

Posudek na disertační práci:

Studium teplotních charakteristik tkání

Disertantka: Mgr. Jana Urzová

Aktuálnost tématu disertační práce

Disertační práce Mgr. Jany Urzové je zaměřena na studium tepelných dějů v průběhu laser-tkáňových interakcí, konkrétně tepelné interakce a fotoablace. S využitím programu COMSOL Multiphysics byl sestaven a experimentálně ověřen teoretický model rozvoje teplotního pole po ozáření tkáně pulsním laserovým paprskem. Tento model umožňuje pro potřeby medicínských a biomedicínských aplikací předpovídat časový průběh teploty ve zvoleném místě laserem ozařované tkáně.

Práce je rozdělena do deseti kapitol. V prvních kapitolách disertantka velice přehledně prezentovala souhrn dosavadních poznatků v oblasti interakce laserového záření s tkání včetně popisu a rozboru Pennesova modelu jako základního prostředku pro analýzu teplotních profilů v tkáních. V dalších kapitolách se dostává k metodice určování termofyzikálních parametrů modelu, kterou efektivně odvodila z metod používaných v potravinářském inženýrství a dále pak k popisu použité přístrojové techniky, experimentálních vzorků a manipulace s nimi. Závěrečné kapitoly jsou věnovány dosaženým výsledkům, zpracování měření a závěrečné diskuzi ohledně stanovených cílů disertační práce, které jsou specifikovány hned v úvodu.

Téma předkládané práce je velice aktuální a důležité, provedené studie ukazují na pečlivý a vysoce odborný přístup disertantky k řešení dané problematiky jak důkladným studiem literatury (disertantka pracovala se 130 referencemi), tak i pečlivým provedením náročných experimentů.

Splnění cílů disertační práce

Disertační práce si klade za hlavní cíl: vytvoření teoretického modelu rozvoje teplotního pole po ozáření tkáně pulsním laserovým paprskem. Výsledky disertační práce prokazují, že cíle disertační práce „Studium teplotních charakteristik tkání“ byly jasně splněny.

Části práce byly zaměřeny na experimentální a interpretační práce a na splnění vytýčených cílů. Výsledky práce ve formě této disertační práce a ve formě 5 článků v mezinárodních časopisech, 11 mezinárodních konferenčních příspěvků jasně dokazují naplnění zvolených cílů.

Metody a postupy řešení

Zvolené metody práce byly silně závislé na stanovených cílech. Metody se týkaly především rozsáhlého záběru z hlediska experimentálních technik a přístrojového vybavení. Z toho vyplývá, že disertantka musela zvládnout práci po metodické stránce na vysoké mezioborové úrovni jak v oborech jako je optika, elektronika, lasery tak v oborech vlastního zkoumání ablačních prahů a hloubek včetně důkladného teoretického rozboru.

Výsledky disertační práce a konkrétní přínosy disertantky

Hlavním cílem disertační práce bylo vytvoření teoretického modelu rozvoje teplotního pole po ozáření tkáně pulsním laserovým paprskem. Pro jeho dosažení bylo potřeba splnit dílčí cíle: prozkoumat časovou závislost změn teploty tkáně při termální interakci, určit

hodnoty ablačních hloubek a ablačních prahů pro různé typy tkání a sestavit algoritmus výpočtu tkáňových parametrů, které v modelu vystupují.

Byl sestaven funkční teoretický model a s jeho využitím je možné určit, zda bylo v cílové tkáni dosaženo požadované teploty či zda naopak nedošlo k nežádoucímu zahřátí. Zkoumání časové závislosti změn teploty tkáně při termální interakci poskytlo experimentální a simulační ověření, že časová závislost lokálně dosažené teploty má logaritmický průběh a při zachování hodnoty hustoty energie je závislost maximální teploty na frekvenci přibližně lineární. Pro určování hodnot ablačních hloubek a ablačních prahů pro různé typy tkání byla vyvinuta zcela nová metoda založená na vytvoření CT snímků a jejich následném vyhodnocení. Pro funkčnost modelu je nutná znalost hodnot termofyzikálních tkáňových parametrů – hustoty, měrné tepelné kapacity, tepelné vodivosti a difuzivity. Byl sestaven algoritmus pro určení termofyzikálních parametrů tkání, který umožňuje požadované hodnoty vypočítat a do simulačního modelu zadat.

Výsledky práce ukazují použitelnost nově vyvinutých metod pro řadu biomedicínských aplikací. Na všech těchto výsledcích se disertantka bezprostředně podílela a následnou interpretaci výsledků zúročila ve své publikační činnosti. Ze svého výzkumu disertantka získala ucelený obraz o zkoumaných interakcích laserového záření s tkání v souvislosti s fyzikálními a fyzikálně-chemickými procesy a vlastnostmi.

Význam pro praxi a rozvoj studijního oboru Biomedicínská a klinická technika

Disertantka prezentuje v závěru svou rozsáhlou vědecko-pedagogickou činnost: celkem 16 publikací, 10 konferenčních prezentací, 9 ukončených či řešených projektů a grantů a posterů a vedení 23 bakalářských a diplomových prací s problematikou zpracovanou v rámci této disertační práce. Vývojem zmíněné metodiky a experimentální základny pro studium, analýzu a vyhodnocení teplotních charakteristik tkání jak z hlediska fyzikálního a fyzikálně-chemického, tak vývojem biologických metod, odpovídajícím testováním a aplikačními studii, dále pak publikováním celé řady výsledků v tomto oboru v mezinárodních časopisech disertantka funguje v diskuzi a konfrontaci s mezinárodní vědeckou komunitou. Tím rozhodně přispěla k rozvoji vědního oboru, ve kterém pracuje.

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

Práce je logicky a velice přehledně uspořádaná a má hezkou úpravu i jazykovou úroveň.

Připomínky a závěrečné zhodnocení disertační práce

K práci nemám zásadní výhrady, ale mám několik připomínek a otázek:

Disertační práce předkládá vůbec poprvé (podle mých informací) použití teoretického modelu rozvoje teplotního pole po ozáření tkáně laserovým paprskem (tzv. studenou ablaci) – to samo o sobě je velkým plusem této práce. Disertační práce se zabývá teplotními jevy, které teoreticky modeluje a navíc zahrnuje do svého rozsahu i vysvětlování celé řady jevů termochemických. Problém, který stále zůstává mimo rozsah této práce je zahrnutí metabolických jevů. Modelování teplotního pole má jeden nedostatek – a to nemožnost kontinuálního modelování. Model modeluje pouze pulz po pulzu. V rámci hodnocení práce musím mimo jiné zmínit vývoj unikátní metody určování hloubek kráterů pomocí CT snímků.

Str. 8: Naměřené hodnoty byly získávány různými metodami ... nebo fotoakustickou detekcí ...

Mohla by jste prosím popsat použití fotoakustické detekce.

Str. 10: Výsledné odbourání tkáně se nazývá tepelná dekompozice a nesmí být zaměňováno s fotoablací.

Můžete vysvětlit rozdíl více podrobněji a ukázat vliv vlnové délky použitého záření.

V práci používáte program COMSOL, který lze použít i k CFD modelování. Myslíte si, že by tento přístup byl kvalitativním přínosem pro modelování teplotního pole ve Vaší aplikaci ?

Závěrečné vyjádření

Na základě podrobného posouzení předložené disertační práce mohu konstatovat, že disertantka Mgr. Jana Urzová jednoznačně prokázala schopnost samostatně vědecky pracovat a doporučuji disertační práci k obhajobě.

V Praze, dne 11.5.2018

prof. Ing. Zdeněk Zelinger, CSc. - oponent práce

Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR
Dolejškova 3
182 23 Praha 8