



## TISKOVÁ ZPRÁVA

### Výzkum grafenu přináší další odhalení

#### Tři objevy z Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR

Viditelné stopy ve výzkumu jednoho z nejnadějnějších materiálů pro budoucnost – grafenu – zanechali vědci z oddělení elektrochemických materiálů Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR. Na jeho unikátní vlastnosti, jako jsou extrémní mechanická pevnost, tepelná či elektrická vodivost a zároveň optická propustnost, se zaměřují badatelé okolo prof. Ladislava Kavana, dr. Martina Kalbáče a dr. Otakara Franka. Nové poznatky byly publikovány ve třech odborných statích prestižního mezinárodního časopisu Nano Letters. Využity mohou být např. při výrobě nové generace solárních článků a tranzistorů.

Nasazení grafenu v barvívem senzitivovaných solárních článcích místo platiny ukazuje práce prof. Kavana, vzniklá ve spolupráci se skupinou prof. Michaela Grätzela z Ecole Polytechnique v Lausanne. Grafenové nanodesičky ve formě opticky transparentního filmu vykazují vynikající elektrokatalytické vlastnosti pro redox mediátory na bázi kobaltu. V tomto případě grafen jednoznačně překonává platinu jako katalyzátor. Tento objev má zřejmou aplikaci pro novou generaci barvívem sensibilizovaných a kobaltem mediovaných solárních článků, u kterých badatelé prokázali rekordní účinnost konverze solární energie přes 12%! Článek s grafenovou katodou překonává vlastnosti článku s platinovou katodou zejména ve faktorech zaplnění a v účinnosti při vysoké intenzitě osvětlení.

Další z nadějných aplikací grafenu je nahrazení křemíku v logických obvodech. Teprve nedávno zveřejněný koncept tzv. BISFET tranzistoru (*bilayer pseudospin field-effect transistor*) by mohl být realizován právě grafenem, přesněji řečeno jeho dvěma vrstvami, které by ale byly uspořádány nad sebou tak, aby jejich vzájemná interakce byla minimální. Takový tranzistor by pak měl až tisícinásobně nižší spotřebu energie než ty současné konvenční na bázi křemíku. Tento koncept je však stále ještě pouze teoretický a představuje velkou výzvu pro výzkum. Jedním ze zásadních kroků je zde pochopení procesů při dopování grafenu (v tomto případě inzerce či extrakci elektronů) a při přenosu náboje mezi jeho vrstvami. Právě touto problematikou se zabývá práce dr. Kalbáče, který pomocí Ramanovy spektroskopie studoval elektrochemické dopování dvouvrstvého grafenu s využitím izotopického značení uhlíku v jednotlivých vrstvách. Tato jedinečná metoda pak přinesla neočekávaný závěr, že elektrochemické dopování obou vrstev probíhá obdobně, což se liší od chování analogického systému, tj. dvoustěnných uhlíkových nanotub. Kromě toho bylo rovněž zjištěno, že dopování může vést ke zmenšení interakce mezi vrstvami, a tím by mohlo být užitečným



nástrojem pro modifikaci vlastností grafenových dvouvrstev, např. právě v tranzistorech BISFET. Na výzkumu se podíleli i badatelé z Massachusettského Technologického Institutu v Bostonu.

Dvouvrstevným grafenem, tentokrát ovšem s periodickým AB uspořádáním, a jeho mechanickými vlastnostmi, se zabývá práce dr. Franka. V tomto případě, kromě fundamentálního popisu chování takového materiálu při jednoosém tahu, bylo jedním z cílů práce prověřit možnost otevření zakázaného pásu v jinak perfektně vodivém grafenu pomocí mechanického namáhání. Dosavadní teoretické úvahy tuto možnost předkládaly jako téměř jistou, nicméně prakticky takový pokus ještě realizován nebyl. Zmíněná práce, jež vznikla mimo jiné ve spolupráci s týmem prof. Konstantina Novodelova, nositele Nobelovy ceny za objev grafenu, ukazuje možnost otevření zakázaného pásu nerovnoměrným namáháním obou vrstev, kdy v určitých definovaných momentech dojde k nepatrnému porušení jinak perfektní symetrie AB grafenu. To pak vede k nepatrné, ale zásadní změně elektronové struktury, analogicky k nerovnoměrnému nabíjení dvou vrstev, pomocí něhož bylo otevírání zakázaného pásu prokázáno již dříve. Uvedený postup pomocí mechanického napětí by ovšem mohl být realizován snadněji, například kombinací správně upraveného substrátu na spodní straně a elektrod na svrchní vrstvě. Dr. Frank byl před několika dny oceněn Cenou Učené společnosti pro mladé vědecké pracovníky právě za fundamentální studium mechanické deformace grafenu.

#### **Publikované práce:**

Kavan, L.; Yum, J.H.; Graetzel, M.: Graphene Nanoplatelets Outperforming Platinum as the Electrocatalyst in Co-Bipyridine-Mediated Dye-Sensitized Solar Cells. *Nano Letters* **11**(12), 5501-5506 (2011), viz <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nl203329c>

Kalbac, M.; Farhat H.; Kong J.; Janda P.; Kavan L.; Dresselhaus M.S.: Raman Spectroscopy and in Situ Raman Spectroelectrochemistry of Bilayer 12C/13C Graphene. *Nano Letters* **11**(5), 1957-1963 (2011), viz <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nl2001956>

Frank, O.; Bouša, M.; Riaz, I.; Jalil, R.; Novoselov, K. S.; Tsoukleri, G.; Parthenios, J.; Kavan, L.; Papagelis, K.; Galiotis, C.: Phonon and structural changes in deformed Bernal stacked bilayer graphene. *Nano Letters* **12**(2), 687-693 (2012), viz <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nl203565p>

#### **Kontakty:**

prof. RNDr. Ladislav Kavan, DSc., Mgr. Otakar Frank, Ph.D., RNDr. Martin Kalbáč, Ph.D., Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v. v. i., tel.: 266 053 446, e-mail: [ladislav.kavan@jh-inst.cas.cz](mailto:ladislav.kavan@jh-inst.cas.cz); [otakar.frank@jh-inst.cas.cz](mailto:otakar.frank@jh-inst.cas.cz); [martin.kalbac@jh-inst.cas.cz](mailto:martin.kalbac@jh-inst.cas.cz); internetové stránky výzkumného týmu – <http://www.nanocarbon.cz>

*Připravily: Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR a Odbor mediální komunikace Kanceláře AV ČR*