

Jiří KUDR^{1,2}, Lukáš NEJDL^{1,2}, Bára GREGOROVÁ³, Jiří SRBA³,
Olga KRYŠTOFOVÁ^{1,2}, Jan ZÍTKA^{1,2}, Zbyněk HEGER^{1,2}, Vojtěch ADAM^{1,2}, René KIZEK^{1,2}

¹Laboratoř metalomiky a nanotechnologií, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, CZ-613 00 Brno, Česká republika, Evropská unie

²Středoevropský technologický institut Brno, Vysoké učení technické v Brně, Technická 3058/10, CZ-616 00 Brno, Česká republika, Evropská unie

³Hvězdárna Valašské Meziříčí, Vsetínská 78, CZ-757 01 Valašské Meziříčí, Česká republika, Evropská unie

Úvod

Kvantové tečky, polovodičové krystaly o velikosti několika nanometrů v průměru, přitahují pozornost vědecké komunity vzhledem k jejich optoelektronickým vlastnostem závislým zejména na jejich složení a velikosti. Jejich unikátní vlastnosti je předurčují k celé řadě aplikací – zobrazování, konstrukce senzorů a biosenzorů, teranostika aj. V porovnání s fluorescenčními organickými barvivy mají spoustu výhod – excelentní fotostabilita, vysoký kvantový výtěžek, široké pásmo excitačních vlnových délek a naopak úzký emisní signály. I přes objev celé řady fluorescenčních nanočástic, kadmium telluridové kvantové tečky (CdTe QDs) zůstávají v současnosti nejpoužívanějším materiálem tohoto druhu. Kvantové tečky jsou následně po syntéze stabilizovány ligandy, které zabrání jejich agregaci (ztrátě fotoluminiscence), uvolňování toxických složek a zajistí rozpustnost ve vodě. Nejčastěji se používají monodentátní thioly s terminální karboxylovou skupinou (merkaptopropionová a merkaptosukcinová kyselina), které se přímo koordinují na anorganický povrch kvantových teček přes síru. Cílem této práce byla charakterizace CdTe kvantových teček, která je prvním a nezbytným krokem při veškerých aplikacích tohoto nanomateriálu.

Syntéza CdTe kvantových teček

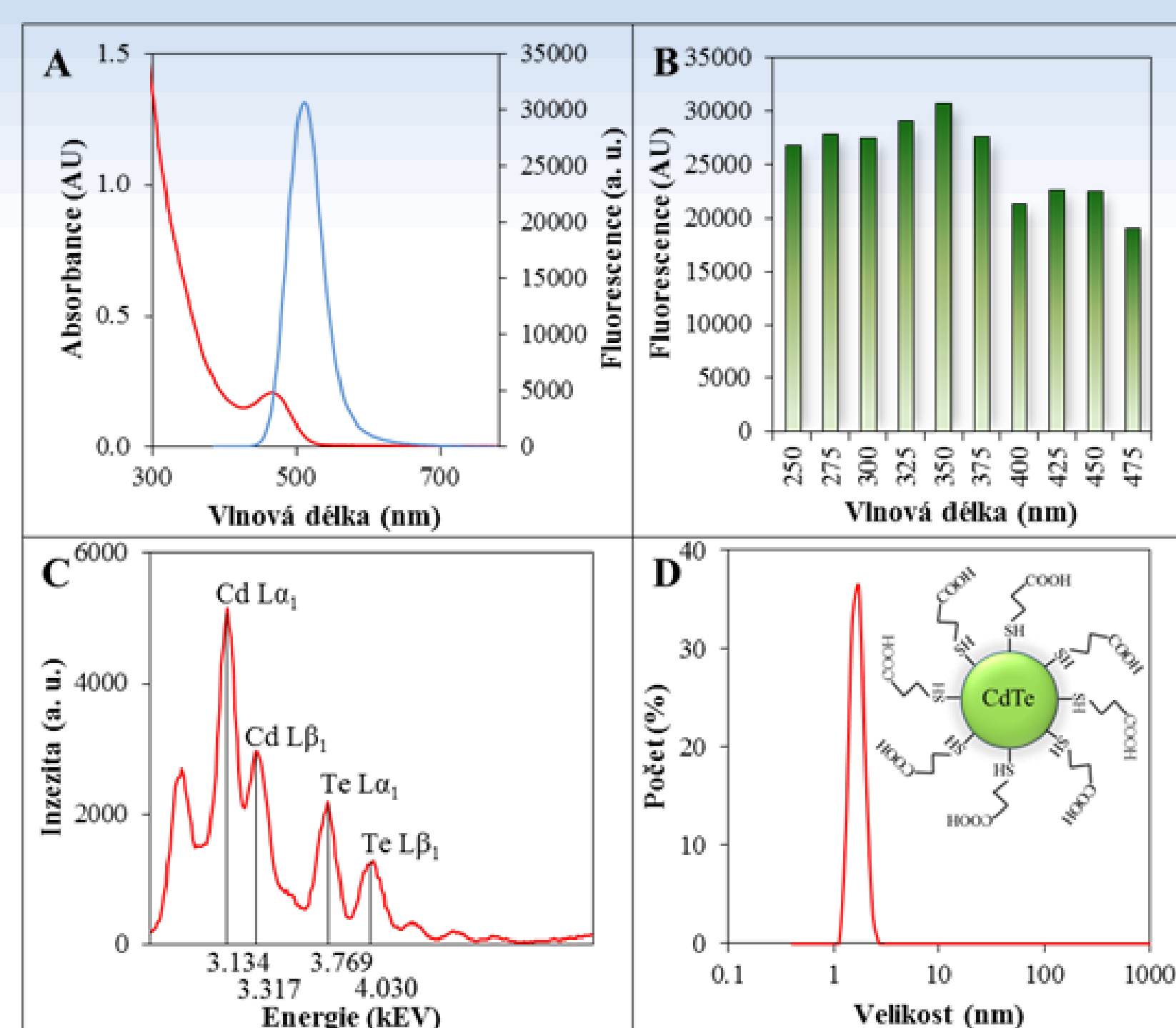
Byl připraven roztok skládající se z 5 ml octanu kademnatého (20 mM), 38 ml vody, 45 mg merkaptopropionové kyseliny, 1 M NH₃ (1,3 ml) a 1,25 ml Na₂TeO₃ (20 mM). Do bezbarvého roztoku bylo přidáno 50 mg NaBH₄ a postupně docházelo k změně barvy do žluta.

Výsledky

Roztok kvantových teček byl připraven ze směsi prekursorů v přítomnosti povrch-stabilizující látky. Přidání redukčního činidla do směsi vedlo k redukci telluricitanu na tellurid a vzniku kadmium telluridových nanokrystalů. Vysoká afinita thiolových skupin merkaptopropionové kyseliny k CdTe vedla ke spontánnímu pokrytí povrchu krystalů a jejich stabilizaci proti dalšímu růstu a agregaci. Vznik nanočástic se projevil vznikem lokálního absorpčního maxima v 466 nm (Obr. 1A). Pozice tohoto peaku (λ) poukazuje na velikost vzniklých kvantových teček a byla z ní vypočítána teoretická hodnota těchto částic [1].

$$D = (9,8127 \times 10^{-7})\lambda^3 - (1,7147 \times 10^{-3})\lambda^2 + (1,0064)\lambda - (194,84) \quad [1]$$

Podle tohoto výpočtu byla stanovena teoretická velikost částic na 1,1 nm. V následujícím kroku byly měřeny fluorescenční spektra CdTe QDs při různých excitačních vlnových délkách (250 – 475 nm). Z těchto záznamů byla odečtena maxima a vynesena do grafu v závislosti na vlnové délce excitačního záření (Obr. 1 B). Z obrázku vyplývá, že tyto CdTe tečky je možno efektivně excitovat v tomto intervalu vlnových délek bez výrazného poklesu fluorescence. Nicméně nejvyšší fluorescence bylo dosaženo excitací při 350 nm. Tato excitační vlnová délka byla využita i k získání fluorescenčního spektra uvedeného v obr. 1 A. XRF analýza roztoku CdTe kvantových teček potvrdila přítomnost kadmia (L α 1 3,769 keV a L β 1 4,030 keV) a telluru (L α 1 3,134 keV a L β 1 3,317 keV) ve vzorku (Obr. 1 C). V posledním kroku charakterizace byly CdTe QDs měřeny pomocí zetasizeru, který stanovil velikost těchto částic na 1,7 \pm 0,5 nm, což téměř odpovídá vypočtené teoretické hodnotě (Obr. 1 D). Schématické znázornění CdTe QDs je uvedeno v insertu obr. 1 D.



Obr. 1 A) Absorpční (červená, 300 – 800 nm) a fluorescenční spektrum (modrá, $\lambda_{exc.}=350$ nm) 2mM CdTe kvantových teček. Intenzita fluorescenčních maxim v závislosti na excitační vlnové délce (250 – 475 nm) (B). XRF spektrum (C), velikostní distribuce a schéma CdTe pokryté merkaptopropionovou kyselinou (D).

Závěr

Úspěšně byly syntetizovány kadmium telluridové kvantové tečky pokryté merkaptopropionovou kyselinou. Tyto kvantové tečky byly následně charakterizovány pomocí spektrálních metod. Absorpční spektrum ukázalo lokální absorpční maximum při vlnové délce 466 nm. Z fluorescenčních měření vyplynulo, že excitační vlnová délka 350 nm je nejlepší pro excitaci těchto teček. Na druhou stranu nižší excitační vlnové délky ze zvoleného intervalu vedly k poklesu fluorescenčního maxima maximálně o 13% (250 – 475 nm). Při zvyšování excitační vlnové délky naopak docházelo k výraznějšímu poklesu detekované fluorescence a to až k poklesu o 38% v případě excitace o vlnové délce 475 nm. Velikostní distribuce prokázala přítomnost nanočástic o velikosti 1,7 \pm 0,5 nm ve vzorku, což téměř koresponduje s vypočítanou teoretickou velikostí 1,1 nm.

Reference

1. W. W. Yu, L. H. Qu, W. Z. Guo and X. G. Peng, *Chemistry of Materials*, 15 (2003) 2854.

Poděkování: SPOLEČNĚ PRO VÝZKUM, ROZVOJ A INOVACE CZ/FMP.17A/0436