

FAKULTA JADERNÁ A FYZIKÁLNĚ INŽENÝRSKÁ

KATEDRA INŽENÝRSTVÍ PEVNÝCH LÁTEK
120 00 Praha 2, Trojanova 13

Prof. Ing. Zdeněk Bryknar, CSc.

Tel.: (420) 224 358 607, Fax: (420) 224 358 601, E-mail: bryknar@troja.fjfi.cvut.cz

Oponentský posudek disertační práce Mgr. Karla Žídka

Nelineární optické vlastnosti křemíkových nanostruktur

V posledních letech se zdálo, že křemíková technologie překročila již svůj zenit, a že již nelze očekávat zásadní nové možnosti aplikací tohoto pro elektroniku nejúspěšnějšího materiálu. Jednou z mála oblastí, kde krystalický křemík nebylo možno z principiálních důvodů použít, byla oblast součástek emitujících viditelné světlo. Počátkem devadesátých let však byla objevena viditelná fotoluminiscence porézního křemíku. Tím se křemík dostal opět do ohniska zájmu badatelů, neboť výroba levných a účinných světloemitujících součástek byla velmi lákavá - především pak možnost integrovat na jednom čipu Si jak elektronické, tak i elektroluminiscenční součástky. Brzy se však ukázalo, že tento cíl nebude lehké dosáhnout bez důkladného pochopení mechanismů světelné emise a transportu nosičů v tomto materiálu. I přes obrovské úsilí a množství publikací o porézním křemíku a jiných formách nekystalického křemíku, není tento problém zdaleka vyřešen, a proto se doposud komerčně světloemitující součástky na bázi nekystalického křemíku nevyrábějí. Tato práce je věnovaná studiu křemíkových nanokrystalů (Si NK) a to především z hlediska jejich účinné fotoluminiscence. Navíc jsou Si NK citlivé na okolní prostředí, což otevírá možnost jejich využití v nejrůznějších senzorech, a v neposlední řadě se v porovnání s objemovým Si projevují zesílenými nelineárními jevy, což je předmětem zkoumání této práce. Téma předložené disertační práce je tedy vysoce aktuální.

Disertační práce se tedy zabývá nelineárními optickými jevy a ultrarychlým vývojem luminiscence Si NK. Pomocí metody optického hradlování s časovým rozlišením až 250 fs je porovnán ultrarychlý vývoj luminiscence Si NK s různými velikostmi a rozdílnou pasivací. Pro NK, kde dominuje po excitaci vliv zachytávání nosičů do povrchových stavů, byl vypracován teoretický popis závislosti rychlosti těchto procesů na vlastnostech NK. V práci je rovněž podrobně zkoumáno působení Augerovy rekombinace, která se projevuje v časově rozlišené i časově integrované emisi vzorků. Experimentální data jsou velmi dobře popsána navrženým modelem na bázi kinetických rovnic. Závěr práce je věnován zkoumání ultrarychlé dohasínající stimulované emise. Je navrženo rozšíření měření optického zisku VSL a SES též pro detekci ultrarychlého optického zisku. Z výsledků, které odpovídají teoretickým předpokladům, usuzuje autor na přítomnost ultrarychlé stimulované emise v Si NK doznívající na sub-pikosekundové časové škále. Práce tak podává komplexní pohled na ultrarychlé děje v Si NK a jejich vliv na účinnou luminiscenci a stimulovanou emisi těchto nanokrystalů. Práce svědčí o vysoké experimentální erudici autora včetně jeho schopností vybudovat realistický model poskytující vysvětlení pozorovaných dějů. Je třeba ocenit též účast autora při přípravě většiny vzorků.

Experimentální studium vzorků prováděl autor disertace jednak na vlastním pracovišti na MFF UK a dále pak v nanosekundové laboratoři FZÚ AV ČR, v.v.i. a femtosekundových

laboratořích ve Strasbourgu a v Bordeaux. Zde měl k dispozici sofistikovaná laserová zařízení. Možno tedy konstatovat, že experimentální metody použité pro dosažení cílů práce byly adekvátní studované problematice a byly na vysoké vědecké úrovni. .

Předložená práce má 148 stran včetně abstraktů a závěrů v českém a anglickém jazyce. Text je doplněn 82 přehlednými obrázky, které jsou bohatě glosovány. Po formální stránce je práce napsána jasně a srozumitelně a obsahuje minimální počet překlepů. Pouze bych uvítal seznam zkratk, které byly užity v textu. Výsledky práce doktorand publikoval jako autor/spoluaautor v 8 článcích v impaktovaných časopisech, ve 4 článcích (sbornících) v neimpaktovaných časopisech a prezentoval na 3 mezinárodních konferencích.

Vzhledem k tomu, že výsledky předložené disertace byly publikovány v renomovaných odborných časopisech, takže prošly oponentním řízením, nemám k nim žádné podstatné připomínky.

V oponentní diskusi bych si dovolil doktorandovi položit následující otázky, které jsou spíše instrumentálního charakteru:

- (1) *Na str.29 autor uvádí, že index lomu n vzorku lze určit podle Brugemannovy teorie ze vztahu (3.2), ve kterém je dielektrická permitivita $\epsilon = \sqrt{n}$. Správně však má být $\epsilon = n^2$. (Domnívám se, že zde se jedná jen o chybný přepis.) Tento vztah však může být použit pouze pro neabsorbující prostředí, resp. pro spektrální obor, kde nenastává absorpce. Platilo toto při aplikaci (3.2) v kap. 7?*
- (2) *Byla emisní spektra FL na obr. 4.3 spektrálně korigována na spektrální odezvy detekčního systému? Jakým jednotkám je úměrná intenzita luminiscenčních spekter prezentovaných v práci? Tyto údaje jsou nutné pro případné porovnání výsledků s jinými autory nebo pro měření v širokém spektrálním oboru za použití různých detektorů světla.*
- (3) *Na obr. 5.15 je uveden rozklad pozorované intenzity luminiscence $I = f(\lambda)$ na 2 Gaussovy pásy, jejichž průběh je na obr. znázorněn. Zde postrádám grafické znázornění fitu, tj. součtu obou gaussianů. Zde mám ještě dotaz: Jaký rozměr má znázorněná intenzita a jaký analytický výraz byl použit pro znázornění Gaussovy křivky.*

Závěr

Závěrem lze konstatovat, že předložená disertační práce Mgr. Karla Žídka formálně i věcně splňuje obecné požadavky kladené na disertační práci, má vysokou úroveň a prokazuje předpoklady autora k samostatné tvořivé práci. Proto doporučuji, aby práce byla přijata k obhajobě jako podklad k udělení vědecké hodnosti doktor.

V Praze dne 14.11.2010

Prof. Zdeněk Bryknar, CSc.