

Abstrakt

Název práce: Nelineární optické vlastnosti křemíkových nanostruktur

Autor: Karel Žídek

Katedra (ústav): Katedra chemické fyziky a optiky

Vedoucí disertační práce: Doc. RNDr. František Trojánek, Ph.D.

E-mail vedoucího: trojanek@karlov.mff.cuni.cz

Abstrakt: Disertační práce se zabývá nelineárními optickými jevy a ultrarychlým vývojem luminiscence křemíkových nanokrystalů. Pomocí metody optického hradlování signálu (časové rozlišení až 250 fs) porovnáváme ultrarychlý vývoj luminiscence křemíkových nanokrystalů s různými velikostmi (v řádu jednotek nanometrů) a také s rozdílnými formami pasivace. Pro nanokrystaly, kde po excitaci dominuje vliv zachytávání nosičů do povrchových stavů nanokrystalu, navrhuje teoretický popis závislosti rychlosti těchto procesů na vlastnostech nanokrystalů. Dále v práci podrobně zkoumáme působení Augerovy rekombinace, která se projevuje jak v časově rozlišené, tak i v časově integrované emisi vzorků. Experimentální data velmi dobře popisuje námi navržený model na bázi kinetických rovnic. Závěr práce se zaměřuje na zkoumání ultrarychle dohasínající stimulované emise. U stávajících metod měření optického zisku (VSL a SES) navrhuje jejich rozšíření pro detekci ultrarychlého optického zisku. Experimentální data získaná realizací tohoto rozšíření porovnáváme s vytvořeným numerickým modelem. Z výsledků, které odpovídají teoretickým předpokladům, usuzujeme na přítomnost ultrarychlé stimulované emise v křemíkových nanokrystalech doznívající na sub-pikosekundové časové škále. Práce podává komplexní pohled na ultrarychlé děje v křemíkových nanokrystalech a jejich vliv na účinnou luminiscenci a stimulovanou emisi těchto nanokrystalů.

Klíčová slova: nanokrystaly, křemík, ultrarychlá luminiscence, optický zisk

Title: Nonlinear optical properties of silicon nanostructures

Author: Karel Žídek

Department: Department of Chemical Physics and Optics

Supervisor: Doc. RNDr. František Trojánek, Ph.D.

Supervisor's e-mail address: trojanek@karlov.mff.cuni.cz

Abstract: This PhD thesis focuses on nonlinear optical phenomena and ultrafast luminescence dynamics in silicon nanocrystals. By using an optical gating method (time resolution up to 250 fs) we compare an ultrafast luminescence decay in silicon nanocrystals having various sizes (in the order of nanometers) and various surface capping. We propose a theoretical description of how ultrafast processes rates depend on nanocrystal properties for the nanocrystals in which after an excitation a fast carrier trapping at nanocrystal surface states prevails. Furthermore, we investigate in detail effects of Auger recombination, which acts both on the time-resolved and on the time-integrated sample emission. Experimental data are well described by a proposed model based on rate equations. The final part of the thesis is devoted to the study of a rapidly decaying stimulated emission in the silicon nanocrystals. We propose an extension of currently used optical gain measurement methods (VSL, SES) aimed at detecting an ultrafast optical gain. Experimental data acquired by the proposed experimental setups are compared with numerical simulations. According to the results, which correspond very well to the theory, we assume that an ultrafast-decaying stimulated emission with sub-picosecond lifetime is present in silicon nanocrystals. In summary, the thesis reports in detail on the ultrafast electronic processes in silicon nanocrystals and on how they manifest themselves in spontaneous as well as stimulated optical emission.

Keywords: nanocrystals, silicon, ultrafast luminescence, optical gain