

Vývoj fotokatalytických samočisticích vrstev pro inhibici růstu nežádoucích mikroorganismů

Michaela Petržílková <michaela.petrzilkova@tul.cz>, Jakub Slabihoudek, Pavel Kejzlar, Petr Exnar

Výzkum fotokatalytického jevu má neustále velký potenciál v oblastech ochrany životního prostředí, čištění vod, medicíny, chemického průmyslu, ochrany památek či pozemního stavitelství. Polovodičové fotokatalyzátory využívající slunečního záření jako zdroje pro efektivní ochranu materiálů před biologickým a chemickým znečištěním se stávají čím dál častěji součástí naší společnosti. Jedním ze zaměření projektu je zvýšení účinnosti běžných fotokatalyzátorů na bázi TiO_2 či ZnO dopováním stříbrem či prvky vzácných zemin, dále se pak projekt věnuje možnosti aplikace ochranných vrstev na skleněné substráty a na pálené střešní krytiny, kde lze využít tepelného zpracování materiálů. Motivací k této práci v rámci projektu bylo vytvoření samočisticích vrstev aplikovatelných na skleněné plochy, které jsou hojně využívány na různých architektonických prvcích staveb či solárních článcích vystavených znečišťujícím podmínkám.

Metodou sol-gel dip coating bylo připraveno několik variací hydrofilních tenkých vrstev na bázi TiO_2 na podložních sklech, a aditivací Ag byla snaha dosáhnout zvýšené fotokatalytické účinnosti. Použité postupy sol-gel syntézy a metody dopování Ag byly vzájemně porovnány z hlediska stability solu, vzhledu připravených vrstev. Byl zkoumán vliv podmínek, jako je rychlost vytahování sklíčka ze solu, relativní vlhkost a proud vzduchu při dip-coatingu na homogenitu a fotoaktivitu vrstev. Současně byl zkoumán vliv teploty kalcinace a přítomnosti stříbra na krystalovou strukturu TiO_2 vrstev.

Dopování TiO_2 stříbrem bylo prováděno a) přimícháním koloidního roztoku Ag či AgNO_3 do připravovaného roztoku s alkoxidem, titaničtým b) dip-coatingem roztoku AgNO_3 na sklíčka s nekalcinovanou TiO_2 vrstvou, c) fotoredukci Ag iontů na kalcinovaných vrstvách ponořených v roztoku obsahující Ag . Kalcinace vrstev probíhala po dobu 1 hodiny v muflové peci při náběhu na danou teplotu (500, 550, 600, 630, 650, 700 a 750 °C) rychlostí 5 °C/min.

Struktura vrstev byla prostřednictvím Ramanovy spektroskopie, pomocí které bylo zjišťováno zastoupení amorfni, anatasové či rutilové modifikace TiO_2 . Fotokatalytická aktivita byla hodnocena barevnou změnou nanoseného inkoustu na bázi glycerolu a resazurinu pod UV osvitom (fotokatalytická redukce na resorufin). Některé vrstvy byly také hodnoceny měřením poklesu absorpance roztoku barviva methylenové modři (MM) nad fotokatalyzátorem při UV osvitu (365 nm) v čase pomocí UV/VIS spektrofotometru na základě normy ISO 10678:2010. Smáčivost (hydrofilita) vrstev byla hodnocena měřením velikosti kontaktního úhlu kapky vody. Antimikrobiální účinnost byla hodnocena testem fotokatalytické antibakteriální aktivity dle normy ISO 27447:2019 na kmeni CCM 7929 *Escherichia coli*.

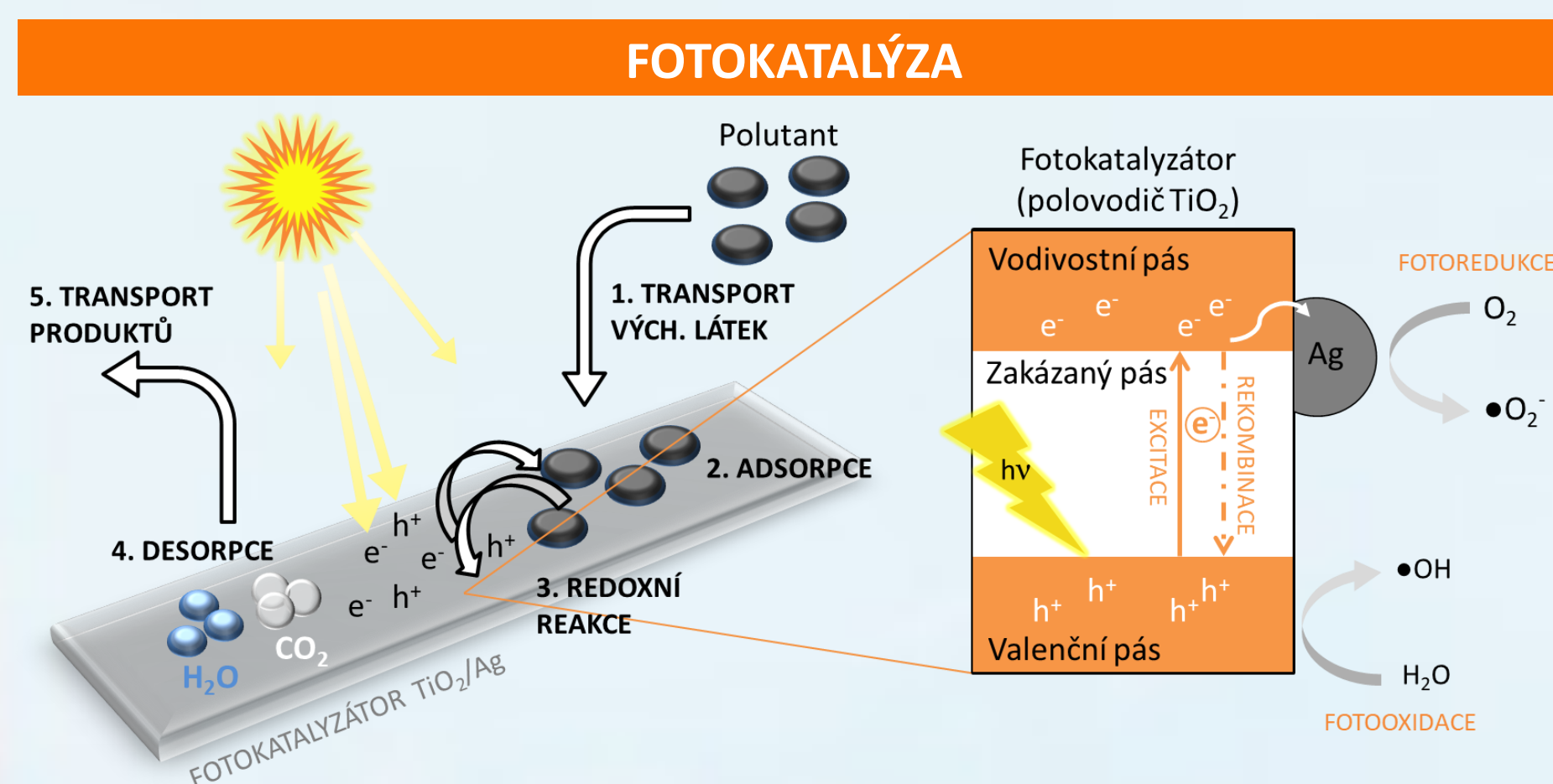
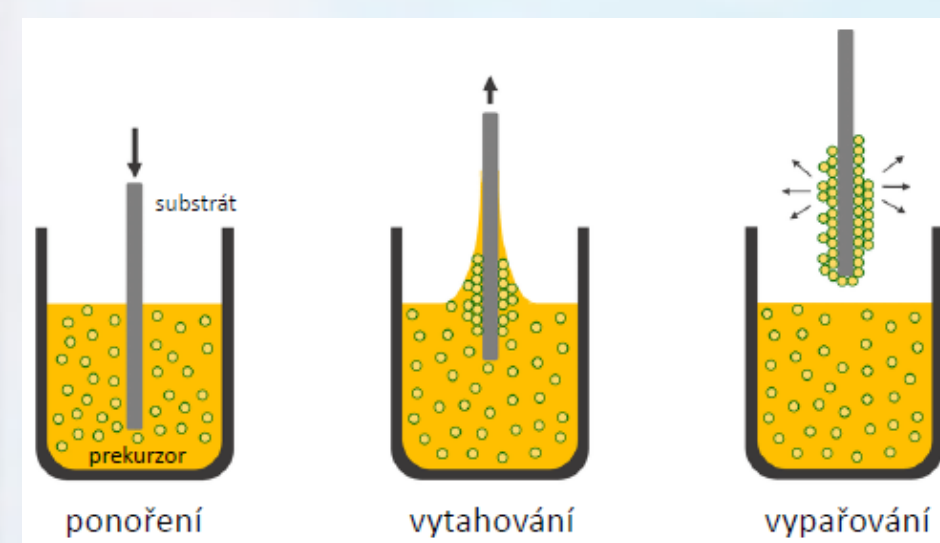
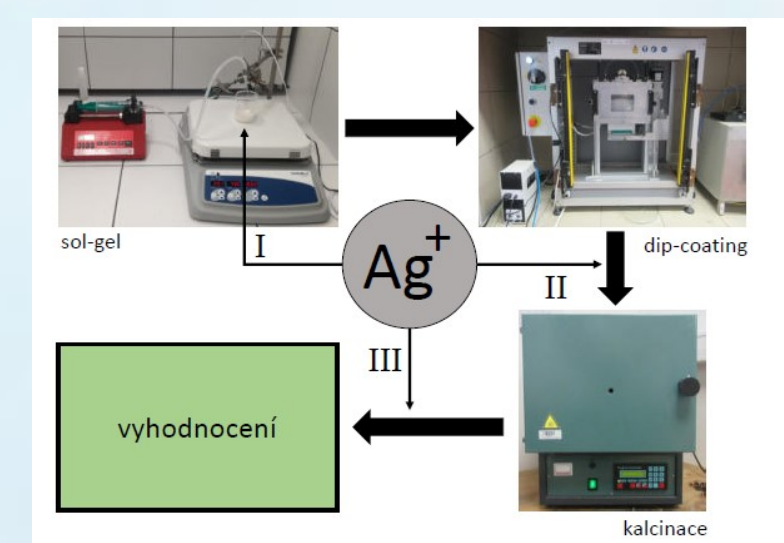


Schéma principu heterogenní fotokatalýzy včetně tvorby páru elektron-díra (pásová struktura)

PŘÍPRAVA TENKÝCH VRSTEV

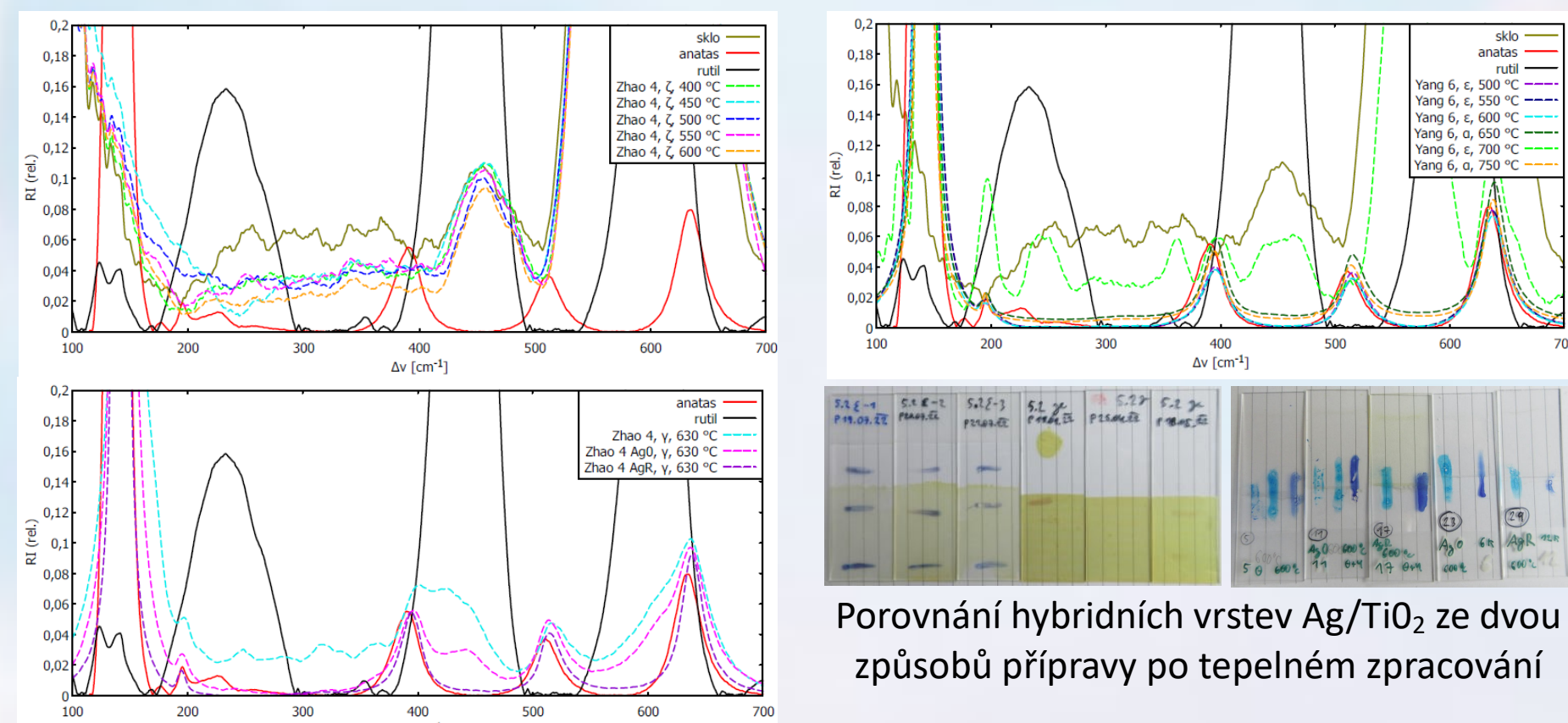


Metoda dip coating — vytahováním tenké vrstvy solu vzniká gel, následnou kalcinací pevný film



Testované způsoby aditivace stříbra do fotokatalyzátoru v průběhu přípravy

HODNOCENÍ VRSTEV



Ramanova spektra po kalcinaci TiO_2 vrstev při různých teplotách + posun spektra vlivem Ag

ZÁVĚR

Z pěti vyzkoušených postupů přípravy fotokatalytických sol-gel vrstev na bázi TiO_2 poskytovali dva nejstabilnější soly a jeden výrazně lepší transparentnost vrstev. Přídavek stříbra měl jistý vliv na strukturu sol-gel vrstvy. V rozporu s literaturou nebylo dosaženo za daných podmínek prokazatelného zvýšení fotokatalytického či antibakteriálního účinku. Některé fotokatalyzátory byly slabě aktivní již při 500 °C, jiné naopak reagovaly lépe až při 650 °C, ovšem jen na okraji vrstev, kde pravděpodobně docházelo k hromadění částic. Na vrstvách výsledky fotokatalytických testů většinou nekorespondovaly s Ramanovými spektry. Použití stříbra bylo u většiny vrstev navíc doprovázeno barevnou změnou materiálu a tudíž se tento způsob dopování se nejvíce jako vhodný pro cílové aplikace.

REFERENCE

[1] BORA, L. V. a R. K. MEWADA. Visible/solar light active photocatalysts for organic effluent treatment: Fundamentals, mechanisms and parametric review. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* [online]. 2017, 76, 1393–1421. ISSN 1364-0321. Dostupné z: doi:10.1016/j.rser.2017.01.130.

[2] ZHAO, Nan et al. Microstructures and photocatalytic properties of Ag^+ and La^{3+} surface codoped TiO_2 films prepared by sol-gel method. *Journal of Solid State Chemistry*. 2011, roč. 184, č. 10, s. 2770–2775. issn 0022-4596. Dostupné z doi: 10.1016/j.jssc.2011.08.014.

[3] SLABIHOUEK, J. *Sol-gel syntéza stříbrem dopovaného TiO_2 filmu a hodnocení jeho fotokatalytických a antibakteriálních vlastností*. Liberec, 2023. Bakalářská práce, Technická univerzita v Liberci.