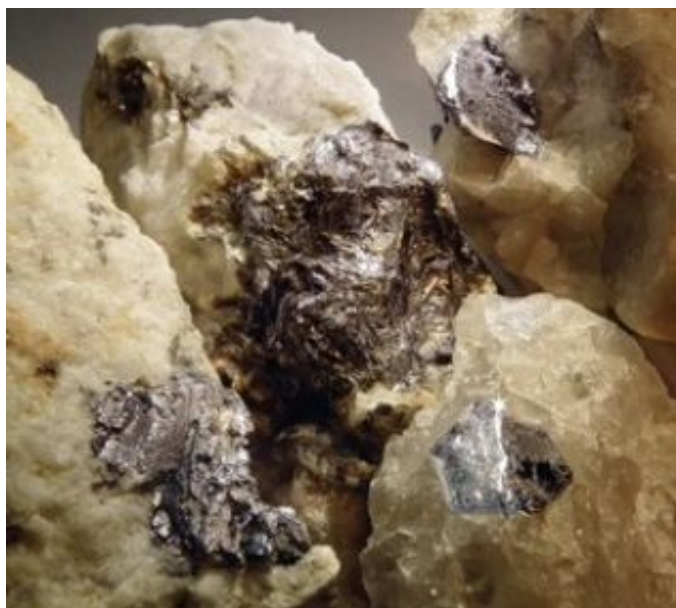


## Konkurencję dla grafenu wykujemy ze skał? Tak, jeśli...

2014-03-12



W naturze dwusiarczek molibdenu występuje jako molibdenit, krystaliczny minerał często przyjmujący postać charakterystycznych sześciokątnych płytek o srebrzystym zabarwieniu. (Źródło: FUW)

*Czy jednoatomowej grubości warstwy dwusiarczku molibdenu, związku naturalnie występującego w wielu skałach, zdeklasują grafen w zastosowaniach elektronicznych? Sporo na to wskazuje. Fizycy z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego udowadniają jednak, że natura zjawisk zachodzących w materiałach warstwowych wciąż jest słabo poznana i wymaga dalszych badań.*

Grafen już okrzyknięto przyszłością elektroniki. Zbudowany z sześciopierścieniowego węgla ułożonych w strukturę przypominającą plaster miodu, tworzy niezwykle wytrzymałe membrany grubości zaledwie jednego atomu. Materiałów o podobnej, monowarstwowej budowie znamy jednak więcej. Co istotne, część z nich, np. dwusiarczek molibdenu, ma równie ciekawe własności co grafen. Na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego (FUW) pokazano, że zjawiska występujące w sieci krystalicznej warstw dwusiarczku molibdenu mają nieco inną naturę niż dotychczas sądzono. Praca opisująca odkrycie, zrealizowana we współpracy z Laboratoire National des Champs Magnétiques Intenses w Grenoble, ukazała się w czasopiśmie „Applied Physics Letters”.

„Skomplikowane układy elektroniczne, zbudowane z pojedynczych warstw atomowych, będzie można konstruować dopiero wtedy, gdy dostatecznie dobrze zrozumiemy fizykę zjawisk zachodzących w sieci krystalicznej tych materiałów. Nasze badania pokazują jednak, że nauka ma w tej dziedzinie jeszcze wiele do zrobienia”, mówi dr hab. Adam Babiński, prof. UW.

Najprostszą metodą wytwarzania grafenu jest eksfoliacja: do kawałka grafitu najpierw przykleja się, a następnie odrywa taśmę klejącą. Wśród drobin, które pozostaną na taśmie, można znaleźć mikroskopijne warstwy grafenu. Kryształ grafitu składa się bowiem z wielu przylegających do siebie warstw grafenowych. O ile atomy węgla w każdej warstwie są powiązane z sąsiadami bardzo silnymi wiązaniami (kowalencyjnymi; im grafen zawdzięcza swą legendarną wytrzymałość), o tyle poszczególne warstwy łączą się już znacznie słabszymi siłami (van der Waalsa). Zwykła taśma klejąca wystarcza, by je przewyciężyć i oderwać pojedyncze warstwy grafenu od kryształu grafitu.

Kilka lat temu zauważono, że tak jak z grafitu otrzymuje się grafen, tak z wielu innych kryształów można uzyskać warstwy grubości pojedynczych atomów. Udało się je wytworzyć m.in. dla chalcogenków metali przejściowych, czyli siarczków, selenków i tellurków. Szczególnie ciekawym materiałem okazały się warstwy dwusiarczku molibdenu ( $\text{MoS}_2$ ). Związek ten występuje w naturze jako molibdenit, krystaliczny minerał często przyjmujący postać charakterystycznych sześciokątnych płytek o srebrzystym zabarwieniu. Molibdenit znajduje się w skałach na całym świecie. Od lat stosowano go przy wytwarzaniu smarów i stopów metali. Podobnie jak w przypadku grafitu, własności jednoatomowych warstw  $\text{MoS}_2$  długo pozostawały niezauważone.

Z punktu widzenia zastosowań w elektronice, warstwowy dwusiarek molibdenu ma istotną przewagę nad grafenem: charakteryzuje się obecnością przerwy energetycznej. Jej istnienie oznacza, że elektrony nie mogą przyjmować dowolnych energii i przykładając pole elektryczne materiał można przełączać między stanem, w którym przewodzi prąd, a stanem, w którym zachowuje się jak izolator. Wedle obecnych szacunków, wyłączony tranzystor z dwusiarczku molibdenu zużywałby nawet kilkaset tysięcy razy mniej energii niż tranzystor krzemowy. Dla odmiany grafen w ogóle nie ma przerwy energetycznej i zbudowanych z niego tranzystorów nie da się całkowicie wyłączyć.

Cennych informacji o strukturze krystalicznej i zachodzących w niej zjawiskach dostarcza analiza światła rozproszonego w materiale. Zwykle fotony o określonej energii są pochłaniane przez atomy i cząsteczki materiału, po czym reemitowane z tą samą energią. W widmie światła rozproszonego widać wtedy wyraźny pik odpowiadający tej energii. Okazuje się jednak, że jeden na wiele milionów fotonów może zużyć część swojej energii na przykład na zmianę sposobu drgań lub obrotów cząsteczki. Zdarza się też sytuacja odwrotna: foton odbiera cząsteczce nieco energii, a zatem jego własna energia nieznacznie wzrasta. Podczas rozpraszania tego typu, zwanego ramanowskim, po obu stronach głównego pików widma pojawiają się dwa mniejsze piki.

Fizycy z F UW przyjrzeni się znanym dotychczas widmom ramanowskim dwusiarczku molibdenu, przeprowadzili również własne pomiary mikroskopowe w niskiej temperaturze. Zwiększona czułość aparatury i szczegółowa analiza wyników pozwoliły naukowcom zaproponować precyzyjniejszy od dotychczasowego model zjawisk zachodzących w sieci krystalicznej dwusiarczku molibdenu.

„W przypadku materiałów warstwowych kształt linii ramanowskich tłumaczono do tej pory zjawiskami związanymi z pewnymi charakterystycznymi drganiami sieci krystalicznej. My wykazaliśmy, że w warstwowym dwusiarczku molibdenu efekty przypisywane tym drganiom muszą w rzeczywistości pochodzić, przynajmniej w części, od innych, dotychczas nieuwzględnianych drgań sieci”, wyjaśnia doktorantka Katarzyna Gołasa (F UW).

Obecność drgań nowego typu w materiałach warstwowych ma wpływ na zachowanie elektronów. W konsekwencji materiały te muszą wykazywać nieco inne właściwości elektroniczne od dotychczas przewidywanych.

„Grafen był pierwszy. Jego unikatowe cechy wzbudzają spore, ciągle rosnące zainteresowanie, zarówno wśród naukowców, jak i ze strony przemysłu. Nie wolno jednak zapominać o innych materiałach warstwowych. Jeśli je dobrze poznamy, w wielu zastosowaniach mogą się okazać lepsze od grafenu”,

podsumowuje prof. Babiński.

Fizyka i astronomia na Uniwersytecie Warszawskim pojawiły się w 1816 roku w ramach ówczesnego Wydziału Filozofii. W roku 1825 powstało Obserwatorium Astronomiczne. Obecnie w skład Wydziału Fizyki UW wchodzi Instytuty: Fizyki Doświadczalnej, Fizyki Teoretycznej, Geofizyki, Katedra Metod Matematycznych oraz Obserwatorium Astronomiczne. Badania pokrywają niemal wszystkie dziedziny współczesnej fizyki, w skalach od kwantowej do kosmologicznej. Kadra naukowo-dydaktyczna Wydziału składa się z ok. 200 nauczycieli akademickich, wśród których jest niemal 80 pracowników z tytułem profesora. Na Wydziale Fizyki UW studiuje ok. 1000 studentów i ponad 140 doktorantów.

### **KONTAKTY:**

dr hab. **Adam Babiński, prof. UW**  
Instytut Fizyki Doświadczalnej  
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego  
tel. +48 22 5532374, +48 22 5532266  
email: [adam.babinski@fuw.edu.pl](mailto:adam.babinski@fuw.edu.pl)

### **POWIĄZANE STRONY WWW:**

<http://www.fuw.edu.pl>  
Strona Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

<http://www.fuw.edu.pl/informacje-prasowe.html>  
Serwis prasowy Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

### **MATERIAŁY GRAFICZNE:**

HR: [http://www.fuw.edu.pl/press/images/2014/FUW140312b\\_fot01.jpg](http://www.fuw.edu.pl/press/images/2014/FUW140312b_fot01.jpg)  
Warstwy dwusiarczku molibdenu mają lepsze perspektywy na zastosowania w elektronice niż grafen. W naturze dwusiarczki molibdenu występuje jako molibdenit, krystaliczny minerał często przyjmujący postać charakterystycznych sześciokątnych płytek o srebrzystym zabarwieniu. (Źródło: FUW)



[FUW140312a - Elektronika wykuta ze skal.pdf \(106.1 kB\)](#)