

ČEŠTÍ FYZICI ODKRYLI ATOMÁRNÍ STRUKTURU UHLÍKOVÝCH MATERIÁLŮ

K pochopení, jak mikroskopy s rastrující sondou zobrazují atomární strukturu uhlíkových materiálů, přispěl zásadním způsobem tým vědců z Fyzikálního ústavu AV ČR a ze španělské Universidad Autónoma de Madrid. Výsledky bádání publikoval koncem dubna prestižní časopis *Physical Review Letters*. Výzkum podpořily Grantová agentura České republiky a Program podpory projektů mezinárodní spolupráce AV ČR.

Unikátní vlastnosti uhlíkových materiálů, např. uhlíkové nanotrubičky nebo grafen, přinášejí lidstvu stále větší pokrok v mnoha sférách života. Rastrovací mikroskopy, konkrétně rastrovací tunelový mikroskop (STM) a mikroskop atomárních sil (AFM), představují v současnosti jediný způsob jak přímo zobrazovat jejich strukturu na atomární úrovni. „Náš tým nyní dokázal počítačovými simulacemi vysvětlit různé podoby atomárních obrázků grafenu a uhlíkových nanotrubiček a ukázal, jak tyto obrazy vznikají vzájemným působením mezi hrotem rastrující sondy mikroskopu a povrchem studovaného materiálu,“ vysvětluje spoluautor publikace doktor Pavel Jelínek.

Autoři v článku prokázali, že maximální kontrast v obrázcích s atomárním rozlišením (viz obr. 1a, c) v rastrovacích mikroskopech nemusí odpovídat jednotlivým atomům. Tato všeobecně vžitá představa je za určitých okolností chybná, neboť oblasti se zvýšeným signálem mohou naopak odpovídat díram mezi jednotlivými atomy (viz obr. 1b). Teoretické simulace navíc potvrdily, že původ atomárního kontrastu v případě mikroskopu atomárních sil není způsoben van der Waalovou silou, jak se dosud obvykle předpokládalo, ale krátkodosahovou silou vyvolanou tvorbou chemické vazby mezi jednotlivými atomy studovaného materiálu a hrotem mikroskopu.

Význam práce a možnosti využití

Rastrovací mikroskopy hrají dominantní roli při studiu uhlíkových materiálů na atomární úrovni. „Přesné určení polohy jednotlivých atomů má zásadní význam pro další studium vlastností těchto materiálů a fyzikálních a chemických procesů v nich.

Například studium adsorbce jednotlivých molekul, popř. atomů na grafenu, výrazně modifikující jeho materiálové vlastnosti, jsou nemyslitelné bez přesné znalosti poloh jednotlivých atomů substrátu. Samo pochopení charakteru povahy interakce způsobující atomární kontrast na površích uhlíkových materiálů má velký význam pro rozvoj rastrovací mikroskopie jako takové,“ přiblížil možné využití nových poznatků spoluautor článku doktor Martin Ondráček. Zmíněná práce spolu s těmi předchozími, které ve skupině vznikly – viz tiskové zprávy AV ČR (www.avcr.cz) k chemické identifikaci jednotlivých atomů (březen 2007), atomární manipulaci (říjen 2008) a novému druhu atomárního rozlišení (leden 2010) – výrazně posunuje možnosti charakterizace a modifikace povrchů pevných látek na atomární úrovni pomocí rastrovacích mikroskopů.

Mezinárodní ohlas

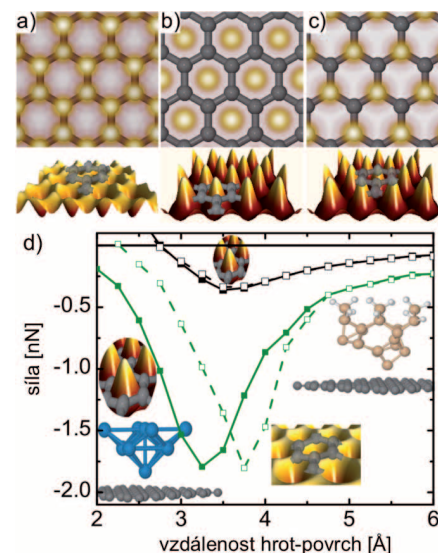
O významu článku svědčí i fakt, že o něm vyšla podrobná informace v posledním vydání časopisu *Physics*, v rubrice Viewpoint (<http://physics.aps.org/articles/v4/34>), upozorňující na nejdůležitější práce publikované v časopisech American Physical Society, mezi které *Physical Review Letters* patří. Prof. Eric I. Altman z Yale University zde ve své obšírné stati vyzdvihuje skutečnost, že počítačové simulace mezinárodního týmu otevírají zcela nové možnosti při optimalizaci experimentů samých, prováděných pomocí rastrovacích mikroskopů. Podle jeho slov výše uvedená práce ukazuje, že teorie a počítačové simulace dospěly dnes do situace, že jsou schopny přesně modelovat chemické a fyzikální interakce zodpovědné za vytvoření kontrastu obrazu rastrovacího mikroskopu. Kombinace experimentu s teoretickými výpočty zahajuje novou éru rastrovací mikroskopie, kdy bude možné detailně zkoumat specifické chemické a fyzikální vlastnosti materiálů na atomární úrovni.

Uhlíkové materiály

Díky svým speciálním materiálovým vlastnostem a předpokládaným aplikacím v nanotechnologiích se uhlíkové materiály jako

fullerény (molekuly složené jenom z uhlíku, které se zformovaly do tvarů koule, elipsoidu či trubky) nebo sám grafen (rovinná síť jedné vrstvy atomů uhlíku) stávají v poslední době předmětem intenzivního zájmu fyziků, chemiků, ale i biologů. Není náhodou, že Nobelova cena za fyziku pro rok 2010 byla udělena A. Geimovi a K. Novoselovi právě za objev grafenu. Další studium i budoucí technologické aplikace uhlíkových materiálů jsou podmíněny hlubším pochopením fyzikálních a chemických procesů na atomární úrovni. Zkoumání nanostruktury materiálů přímým pozorováním umožnil objev rastrovacích mikroskopů před 30 lety (Nobelova cena za fyziku G. Binnigovi a H. Rohrerovi v roce 1986). Přestože dosažení atomárního rozlišení obrazu rastrovacího mikroskopu na grafitu je poměrně rutinní záležitostí, přesné určení poloh jednotlivých atomů uhlíku tvořících grafen bylo až dosud velmi obtížné.

Obr. 1 – Obrázky a)–c) znázorňují schematicky možné typy atomárně rozlišených obrazů grafenu získané rastrovacím mikroskopem, obr. d) představuje výsledky počítačových simulací kontrastu mikroskopického obrazu grafenu pro různé modely hrotů mikroskopu atomárních sil a různé vzdálenosti mezi hrotem a povrchem



Zdroj

Martin Ondráček, Pablo Pou, Vít Rozsival, Cesar González, Pavel Jelínek a Rubén Pérez, „Forces and currents in carbon nanostructures: Are we imaging atoms?“ *Physical Review Letters* (Vol. 106, No. 17) – <http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.106.176101>

Ing. Pavel JELÍNEK, Ph.D.,
jelinekp@fzu.cz,
Mgr. Martin ONDRÁČEK, Ph.D.,
ondracek@fzu.cz,
Fyzikální ústav AV ČR

CHEMAGAZÍN 5/2011 s přílohou k výstavě LABOREXPO 2011 – téma vydání:

BIOTECHNOLOGIE, BIOCHEMIE A FARMACIE

Rádi uveřejníme Vaše odborné příspěvky / inzerci zaměřené např. na:

Procesní zařízení – pro biotechnologickou, farmaceutickou a čistou produkci – např. armatury, CIP/CIF aparatury, čerpadla, zařízení k výrobě velmi čisté vody, apod.

Laboratorní vybavení – Laboratorní přístroje a vybavení pro molekulárně biologické, biochemické, farmaceutické laboratoře.....

Uzávěrka vydání: 2.9.2011 (podklady nejdéle do 9.9.)