

Oponentní posudek diplomové práce

Autor práce: Bc. Martin Bielač

Název práce: Příprava, měření a manipulace polarizace světla pomocí kapalných krystalů

V předložené diplomové práci autor zkoumá transformace polarizačních stavů optického záření pomocí nematických kapalných krystalů. Jádrem práce spočívá v návrhu a důkladném experimentálním otestování zařízení sestávajícího z trojice nematických krystalů, což umožňuje realizovat přípravu požadovaného polarizačního stavu z fixního vstupního stavu. Současně lze toto zařízení také použít pro analýzu polarizačního stavu světla a v kombinaci s fixním polarizačním děličem realizovat projekce na různé polarizační stavy. Práce navazuje na předchozí studie na toto téma a úspěšně je dále rozvíjí směrem k zařízení, které bude možné používat v komplexních experimentech v oblasti kvantové optiky a optického kvantového zpracování informace. Jednou z důležitých výhod tekutých krystalů oproti vlnovým destičkám je vyšší rychlost se kterou lze nastavovat jednotlivé stavy či měřící báze. Autor konkrétně uvádí až osminásobné zrychlení oproti použití vlnových destiček umístěných do rychlých elektronicky ovládaných rotačních montáží.

Práce je psaná anglicky, má jasnou a přehlednou strukturu a v textu je jen minimum gramatických chyb. Po krátkém úvodu se autor ve druhé kapitole práce věnuje teoretickému popisu kapalných krystalů se zaměřením na zkroucené nematické kapalné krystaly, jež jsou použité v experimentech. Protože analytický model nepopisuje transformaci polarizačního stavu dostatečně přesně, bylo k charakterizaci krystalů použitých v experimentech využito metody strojového učení a neuronových sítí, což vede ke snížení chyb a přesnější přípravě stavů či volbě měřící báze. Ve třetí kapitole prezentuje autor hlavní výsledky práce, experimentálně demonstruje přípravu velkého množství různých polarizačních stavů a prakticky je ukázáno, že zařízení lze použít pro tomografickou charakterizaci polarizačního stavu světla. Čtvrtá kapitola se zabývá problematikou porovnání různých schémat pro tomografickou charakterizaci polarizačního stavu jednoho fotonu. Navržený experiment ovšem nebyl realizován, ale pouze simulován.

Předložená práce je kvalitně zpracovaná a obsahuje nové zajímavé výsledky, které jistě naleznou další uplatnění při experimentálním výzkumu na katedře optiky PŘF UP i v dalších laboratořích. K práci mám několik připomínek a dotazů:

- 1) Autor by měl detailněji specifikovat, jaké zdroje optického záření a detektory použil při svých experimentech. Bylo měření prováděno na klasickém signálu nebo i s jednofotonovými stavy a detektory? Jaká byla vlnová délka použitého záření a jaká byla doba měření?
- 2) V práci chybí alespoň stručná informace o použité metodě modelování sekvence nematických krystalů pomocí strojového učení a neuronových sítí. Toto je dáno tím, že zde byly využity výsledky studenta D. Vašíčky, který tuto problematiku řeší v rámci své bakalářské práce. Nicméně by bylo vhodné čtenáři poskytnout alespoň základní informace o těchto technikách.
- 3) Lze na základě získaných dat rozhodnout, do jaké míry je zkonstruované zařízení univerzální? Je možné s pomocí sestaveného polarizačního kontroleru z daného (libovolného) polarizačního stavu připravit jiný libovolný polarizační stav? Nebo existují určité dvojice vstupních a výstupních stavů, pro něž tuto transformaci nelze implementovat? Obecněji: dokáže sestavené zařízení realizovat libovolnou transformaci polarizačního stavu z grupy $SU(2)$, nebo jsou některé transformace nerealizovatelné? Lze případně rozšířit rozsah implementovatelných transformací přidáním dalšího tekutého krystalu?

- 4) Realizované schéma se třemi shodně orientovanými tekutými krystaly je výsledkem optimalizace, kdy bylo uvažováno několik různých konfigurací. Autor by měl konkrétněji specifikovat, jaké konfigurace byly při optimalizaci uvažovány.
- 5) Autor by měl upřesnit definici veličiny MSE v kapitole 4.2, protože obecně lze očekávat, že chyba (či neurčitost odhadu) bude klesat s rostoucím počtem měření a v limitě nekonečného počtu měření se bude blížit k nule. Vzorce (4.2) až (4.4) však žádnou explicitní závislost na počtu měření neobsahují.
- 6) Na str. 25 autor uvádí, že pokud měření (na jednom qubitu) má více než 4 výstupy, pak se jedná o informačně přeuročené měření. Což znamená, že z výsledků takového měření lze plně a jednoznačně zrekonstruovat měřený kvantový stav. Opravdu toto platí zcela obecně, nebo mohou existovat kvantová měření na jednom kvantovém bitu, která budou mít více než 4 výsledky a přesto nebudou informačně úplná?
- 7) Na str. 21 autor zmiňuje, že pokles čistoty pro levotočivou kruhovou polarizaci může být způsoben použitím nevhodného napětí na tekutém krystalu. Jak je v práci ukázáno, napětí ovlivňuje propustnost krystalu, avšak ztráty samy o sobě nevedou ke snížení čistoty polarizačního stavu. Mohl by autor tento bod blíže komentovat?
- 8) Na str. 19 je uvedeno, že byl připravený smíšený stav s čistotou 0.50005. Opravdu bylo dosaženo takovéto přesnosti při charakterizaci stavu? Jaká je statistická neurčitost naměřené čistoty stavu? Je tento výsledek opakovatelný?
- 9) Práce obsahuje několik překlepů a gramatických chyb. Zde uvádím jen dva překlapy v nadpisech: 2.1.1 „dislay“ místo „display“; 3.1 “loquid” místo “liquid”.

Závěrem konstatuji, že předložená práce splňuje veškeré požadavky kladené na diplomovou práci. Práci doporučuji k obhajobě a pokud autor úspěšně zodpoví na výše uvedené otázky, pak navrhuji hodnotit práci známkou **A**.

V Olomouci dne 12. 5. 2019

Prof. Mgr. Jaromír Fiurášek, Ph.D.