

**Název práce:** Pokročilá spektroskopická charakterizace souborů kvantových teček

**Autor:** Michael Greben

**Školící pracoviště:** Katedra chemické fyziky a optiky

**Školitel:** Prof. RNDr. Jan Valenta, Ph.D.

### **Abstrakt:**

Polovodičové kvantové tečky (KT) jsou několik nanometrů velké krystalicity, v nichž je pohyb vybuzených elektronů a děr omezen ve všech třech rozměrech, což vede ke kvantování jejich energie – tzv. kvantový rozměrový jev (KRJ). V důsledku toho, KT často jeví velmi odlišné fyzikální vlastnosti ve srovnání s jejich objemovými protějšky. Z optického hlediska je zvláště zajímavé rozšiřování zakázaného pásu s klesající velikostí KT. Velká lokalizace částice v prostoru také vede k “rozmazání” hybnosti (Heisenbergův princip neurčitosti) a způsobí větší překrytí vlnových funkcí nosičů, a tedy významné zvýšení pravděpodobnosti zářivé rekombinace (v případě polovodičů s nepřímým zakázaným pásem). To dělá z polovodičových KT slibné kandidáty pro nové generace fotonických a fotovoltaických součástek.

Tato disertační práce je primárně zaměřena na podrobnou spektroskopickou charakterizaci souborů přímých (PbS) a nepřímých (Si) polovodičových KT, a to jak v koloidní formě (toluen), tak zabudované v matici (vícevrstvé oxidy a oxinitridy). PbS KT pasivované kyselinou olejovou byly získány od komerčních dodavatelů, Si KT pasivované dodecylolovými řetězci byly syntetizovány metodou netermální plazmy a vícevrstvé pevné vzorky se Si KT byly vyrobeny žháním multivrstev substechiometrického  $\text{SiO}_x$  ( $x < 2$ ) a stechiometrického  $\text{SiO}_2$ , které byly deponovány metodou PECVD (obojí typ Si KT byl dodán zahraničními spolupracovníky).

Hlavním cílem práce bylo prozkoumat některé základní problémy v souborech KT za účelem zlepšení jejich optických vlastností, jmenovitě absorpční a emisní účinnosti. Optické vlastnosti vzorků byly charakterizovány časově integrovanou a časově rozlišenou (ČR) fotoluminiscenční (FL) spektroskopií. Pokud jde o emisní vlastnosti, analyzovali jsme FL spektra a pozici maxima v závislosti na velikosti a materiálu KT; výsledky jasně ukazují významný vliv KRJ efektu na FL. Použitím speciální aparatury s integrační koulí jsme experimentálně studovali absolutní kvantový výtěžek (KV) FL v závislosti na různých parametrech (velikost a koncentrace KT a pod.). Za účelem posouzení absorpční schopnosti Si KT, vyjádřené absorpčním průřezem, jsme teoreticky a experimentálně vyvinuli FL modulační techniku, která je založena na porovnání kinetiky nástupu a vyhasínání FL při různých intenzitách excitace. Proto bylo důležité najít optimální experimentální parametry pro ČR FL experimenty. Změnou teploty a tloušťky bariér mezi KT ve vícevrstevných vzorcích se Si KT jsme prokázali závislost absorpčních a emisních vlastností na těchto parametrech a stanovili jsme optimální konfiguraci vzorku k maximalizování jasů FL. Navíc jsme vyvinuli novou výpočetní proceduru, která umožňuje zjistit FL kinetiku jednotlivých velikostních frakcí Si KT ze spektrálně rozlišených kinetik. Tak jsme mohli ukázat, že existují frakce Si KT v koloidní suspenzi, které mají 100% účinnost zářivé rekombinace. Tyto výsledky byly použity pro odhad vnitřní kvantové účinnosti (VKU) v pevných vzorcích. Konečně, porovnáním výsledků VKU s FL KV jsme prokázali a odhadli populaci temných KT. Další výzkum by měl být zaměřen na pochopení příčiny existence temných KT (původ nezářivé rekombinace), aby se případně mohla najít metoda, jak zabránit jejich vzniku a maximalizovat účinnost FL souborů Si KT.

**Klíčová slova:** kvantové tečky, doba doznívání, kvantový výtěžek, vnitřní kvantová účinnost, absorpční průřez.