

Posudek disertační práce

Předkladatel disertační práce: Ing. Jaroslav Freisleben

Název disertační práce:

Elektroluminiscenční dioda jako iniciátor reaktivních forem kyslíku

Studijní obor: Elektronika

Školitel: doc. Ing. Aleš Hamáček, Ph.D.

Oponent: prof. RNDr. Stanislav Nešpůrek, DrSc.

Předložená disertační práce sestává ze 105 stran textu a tří příloh (28 stran). Zabývá se velice aktuální problematikou z oblasti vývoje a konstrukce světelného zdroje pro generaci reaktivních forem kyslíku. Práce vychází ze zadaných úkolů Evropského fondu regionálního rozvoje a Regionálního inovačního centra elektroniky, které byly na Katedře technologií a měření řešeny. V úvodní teoretické části práce (28 stran) jsou charakterizovány reaktivní formy kyslíku, excitované stavy molekulárních látek a diskutovány možnosti detekce singletového kyslíku. Oddíl 5 je věnován organickým fotosenzibilizátorům, zejména porfyrinům a ftalocyaninům, které umožňují po světelné excitaci a konverzi energie do tripletního stavu generovat singletový kyslík. Energetické singletní přechody je možné generovat světlem 510 – 620 nm (porfyriny) a 650 – 690 nm (ftalocyaniny). Autor se zaměřil na světelnou diodu s emisí záření při 670 nm, která umožnila excitovat Q-pás ftalocyaninů. Poznamenejme, že tato tematika je na Fakultě elektrotechnické v Plzni nová a Ing. Freisleben musel vynaložit velké úsilí ke zvládnutí jak chemického názvosloví, tak fyzikálně-chemické terminologie z oblasti fotoexcitace organických molekul, degradace excitovaných stavů a chemických a fyzikálních metod detekce singletového kyslíku. Musím ocenit autorovu snahu vysvětlit principy molekulární fotofyziky a připravit pro specialisty pracující v oblasti elektroniky a elektrotechniky základy pro pokročilejší studium v této oblasti. Je třeba podotknout, že problematika této části práce je zpracována na vysoké profesionální úrovni. Orientace autora v řešené problematice je dobrá o čemž svědčí 58 zmíněných citací.

Kapitolou 7 začíná experimentální část práce, kde jsou popsány vlastní autorovy výsledky, zejména optické vlastnosti fotosenzibilizátorů, parametry zdroje záření a konstrukce osvětlovacích systémů. Optické vlastnosti ftalocyaninů byly proměřeny pečlivě, generace singletového kyslíku by detekována jodidovou metodou. Autor uvádí vliv teploty na absorpční spektra a prezentuje degradační vodných roztoků ftalocyaninů při ozáření. V kapitole 7.2 jsou uvedeny výsledky charakterizace světelného LED zdroje. Vedle běžných parametrů, jako je např. vyzařovací charakteristika a spektrální charakteristika autor uvádí také spektrální a vyzařovací charakteristiky LED diody v závislosti na teplotě. Výsledek pak využil při návrhu chlazení světelného zdroje. Na tomto místě je třeba ocenit komplexní myšlení ing. Freislebena. Na str. 62 autor uvádí postup výpočtu kvantové účinnosti generace singletového kyslíku, kterou určoval z poměru „rychlostních konstant“. Tato metoda je velmi zjednodušená a bylo by dobré ji diskutovat detailněji (viz bod 2 – dotazy). Je známo, že procesy při ozáření biologických objektů závisí na „charakteru“ světla (stacionární osvit, pulzní osvětlení, modulace, atd.). Ani tuto skutečnost autor neopomenul a vliv režimů zdokumentoval.

V kapitole 8 jsou uvedeny výsledky testů několika aplikací. Studie byly provedeny ve spolupráci s jinými pracovišti, na kterých proběhla i měření. Autorův přínos spočíval v modifikaci příp. konstrukci elektroluminiscenčního zdroje světla pro jednotlivá použití. Poznamenejme, že uvedené aplikace byly vždy spjaty s grantovými projekty a předkladatel

disertační práce neměl mnoho volnosti k realizaci svých záměrů. Nicméně i v tomto směru se zhostil svého úkolu dobře. Tak např. proběhl pokus týkající se ochrany řezných kapalin před mikrobiální kontaminací. Běžně se tato ochrana provádí přidávkou aktivních látek do řezných kapalin. Autor se pokusil řešit tento problém pomocí singletového kyslíku generovaného z excitovaného stavu AlOH ftalocyaninu. Navrhl fotoreaktor nejen pro laboratorní testy, ale i pro průmyslovou aplikaci. Zde se zabýval i přidruženými problémy, jako je simulace proudění kapaliny, zapojení fotoreaktoru k obráběcímu stroji, stabilitou fotosenzibilizátoru a měřením antimikrobiální účinnosti. I tyto úkoly vyřešil úspěšně. Podobně probíhaly i aktivity v oblasti rozkladu nečistot v odpadních vodách, ve fotodynamické terapii maligních nádorů, eliminaci prionových proteinů a fotodynamické inaktivaci mikroorganismů ve stomatologii. Z těchto faktů je možné vyvodit několik závěrů: Ing. Freisleben je zkušený a pečlivý výzkumný pracovník s velkou odpovědností prezentovat věrohodné výsledky. Je dobrým konstruktérem laboratorních zařízení a dobrým odborníkem v oblasti elektrických měření.

Disertační práce je sepsána jasným a přehledným způsobem. Odborná úroveň práce je velmi dobrá, téma je aktuální a z inženýrského hlediska zajímavé. Analýza a interpretace dosažených výsledků a formulace závěrů disertace jsou prezentovány bez zjevných chyb. Logická struktura práce je na velmi dobré úrovni. Vzhledem k tomu, že disertační práce byla vypracována na pracovišti technického typu, předpokládá se určitá využitelnost výsledků v praxi. V tomto směru je aktivita předkladatele dokumentována užitným vzorem a třemi funkčními vzorky. Získané výsledky prokazují, že cíle stanovené v disertační práci byly splněny. Aktivity týkající se disertační práce Ing. Freislebena můžeme najít také v 5 státech ve sbornících (publikace a konferenční příspěvky). Aktivity můžeme najít také v jiných oblastech. Zde bych rád zmínil 5 státech ve sbornících a 7 užitných vzorů a funkčních vzorků.

K práci mám několik dotazů a připomínek, které ovšem nikterak nesnižují její celkovou úroveň:

1. Na obr. 7.3 (str. 38) jsou uvedena absorpční spektra ftalocyaninů ve vodě a v jodidovém činidle. V případě AlOHFTC je absorbance vodného roztoku nepatrně větší než roztoku s přidávkou jodidového činidla, pro vodný roztok ZnFTC je v oblasti Sorretova pásu (340 nm) absorbance menší než absorbance vodného roztoku s jodidovým činidlem, zatím co v oblasti Q-pásu je tomu naopak. Jde o vlastnost materiálu nebo experimentální chybu?
2. Na str. 62 autor uvádí účinnost světelné absorpce fotosenzibilizátoru, na str. 68 uvádí postup výpočtu kvantové účinnosti generace singletového kyslíku, kterou určoval z poměru „rychlostních konstant“. Tato metoda je velmi zjednodušená a bylo by dobré ji diskutovat detailněji a zvážit zejména tyto skutečnosti:
(a) Rozdíly v pojmech „absorpce světla, absorbance a absorpční pás“; (b) „Rychlostní konstanta“ (obr. 7.32, str. 68). Je závislost absorbance na čase skutečně lineární?

Závěr:

Předložená práce rozsahem i obsahem splňuje všechny požadavky kladené na doktorskou disertaci a doporučuji ji k obhajobě (dle zákona č. 111/1998 Sb. § 47). Po úspěšné obhajobě doporučuji udělit Ing. Jaroslavu Freislebenovi titul Ph.D.

V Praze, dne 11. listopadu 2015.


prof. RNDr. Stanislav Nešpůrek, DrSc.

Posudek disertační práce

Autor: Ing. Jaroslav Freisleben

Název: Elektroluminiscenční dioda jako iniciátor reaktivních forem kyslíku

Studijní obor: Elektronika

Školitel: doc. Ing. Aleš Hamáček, Ph.D.

Oponent: Ing. Jan Rakušan, CSc.

Předložená disertační práce Ing. Jaroslava Freislebena obsahuje 105 stran textu a 3 přílohy. Práce se zabývá studiem a využitím fotodynamického efektu v oblasti lékařství, průmyslu a čištění odpadních vod. Jako zdroj záření autor využívá perspektivní světelné zdroje na bázi elektroluminiscenčních diod. Téma je zcela jistě velmi aktuální a z inženýrského hlediska zajímavé.

Příkladně zpracovaná teoretická část vztahující se k fotodynamickému efektu, čerpající z rozsáhlé citovaných literárních údajů se opírá o důkladnou rešerši dané problematiky. Celkem je v práci citováno 58 literárních zdrojů, z nichž naprostá většina úspěšně prošla kritikou odborné veřejnosti.

Disertační práce rozšiřuje využití fotodynamického efektu na další oblasti lékařství, jako je inaktivace patogenních bakterií a kvasinek a patogenních prionů. V průmyslových aplikacích se práce zaměřuje na řešení aktuálních problémů v oblasti inaktivace škodlivých mikroorganismů v obráběcích kapalinách a rozklad obtížně odbouratelných chemických látek v odpadních vodách.

V disertační práci si autor stanovil následující tři cíle:

1. Charakterizace a výběr organického materiálu schopného generovat reaktivní formy kyslíku.
2. Návrh vhodného světelného LED zdroje a optimalizace režimu fotoiniciace.
3. Realizace a zhodnocení osvitových jednotek pro vybrané aplikace.

Všechny výše zmíněné cíle autor úspěšně splnil. Za významný vědecký přínos považují výsledky dosažené při řešení druhého cíle, konkrétně se jedná o nalezení vhodné kombinace organického fotosenzibilizátoru a světelného LED zdroje pro efektivní generování reaktivních forem kyslíku prostřednictvím fotosenzibilizačních reakcí a stanovení optimálního režimu fotoiniciace. Vedle toho oceňují výsledky autora získané při vývoji LED osvětlovacího zařízení, jehož využití při studiu různých technických možností fotodynamického efektu umožňuje jednoduchým způsobem nahradit nákladné laserové osvětlení vyžadující většinou speciální bezpečnostní předpisy. Aplikace vyvinutého světelného

zdroje umožňuje nyní rozšířit studium využití fotodynamického efektu na řadu dalších možných biochemických, technických a průmyslových aplikací.

Autorem navržené a zkonstruované osvitové jednotky našly uplatnění na celé řadě vědeckých pracovišť, kde je jejich přínos velice kladně hodnocen, tak jak je zmíněno v závěru práce a v příloze C.

Popisovaná problematika nabízí kromě v práci zmíněných aplikací i celou řadu dalších, zcela nových, možností využití fotodynamického efektu. Jako příklad uvádím uplatnění tohoto efektu v provozu spalovacích motorů s vhodným fotosenzitizátorem jako aditivem do motorového paliva. Takto upravené palivo by bylo před vstupem do vstřikovacích čerpadel osvětleno vhodným světelným LED zdrojem. Nabízí se zde předpoklad zlepšení procesu spalování v motoru, snížení produkce škodlivých emisí a možná i zvýšení výkonu motoru.

Předložená práce je přehledně členěna a jednotlivé kapitoly na sebe logicky navazují. Oceňuji také výbornou grafickou úpravu práce.

Disertant předložil celkem 24 publikací a výsledků vědecko-výzkumné práce (10 příspěvků na mezinárodních a národních konferencích, 2 užité vzory, 9 funkčních vzorků, 1 prototyp, 1 ověřená technologie a 1 software). Z výše zmíněného výčtu publikací jich 10 úzce souvisí s tématem práce.

K předložené práci mám následující drobné připomínky. Řadu uváděných ftalocyaninových fotosenzitizátorů by bylo vhodné doplnit o ftalocyanin bez centrálního kovu, sulfonovaný či jeho nanodisperzi. Také by bylo vhodné vyzkoušet citrát sulfonamidického ftalocyaninu zinku, který výborně fotodynamicky inaktivuje jak Gram-positivní, tak i Gram-negativní patogenní bakterie, včetně patogenních kvasinek.

Disertační práce pana Ing. Jaroslava Freislebena na téma *Elektroluminiscenční dioda jako iniciátor reaktivních forem kyslíku* splňuje podmínky dle zákona č. 111/1998 Sb., § 47 a **doporučuji** ji k obhajobě.

V Přelouči dne 25. října 2015


Ing. Jan Rakušan, CSc.

Posudek oponenta disertační práce s názvem:
Elektroluminiscenční dioda jako iniciátor reaktivních forem kyslíku

Autor: **Ing. Jaroslav Freisleben**

Práce obsahuje 105 textových stran, 29 stran příloh ABC, 79 obrázků, 10 tabulek. Seznam literatury má 58 položek. Seznam všech publikací autora má 10 položek, k tématu práce se jich vztahuje 5, vytvořil 1 užitečný vzor a 3 funkční vzorky k práci, 6 funkčních vzorků prototypů a sw mimo téma práce.

Téma disertační práce vyplynulo z dlouhodobé spolupráce pracoviště doktoranda na ZČU v Plzni a Centra organické chemie se sídlem v Rybitví. Je typicky mezioborově orientované. To kladlo na autora vysoké nároky na poznání vědních oborů od běžně studovaných i relativně vzdálených. Lze konstatovat, že výsledky v práci uvedené dokládají zvládnutí problémů nejen materiálových a elektrotechnických, ale i chemických a biologických. Jsou dokladem výhodnosti překračování mezoborových hranic vedoucí ke společensky významným výsledkům.

Užití kyslíku resp. modifikovaného kyslíku k medicínským účelům (desinfekce nástrojů, hemodializačních zařízení atd.) díky antimikrobiálním účinkům má již více než stoletou historii. Možnost generace singletového kyslíku fotosenzibilizační reakcí vyvolané fotoiniciací pohlcením záření vysílaného moderními světelnými zdroji (LED) nabízí i aplikace v dosud neaktivních oblastech. Cíle podrobně specifikované v kap. 1.3 logicky vycházely z nutnosti nejprve charakterizovat a vybrat vhodný organický materiál kompatibilní s dostupnými zdroji záření, vybrat vhodný zdroj a optimalizovat jeho provozní podmínky.

V úvodních kapitolách disertant charakterizuje singletový kyslík, jeho vznik, zdroje a detekci. Popisuje zdroje záření (LED) připadající v úvahu. Kapitola 7. je věnována podrobným popisům prováděných experimentů, na jejichž základě byly stanoveny optimální provozní podmínky fotoreaktorů. Tato kapitola je velmi rozsáhlá (více než 30 stran). Jednotlivým aplikacím je věnována kap. 8, opět v rozsahu asi 30 stran.

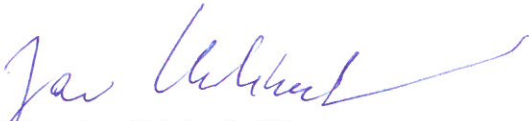
V závěrečné kapitole shrnuje dosažené výsledky a s komentářem konstatuje dosažení cílů včetně citací z hodnocení uživatelů aplikací.

Z vědecký přínos práce považuji nalezení vhodného organického materiálu v kombinaci se zdrojem záření LED, nalezení optimálního provozu světelného zdroje a stanovisko k režimu osvětlení (kontinuální, pulzní). Celkový přínos pak dokládají aplikace, podrobně dokumentované v přílohách A až C. Není obvyklé, aby přílohy disertační práce obsahovaly i zcela konkrétní použití závěrů práce, doložené i velmi pozitivním hodnocením z institucí aplikace využívajících. S touto skutečností se setkávám v takovém rozsahu ve své hodnotitelské praxi poprvé.

Předložená práce je sestavena systematicky, je přehledná, dílčí části na sebe logicky navazují. Lze snad vytknout její velký rozsah, zejména popis experimentálních zařízení a přístrojů je až zbytečně detailní. Nedostatky typu "dielektrická konstanta" či "°K" jsou výjimkou. Po formální stránce je možné ji označit za příkladnou.

Publikace disertanta obsahují 5 titulů vztahujících se k tématu práce, 5 titulů mimo téma. V rámci řešení disertační práce byly zhotoveny 3 funkční vzorky a 1 užitný vzor. Mimo téma bylo publikováno 5 titulů, 6 funkčních vzorků, udělen 1 užitný vzor.

Disertační práce pana Ing. Jaroslava Freislebena na téma Elektroluminiscenční dioda jako iniciátor reaktivních forem kyslíku splňuje podmínky dle zákona č. 111/1998 Sb., § 47 a doporučuji ji k obhajobě.



Doc. Ing. Jan Urbánek, CSc.

V Praze dne 24. listopadu 2015