

---

## Abstrakt

Křemíkové nanokrystaly (SiNCs) menší než cca 5 nm jsou materiálem s účinnou fotoluminiscencí (PL) za pokojové teploty, která vykazuje i optický zisk. Optický zisk je nutná podmínka k dosažení stimulované emise z vybuzeného materiálu a právě dosažení stimulované emise (a laserování) z nanostruktur na bázi Si je důležité z pohledu křemíkové fotoniky. Cílem této práce bylo (i) studovat fundamentální optické vlastnosti SiNCs, (ii) navrhnout a připravit fotonický krystal se zvýšenou extrakcí světla a (iii) prostudovat možnost zvýšení optického zisku SiNCs jejich zabudováním do dvoudimenzionálního fotonického krystalu. Nejdříve byly pomocí elektrochemického leptání Si desky připraveny oxidem ( $\text{SiO}_x/\text{SiO}_2$ ) pasivované SiNCs. Jejich optické vlastnosti byly prostudovány použitím časově rozlišené spektroskopie, a to i za nízkých teplot. Rychlý modrozelený emisní pás SiNCs byl interpretován jako kvazipřímá rekombinace horkých elektronů s dírami v blízkosti bodu  $\Gamma$ . Dále bylo ukázáno, že spektrální posuv pomalého oranžověčerveného pásu SiNCs s teplotou je důsledkem souhry tlakové a teplotní změny zakázaného pásu objemového Si. Koeficient optického zisku byl měřen metodou “Proužku s proměnnou délkou” (VSL) doplněnou technikou “Posouvajícího se excitačního bodu” (SES). Ukázali jsme, že SiNCs (připravené leptáním) zabudované do  $\text{SiO}_2$ -solgel matrice vykazují optický zisk v řádu desítek  $\text{cm}^{-1}$  na obou luminiscenčních pásech. Existence ultrarychlého zisku byla studována v oxidem pasivovaných SiNCs rozptýlených v etanolu, avšak důsledkem nedostačujícího výkonu excitačních pulzů nebyl ultrarychlý zisk pozorován. Taktéž byly studovány další typy SiNCs, a to metylem ( $-\text{CH}_3$ ) pasivované SiNCs a multivrstvy SiNCs/ $\text{SiO}_2$ . V prvním typu vzorku byl naměřený nulový čistý optický zisk interpretován jako důsledek nízké koncentrace SiNCs. V multivrstvách SiNCs/ $\text{SiO}_2$  zase vysoké ztráty absorpcí na volných nosičích zabránily vzniku stimulované emise. Optický zisk se však dá zvýšit použitím periodických dielektrických struktur, fotonických krystalů. Použitím počítačové simulace založené na metodě “Finite-difference time-domain” jsme ukázali, že stimulované emise z aktivního média s nízkým optickým ziskem je možné dosáhnout jeho zabudováním do dvou-dimenzionálního fotonického krystalu. Na základě těchto výsledků byl na povrchu křemenné destičky se zabudovanými SiNCs vyroben dvoudimenzionální fotonický krystal. Ukázali jsme, že tato struktura umožňuje, oproti planární vrstvě, efektivní zvýšení extrakce světla (emitovaného SiNCs) do vzduchu. Bylo dosaženo až sedminásobného zvýšení intenzity světla extrahované ve směru kolmém k povrchu vrstvy jako důsledek Braggovské difrakce vedených modů na povrchové periodicitě. Nástup stimulované emise jsme však nepozorovali, což je s největší pravděpodobností důsledek vysokých ztrát absorpcí na volných nosičích ve studovaném vzorku. Až šestinásobné zvýšení efektivity extrakce světla bylo změřeno pro nanokrystalické diamantové (NCD) vrstvy s dvoudimenzionálním fotonickým krystalem na jejich povrchu v porovnání s planárními NCD vrstvami. Zdrojem světla byly v případě NCD vrstev různé defekty, vznikající během výrobního procesu. Dále jsme ukázali, že PL spektrum SiNCs je možné modifikovat nakápnutím jejich roztoku na periodicky strukturovanou NCD vrstvu. Navrhli jsme, jakým směrem lze v tomto výzkumu pokračovat dále.