

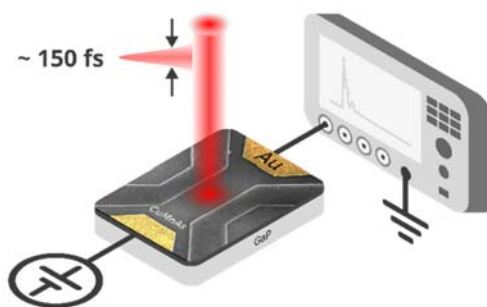
Optimalizace experimentu pro studium ultrarychlých magnetických pamětí pomocí laserových pulsů

Vedoucí: prof. Petr Němec (petr.nemec@matfyz.cuni.cz), KCHFO

Konzultant: Bc. Julie Strihavková (julie.strihavkova@seznam.cz), KCHFO

Současná elektronika, která je založená na přenosu náboje elektronu, brzy narazí na své technické limity, které jsou vyvolané nemožností neustále zmenšovat rozměry tranzistorů. Nejslibnější alternativou, která umožní i nadále zvyšovat výpočetní výkon elektronických zařízení je spintronika, což je podobor elektroniky využívající kromě náboje elektronu i jeho spin [1]. Nicméně, pro vývoj elektronických součástek nové generace je potřeba vyvinout a optimalizovat i nástroje pro jejich studium. Jednou z velice slibných experimentálních technik pro tento moderní výzkum je laserová spektroskopie, kde se pro studium a vizualizaci magnetického uspořádání ve zkoumaných materiálech využívají ultrakrátké laserové pulzy (viz. obrázek), čímž se na Matematicko-fyzikální fakultě dlouhodobě zabýváme v Laboratoři OptoSpintroniky [2]. Na podzim roku 2023 byl nám a našim partnerům z Fyzikálního ústavu AV ČR a Vysokého učení technického v Brně na podporu tohoto výzkumu udělen veliký výzkumný projekt TERAFIT [3], v rámci kterého dojde v letech 2024 a 2025 k zásadnímu upgradu našeho přístrojového vybavení používaného pro tento výzkum. Náplní tohoto projektu je vyřešit jeden konkrétní dílčí problém, který s přechodem na nejmodernější laserové zesilovače souvisí – je potřeba nalézt optimální způsob používání (resp. zapojení) detektorů světla pro femtosekundové laserové pulsy s opakovací frekvencí 100 kHz, což je frekvence, s jakou tyto laserové systémy generují světelné pulsy.

Během řešení tohoto projektu se uchazeč nejdříve seznámí se způsobem ovládání nejmodernějšího laseru Pharos a bude se podílet na stavbě experimentálního uspořádání, které umožní studovat vlastnosti různých detektorů po osvětlení femtosekundovými laserovými pulsy. Následně samostatně provede měření několika detektorů při různých zapojeních a tato měření vyhodnotí. Tento projekt je vhodný pro studenty 1. i 2. ročníku. Je také ideální startovací pozicí pro případnou experimentálně orientovanou bakalářskou práci ve špičkově vybavené laserové laboratoři zaměřené na velice aktuální vědeckou problematiku.



Obr. 1: Schematické znázornění studia prototypu ultrarychlé magnetické paměti pomocí femtosekundových laserových pulzů, které provádíme v Laboratoři OptoSpintroniky [2] v rámci projektu TERAFIT [3].

Literatura

[1] P. Němec: Cesta ke spinovému tranzistoru, Sdělovací technika 6, 5 (2012).

[2] <https://www.mff.cuni.cz/cs/kchfo/ooe/vyzkum/spintronika>

[3] <https://www.fzu.cz/aktuality/teraferoika-pro-ultravysokou-kapacitu-rychlost-energetickou-uspornost-informacich>

Vývoj prototypu luminiscenčního zdroje světla pro pulsní osvětlení v mikroskopii

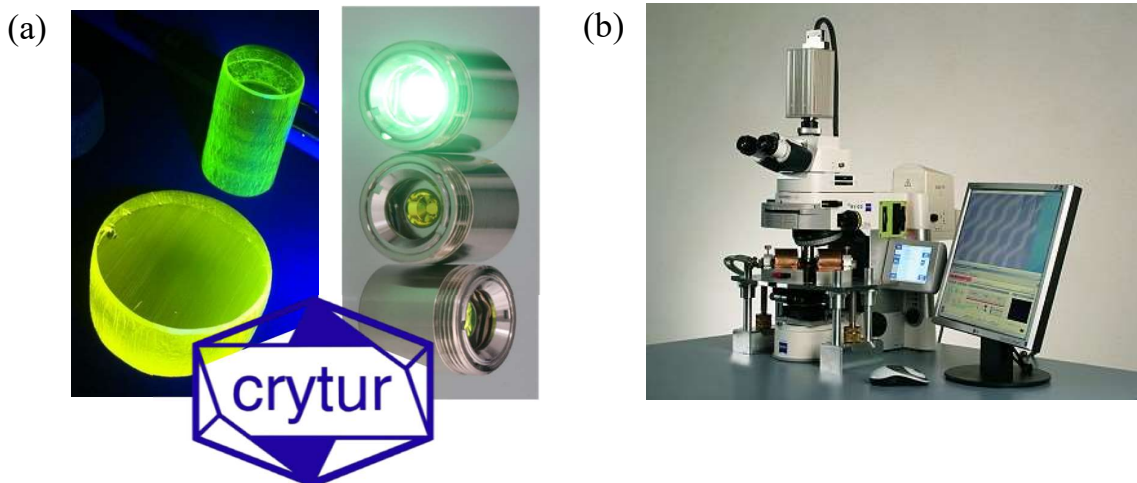
Vedoucí: RNDr. Eva Schmoranzarová, Ph.D.

Konzultant: Bc. Filip Chudoba

Vývoj intenzivních zdrojů osvětlení je klíčové pro mnoho odvětví průmyslu i výzkumu, ať již v oblasti automobilového či zábavního průmyslu, nebo pro pokročilé zobrazovací metody v mikroskopii. Na našem oddělení se ve spolupráci s firmou *CRYTUR s.r.o.* podílíme na vývoji nového typu osvětlovacího zdroje s patentovanou technologií *MonaLIGHT* [1]. Tyto osvětlovací moduly jsou založeny na principu laserem buzené luminiscence v dopovaných granátech (např. LuAG:Ce). Luminofor je vybroušen do tvaru paraboloidu, který umožňuje koncentraci vyzářeného světla. Moduly tak mají výrazně lepší parametry svazku (divergence, světelný výkon) než běžně používané pole LED diod. [2]

Další zásadní výhodou zdrojů ze série *MonaLIGHT* je možnost generace krátkých optických pulsů nekoherentního světla, které jsou zásadní pro časově rozlišené zobrazování v mikroskopii [3]. U konvenčních LED diod je obtížné tohoto pulsního režimu dosáhnout kvůli dlouhé relaxační době používaných luminoforních materiálů, i vzhledem k jejich vysokému vnitřnímu odporu.

Cílem tohoto projektu bude první testování pulsního režimu zdrojů *MonaLIGHT* od firmy *CRYTUR s.r.o.* Zdroje budou čerpány pomocí krátkých elektrických pulsů o délce do 50 nanosekund. Světelná odezva bude detekována pomocí rychlých lavinových diod, a v případě potřeby také pomocí tzv. streak kamery, která umožňuje měření optických pulsů s přesností stovek pikosekund. V případě zájmu je projekt možné rozšířit a studovat další parametry pulsních modulů, např. závislost časové odezvy na intenzitě čerpání.



[1] <https://www.crytur.com/products/monalight-next-generation-modular-narrow-angle-light/>

[2] MILLER, Vojtěch. Laserem excitované luminofory. Liberec, 2020, Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci

[3] A. Hubert and R. Schöfer. Magnetic Domains: The Analysis of Magnetic Microstructures. Springer, 1998.

Pokročilé vylepšenie experimentálneho usporiadania k optickému štúdiu pevných látok

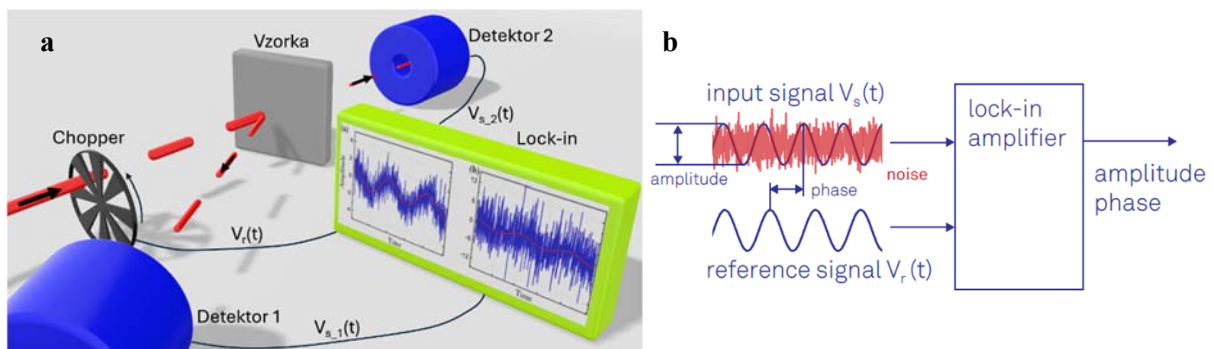
Vedúci: prof. Petr Němec (petr.nemec@matfyz.cuni.cz), KCHFO

Konzultant: Mgr. Jozef Kimák (jozef.kimak@matfyz.cuni.cz), KCHFO

Jednou z najčastejších experimentálnych techník, ktoré sa využívajú k skúmaniu fyziky pevných látok je analyzovanie interakcie svetla a danej vzorky materiálu. Zmena intenzity alebo polarizačného stavu laserového zväzku po prechode/odraze nám môže poskytnúť cenné informácie napr. o magnetickom stave skúmaného materiálu, jeho vodivosti, homogenite, atď. Z tohto dôvodu je nevyhnutné mať možnosť experimentálne stanoviť vlastnosti laserového zväzku s vysokou presnosťou.

V dnešnej dobe patrí kombinácia mechanického prerušovača (choppera) laserového zväzku, detektora a tzv. fázovo-citlivého zosilňovača (lock-inu) k najbežnejším spôsobom detekcie svetla v optických laboratóriách [1]. Chopper slúži k intenzitnej modulácii laserového zväzku na nami zvolenej, tzv. referenčnej frekvencii. Na druhom konci je lock-in, ktorý prijíma všetky signály prichádzajúce z detektora (Obr. 1a). V nich sa nachádza, okrem nášho laserového zväzku, aj celá škála ďalších parazitných signálov, ktoré označujeme ako šum (Obr. 1b). Výhoda lock-inu je práve v jeho schopnosti dokázať z týchto signálov extrahovať ten na referenčnej frekvencii a ostatné do značnej miery potlačiť.

Cieľom tohto projektu je optimalizovať detekčnú časť optického usporiadania v Laboratóri OptoSpintroniky z hľadiska jej následného využitia pre magneto-optické merania. V prvej časti tohto projektu sa študent/ka zoznami s faktormi vplyvujúcimi na veľkosť šumu v jednoduchom usporiadaní s jedným lock-inom a chopperom [1,2]. Preskúmame citlivosť nášho usporiadania, možné zdroje šumov a spôsoby ako ich jednoducho potlačiť. V druhej časti projektu sa pokúsime o sofistikovanejší spôsob potlačenia šumu zapojením dvojice lock-inov. V prípade záujmu bude možné tento projekt rozšíriť o štúdium magneticky usporiadaných materiálov metódami magneto-optiky využívajúc takto vylepšené experimentálne usporiadanie.



Obr. 1: **a** – Detekcia svetla po odraze od a prechode cez vzorku pomocou chopperu a lockinu. **b** – Schéma funkcie lock-inu. [2]

Zoznam literatúry:

[1] J. Kunc, Dynamika nosičů náboje v CdTe, Diplomová práce, MFF UK, Prague, 2006

[2] <https://www.analogictips.com/understanding-lock-in-amplifier-part-2-homodyne-solution-faq/>

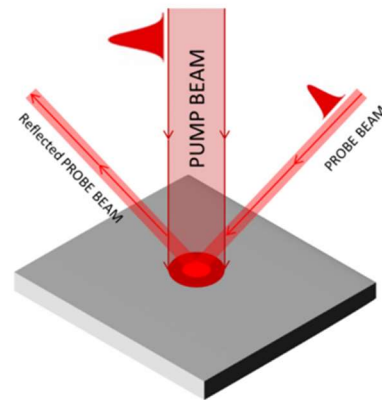
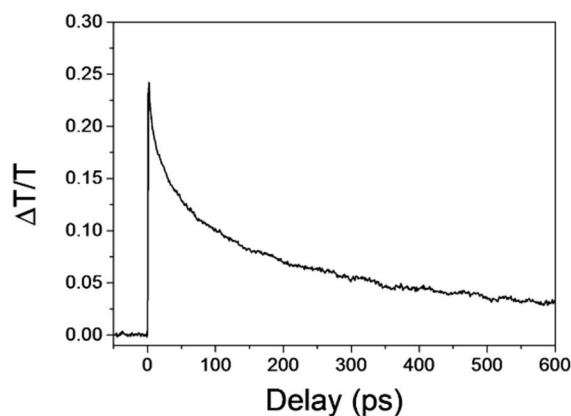
Balancing detectors for noise cancelling in ultrafast laser spectroscopy experiments

Supervisor: Zeynab Sadeghi (zeynab.sadeghi@matfyz.cuni.cz)

Consultant: Eva Schmoranzeroва (eva.schm@karlov.mff.cuni.cz)

In our Laboratory of Opto-Spintronic (LOS), light is used to study ultrafast spin dynamics in magnetic materials. In the so-called “pump&probe” methods, we are exciting magnetic sample with a strong laser pulse (pump) of a duration of only 100fs, triggering non-equilibrium spin dynamics. The dynamics is then studied using weaker “probe” pulses, time-delayed with respect to the “pump” beam. Both pump and probe beams are spatially and temporally overlapped on the sample.

In our particular experimental settings, the pump-induced spin dynamics is studied by means of time-resolved magneto-optics, which requires extremely sensitive detection of changes of polarization state of the probe beam. For this purpose, a special detection scheme – an optical bridge – is implemented which contains two crucial components. Firstly, the *photodetectors* are to detect the light from the sample and to transfer it to an electronic signal readable by a computer. Secondly, a differential preamplifier serves to subtract signals from two detectors to record small changes in the optical bridge while cancelling optical and electronic noise. Up to now, we have been using home-made preamplifiers and detectors. Recently we have purchased a highly sensitive balanced detector from Thorlabs that promises a better sensitivity and higher signal-to-noise ratio. These new systems now need to be tested in a real experiment and find its ultimate working conditions, which is an objective of this student project.



[1] M. Surýnek, L. Nádvorník, E. Schmoranzeroва, and P. Němec, *Quasi-nondegenerate pump-probe magneto-optical experiment in GaAs/AlGaAs heterostructure based on spectral filtration*, New J. Phys. 22, 093065 (2020).