

Oponentní posudek disertační práce

Uchazeč: ing. Stanislav Krátký

Název disertační práce: Kombinovaná elektronová litografie

Oponent: doc. RNDr. Petr Mikulík, Ph.D.

Pracoviště opointa: Ústav fyziky kondenzovaných látek, Přírodovědecká fakulta,

Masarykova univerzita, Brno

Ad a) Aktuálnost tématu disertační práce

Téma disertační práce je .

Komentář: Disertační práce ing. Stanislava Krátkého se věnuje pokročilé elektronové litografii pro přípravu difrakčních optických struktur. Elektronová litografie je intenzivně využívána pro přípravu (opto)elektronických součástek a optických prvků a proto výzkum a vývoj v této oblasti je zcela nezbytný pro jejich efektivní, rychlou, kvalitní a reprodukovatelnou výrobu. Zrychlení litografického procesu, ať už díky využití komplementárních vlastností litografických systémů, optimalizovanému softwarovému zpracování dat, nebo vývojem postupů pro nové typy ozařovaných rezistů/materiálů, vždy byly a budou aktuálními problémy této techniky, jejichž řešení vede ke zdokonalení přípravy vyspělejších (sub)mikrostruktur a nanostruktur.

Ad b) Splnění stanoveného cíle disertační práce

Cíl disertační práce byl .

Komentář: Cíle disertační práce jsou jednoznačně specifikovány v jejím abstraktu a úvodu. Byla vypracována technika kombinující dva litografické systémy pro zápis struktur na jednom substrátu. Byla důkladně testována možnost zrychlení celého procesu litografického zápisu úpravou vstupního bitmapového motivu. Byla vypracována technika přípravy hlubokých struktur přímým zápisem do bloku plexiskla. Uskutečněná experimentální i teoretická práce a sepsaná disertační práce, viz abstrakt a závěr této práce, prokazuje splnění všech tří dílčích stanovených cílů.

Ad c) Postup řešení problému a výsledky disertační práce s uvedením konkrétního přínosu doktoranda

Postup řešení problému a výsledky disertační práce jsou .

Komentář: Disertační práce byla realizována na Ústavu přístrojové techniky AV ČR ve skupině Elektronové litografie pod vedením doc. Vladimíra Kolaříka. Tato skupina má dlouholeté zkušenosti s využitím elektronové litografie pro nejrůznější aplikace a byla tudíž dobrou základnou pro realizaci úspěšného řešení dané problematiky. Doktorand využil maximum z hardwaru dvou různých elektronových litografů, zvládl jejich řídicí software i programy pro přípravu vstupních dat, připravil numerické i praktické experimenty pro ověření kvality vyrobených vzorků a vyhodnotil příslušná data. Doktorand ve své práci popsal velmi detailně postup řešení všech tří stanovených cílů a v závěru práce uvedený souhrn publikační aktivity též prokazuje schopnost prezentovat dosažené výsledky. Z výše uvedeného je zřejmé, že doktorand zvládl veškerou problematiku na vysoké úrovni, provedl velké množství experimentů a tyto srovnával i s počítačovými simulacemi. Pečlivě a objektivně analyzoval získané výsledky, což zde bylo nutné zejména při analýze obrazových dat vyrobených struktur tak, aby se předešlo pouhému subjektivnímu hodnocení.

Ad d) Význam pro praxi nebo rozvoj oboru

Význam pro praxi nebo rozvoj oboru je .

Komentář: Rozvoj elektronové litografie i příprava optických difrakčních prvků jsou aktuální témata v současném výzkumu a vývoji v optice i (opto)elektronice. Problematika řešená doktorandem má přímou návaznost na grantové projekty pracoviště školitele, díky čemuž byla v průběhu doktorského studia konfrontována s reálnými aplikacemi.

Ad e) Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň je .

Komentář: Disertační práce je psána česky, má 122 stran textu a 26 stran příloh. Typografická i jazyková úroveň je výborná, obrázky jsou zřetelné a správně popsány.

Ad f) Disertační práce splňuje podmínky uvedené v § 47 odst. 4 zákona

Disertační práce podmínky uvedené v § 47 odst. 4*) zákona č. 111/1998 sb. o vysokých školách .

Ad g) Prokázání tvůrčí schopnosti studenta v dané oblasti výzkumu a zda práce splňuje nebo nesplňuje požadavky standardně kladené na disertační práce v daném oboru.

Doktorand tvůrčí schopnosti v dané oblasti výzkumu a práce
požadavky standardně kladené na disertační práce v daném oboru.

Komentář: Předložená disertační práce je velmi kvalitní a jednoznačně prokazuje tvůrčí schopnosti a přehled doktoranda v oboru elektronové litografie.

Celkové hodnocení:

Ing. Stanislav Krátký během doktorského studia získal velmi dobré praktické i teoretické zkušenosti a výsledky v oblasti využití a rozvoje elektronové litografie pro přípravu optických difrakčních struktur. Dizertační práce splnila stanovené cíle, je zpracována na adekvátní odborné úrovni, zkrácená verze práce odpovídá formálním požadavkům na teze, autor publikoval výsledky své práce a proto souhlasím s udělením akademického titulu Ph.D.

Otázky oponentů:

1. Kombinovaná litografie v prvním tématu práce je realizována pomocí dvou litografů s různými vlastnostmi zápisu. V závěrečné diskusi na str. 55 je pak naznačeno, že vhodnějším by mohlo být využití zařízení jediného. Mohl byste stručně porovnat obě možnosti a doplnit je náhledem na to, jaké (komerční) zařízení by bylo pro kombinovanou litografii ideální?
2. V kapitole 1.5 v části věnované difrakčním vlastnostem difrakčních optických prvků (DOE) není zmíněno, co se myslí užitečnými, žádoucími a parazitními difrakčními řádů. Nebylo by vhodnější v sumačních vzorcích označit jejich intenzity dalším indexem, protože zápis I_j s celočíselným indexem označuje vždy všechny difrakční řády?
3. V kapitole 1.5 v části věnované návrhům DOE je zmíněn algoritmus pod obecným označením inverzní Fourierova transformace. Jedná se o Gerchbergův–Saxtonův algoritmus, který se používá např. při fázové rekonstrukci v koherentním zobrazování?
4. V kapitole 3.2 se řeší optimalizace sestavy lichoběžníků pro expoziční data v závislosti na rozlišení vstupní bitmapy. Jedná se vlastně o parametrizaci hranice objektů polynomy prvního řádu. Dá se očekávat, že vstupní bitmapa je generována z vektorového popisu požadovaného vzoru, kdy hranice objektů jsou parametrizovány polynomy vyššího řádu. Nebylo by možné generovat přímo tuto optimalizovanou sestavu lichoběžníků bez mezikroku s bitmapou, a tu poté předhodit programu pro přípravu expozičních dat daného litografu?

Disertační práci k obhajobě ☒ **doporučuji** ☐ **nedoporučuji.**

Dne: 21.03.2021

Podpis: