

Perovskity

Čeští vědci objasnili, jak zvýšit životnost a účinnost solárních článků

Jana Žďárská

Fyzikální ústav AV ČR, Na Slovance 2, 182 21 Praha 8; zdarskaj@fzu.cz

Pro vývoj cenově dostupnějších a vysoce výkonných fotovoltaických článků využívají vědci v současnosti uměle krystalizované perovskity. Ty patří do skupiny materiálů, jejichž struktura je podobná jako u minerálu perovskitu (CaTiO_3). Nyní se mezinárodnímu týmu výzkumníků vedenému profesorem Feng Gaem z univerzity ve švédském Linköpingu podařilo objasnit mechanismus, jak zvýšit životnost a účinnost tohoto typu solárních článků. Na výzkumu se významně podíleli také vědci z Ústavu makromolekulární chemie AV ČR. Výsledky nové studie byly zveřejněny v prestižním vědeckém časopisu *Science*¹.

Solární články se skládají z několika vrstev, a to z vrstvy perovskitu, která konvertuje sluneční záření na elektrickou energii a je obklopena dvěma vrstvami umožňujícími přenos náboje (jedna pro přenos elektronů a druhá pro přenos elektronových děr) na elektrody (katodu a anodu). Tyto dvě vrstvy zároveň perovskit chrání. „Účinnost jednotlivých vrstev definuje celkovou účinnost solárního článku, jinými slovy zde funguje efekt hrdla láhve, a proto je snaha vyvinout dlouhodobě stabilní materiály s vysokou účinností konverze slunečního záření na elektrickou energii. Přídavek aditiva (iontové soli) v počátečních fázích přípravy solárního článku způsobí těsnější molekulární uspořádání ve vodivé vrstvě, které vede k vyšší účinnosti solárního panelu. Navíc se díky přítomnosti aditiva lze vyhnout tradičnímu procesu dopování, čímž se zvyšuje životnost solárního článku,“ vysvětluje Jiří Brus a dodává: „Další nespornou výhodou je i dlouhodobá stabilita celého článku při vysoké vlhkosti a teplotě.“

1 T. Zhang et al.: *Science* 377, 495–501 (2022).



Obr. 1 Badatelé Jiří Brus a Libor Kobera zkoumají mechanismus, který stojí za zvýšením účinnosti a zároveň životnosti solárního článku s perovskitovou strukturou.



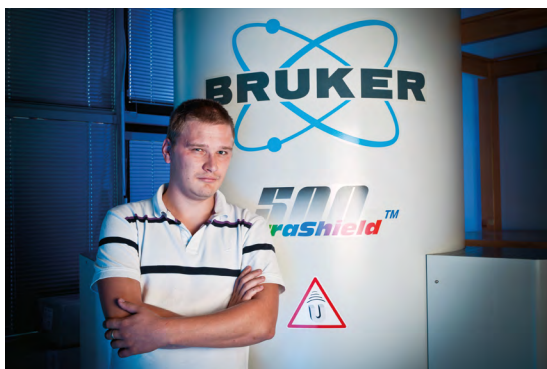
Obr. 2 Prvopočátky tohoto výzkumu lze datovat do doby kolem roku 2014–2015, kdy do oddělení nastoupila dr. Sabina Abbrent Nováková a tým začal pracovat na projektu vývoje a studia struktury a dynamických procesů v nových typech polymerních elektrolytů.

Na tomto výzkumu se významně podíleli vědci pracující na NMR² spektroskopii z Ústavu makromolekulární chemie AV ČR³. Badatelé Jiří Brus a Libor Kobera se zabývali výzkumem vrstvy solárního článku, ve které probíhá přeměna sluneční energie na energii elektrickou, tedy absorpce fotonů a generace elektronů a děr. Zkoumali mechanismus, který stojí za zvýšením účinnosti a zároveň životnosti solárního článku s perovskitovou strukturou.

Výzkum probíhal prostřednictvím NMR spektroskopie, která umožňuje hledat a nacházet zákonitosti a vztahy mezi dynamikou molekul, strukturou hmoty,

2 Nukleární magnetická rezonance

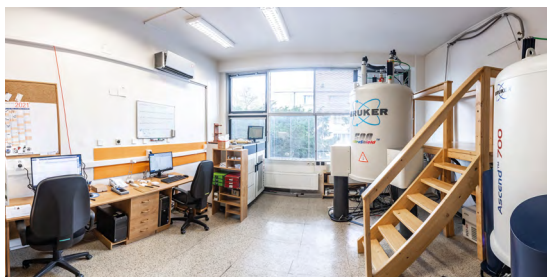
3 ÚMCH



Obr. 3 Po přidavku nového typu aditiva se významně zvýší elektrostatické síly, tzv. mezimolekulární coulombovské interakce, a dojde ke vzájemnému přiblížení hlavních složek.

jejími makroskopickými a užitnými mechanickými či fyzikálními vlastnostmi. „V nové studii jsme pomocí výzkumných metod v oboru NMR spektroskopie systematickým porovnáním jednotlivých spekter a pozorováním změn v ^1H NMR spektrech potvrdili, že se po přidavku nového typu aditiva významně zvýší elektrostatické síly, tzv. mezimolekulární coulombovské interakce, a dojde ke vzájemnému přiblížení hlavních složek. Tím se usnadní výměna a přenos nepárového elektronu. Zmíněné chování bylo možné popsat pouze pomocí ^1H hr-NMR spektroskopie a potvrzeno bylo ^{19}F NMR spektroskopii v pevném stavu. Jedná se tedy o situaci, kdy se jednotlivé molekulární segmenty nejen k sobě významně přiblíží, ale také se i provázejí podobně jako cihly ve zdi. A tak se – díky této přísně definované struktuře podobně jako při stavbě zdi – přidavkem aditiva sníží spotřeba malty a zároveň se zvýší konstrukční vlastnosti a životnost díla,“ vysvětluje Libor Kobera a připomíná: „Dalším přínosem použití nového aditiva je značné snížení environmentální zátěže v porovnání s tradičními aditivy. Použitý typ aditiva je vysoce účinný, a při relativně nízké koncentraci umožňuje generování značného množství radikálů. Díky tomu, že omezuje také rozsah vedlejších reakcí, zvyšuje životnost solárních článků.“

S oddělením biomolekulární a organické elektroniky Linköpingsské univerzity spolupracují vědci z ÚMCH již od roku 2019. Prvopočátky tohoto výzkumu lze datovat do doby kolem roku 2014–2015, kdy do oddělení nastoupila dr. Sabina Abbrent Nováková a tým začal pracovat na projektu vývoje a studia struktury a dynamických procesů v nových typech polymerních elektrolytů. V rámci tohoto projektu také probíhala úzká spolupráce s kolegy z Uppsalské univerzity a postupně i s prof. Fengem Gaem. Toho výsledky naší práce natolik zaujaly, že nás přizval k řešení mnoha zajímavých projektů. „Náš společný výzkum sleduje aktuální společenské



Obr. 4 „Náš společný výzkum sleduje aktuální společenské výzvy, jako je energetická soběstačnost či snížení závislosti na fosilních zdrojích,“ připomíná Jiří Brus.

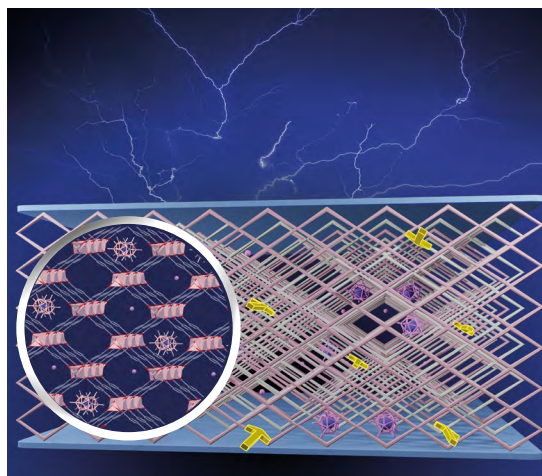
Ing. Jiří Brus, Dr. (*1970) je český makromolekulární a fyzikální chemik. Vystudoval Vysokou školu chemicko-technologickou v Praze a v současnosti je vedoucím oddělení NMR spektroskopie & Rtg. a neutronové difrakce Ústavu makromolekulární chemie AV ČR. Hlavním tématem jeho vědecké práce je separace lokálních dipolárních polí a vývoj experimentálních postupů doménově selektivní NMR spektroskopie pevného stavu. Ve své práci se koncentruje na rozvoj NMR krystalografie a využití strojového učení pro charakterizaci amorfní fáze.

Ing. Libor Kobera, Ph.D. (*1982) je český fyzikální chemik. Vystudoval Vysokou školu chemicko-technologickou v Praze a v současnosti pracuje v oddělení NMR spektroskopie & Rtg. a neutronové difrakce na Ústavu makromolekulární chemie AV ČR. Jeho hlavním vědeckým zájmem je studium vlivu paramagnetických iontů na NMR aktivní jádra. Dále se zabývá měřeními a interpretací ultraširokých NMR čar „exotických“ NMR aktivních jader.



české výzvy, jako je energetická soběstačnost či snížení závislosti na fosilních zdrojích. Toto je prioritou nejen moderní vědy, ale rezonuje celou společností. Patří také mezi priority agendy českého předsednictví EU,“ vysvětluje Jiří Brus.

Rozsáhlá spolupráce mezinárodního týmu vědců se soustředí na objevení, popsání a pochopení procesů, které umožní ovládnout a kontrolovat účinnost přeměny solární energie, kontrolovat degradační procesy



Obr. 5 Rozsáhlá spolupráce mezinárodního týmu vědců se soustředí na objevení, popsání a pochopení procesů, které umožní ovládnout a kontrolovat účinnost přeměny solární energie, kontrolovat degradační procesy a prodloužit stabilitu a životní cyklus solárních článků.

a prodloužit stabilitu a životní cyklus solárních článků. Výsledky systematického výzkumu týmu, který vede profesor Feng Gao, již zveřejnily také vědecké časopisy *Nature Communications*, *Nature Energy* či *Joule*.

Primárním výsledkem výzkumu je poznání, nová znalost či informace. V tomto konkrétním případě má však toto poznání a informace i praktický dopad na vývoj nových, a především účinných a trvanlivých materiálů, vhodných pro přenos a konverzi energie. „Představa levných a účinných solárních článků, které vyřeší současnou energetickou krizi a pomohou minimalizovat environmentální zátěž, je jistě lákavá a my jsme poctěni, že můžeme být při tom,“ podotýká Jiří Brus a my za redakci Československého časopisu pro fyziku držíme palce této nové a pro celé lidstvo důležité technologii.