ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Dálkové měření vzdálenosti pomocí laserového paprsku (LiDAR)

Fakulta Jaderná a Fyzikálne Inženýrská, ČVUT

Eliška Gregorová (American Academy in Prague – AAO, Kloboučnická 1425/13 140 00 Praha 4 - Nusle),

Lubomír Kovárik (Obchodní Akademie Lysá nad Labem, Komenského 1538, 289 22)

Zdeněk Rychlý (Gymnázium Otokara Březiny a Střední Odboorná škola Telč, Hradecká 235, 588 56)

Odborní garant: Ing. Kryštof Kadlec, Katedra laserové fyziky a fotoniky

Dálkové měření vzdálenosti (LiDAR) s využitím mikročipového laseru

Technologie LiDAR (Light Detection and Ranging)

- **Aktivní metoda dálkového průzkumu a měření vzdálenosti.**
- **Využití v autonomních systémech, precizní geodézii a meteorologii.**

Princip měření „Time-of-Flight" (ToF)

- **Měření doby letu extrémně krátkého laserového impulzu k objektu a zpět.**
- **Vzdálenost s je určena vztahem: $s = \frac{c \cdot \Delta t}{2}$ (kde c je rychlost světla a Δt naměřený čas).**

Výhody Q-spínaných laserů pro LiDAR

- **Schopnost generovat nanosekundové impulzy o vysokém špičkovém výkonu (v řádech kW).**
- **Vysoká prostorová přesnost díky krátké délce impulzu.**

Bezpečnostní aspekt (Eye-safety)

- **Práce v oblasti vlnové délky $1338\ nm$.**
- **Záření je silně absorbováno v očním sklivci a vodě, čímž nedochází k poškození sítnice.**
- **Klíčová vlastnost pro praktické nasazení v obydlených oblastech a dopravě.**

Cíl projektu

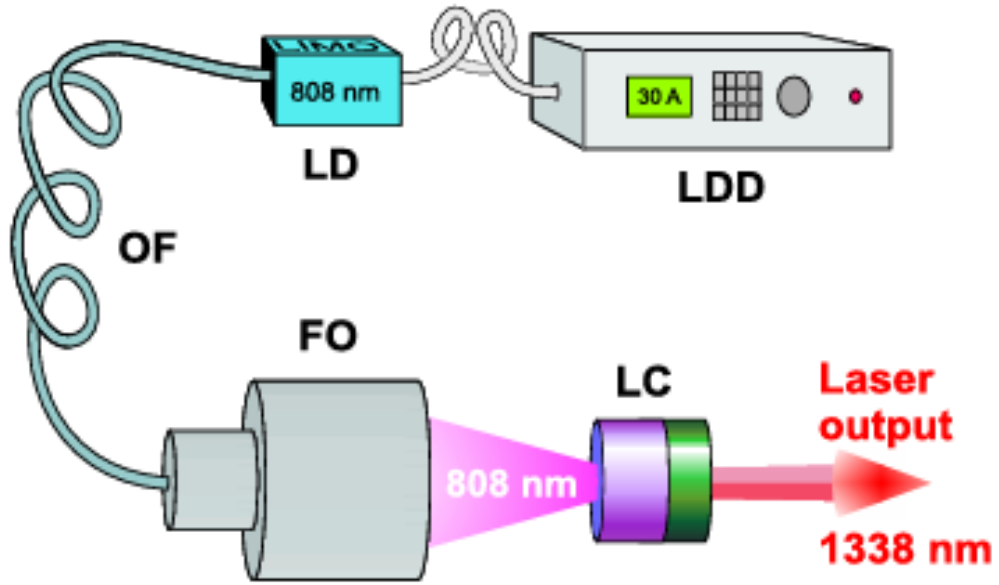
- **Ověření funkčnosti jednoduchého modelu LiDARu s kompaktním mikročipovým zdrojem záření.**

ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Praktické využití technologie LiDAR

- Autonomní doprava a robotika
- Geodézie a kartografie
- Archeologie
- Meteorologie a ekologie
- Spotřební elektronika
- Průmyslová automatizace

Experimentální uspořádání a parametry laseru



Metodika a realizace měření

Princip „Time-of-Flight“ v praxi

- **Základem je měření časové prodlevy Δt mezi vyslaným a přijatým signálem.**
- **Vzhledem k rychlosti světla vyžaduje toto měření extrémně rychlou detekční techniku a krátké laserové impulzy ($2\ ns$).**

Optická cesta impulzu

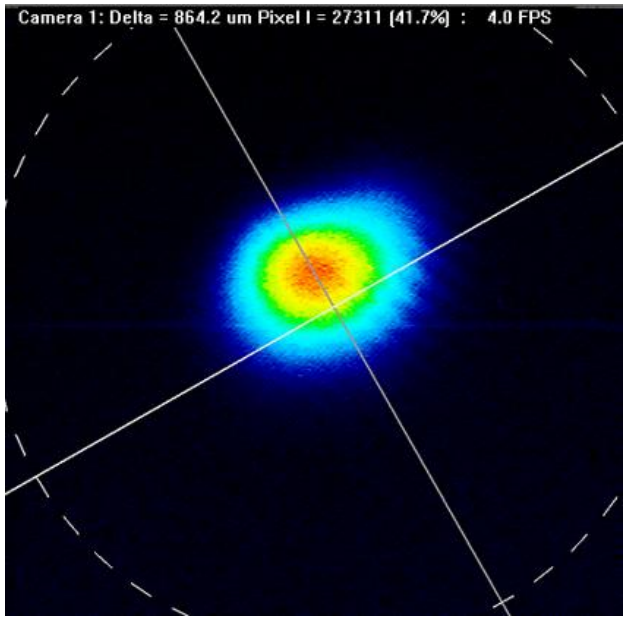
- **Generace: Mikrochipový laser Nd:YAG/V:YAG vyšle krátký záblesk o vlnové délce $1338\ nm$.**
- **Dělení svazku: Pomocí děliče svazku (beam splitter) je impulz rozdělen na dvě části v poměru energie – referenční a měřící signál.**

Zpracování dat na osciloskopu

- **Vzdálenost vrcholů odpovídá času, za který světlo urazilo dráhu k objektu a zpět.**

Analýza naměřených dat a výsledky

- **Dosáhli jsme úctyhodných** 58 ***kW*.**
- **Čím kratší impulz, tím lépe lze definovat čas jeho návratu.**
- **Měření proběhlo v rozsahu od** 76 ***cm*** **až po** 425 ***cm*.**
- **Vysoká korelace: Mezi naměřenou a vypočítanou vzdáleností je minimální odchylka, což potvrzuje vysokou spolehlivost nastavené metody.**
- **Data ukazují, že systém lineárně reaguje na změnu vzdálenosti, což dokazuje správné nastavení detekčního řetězce (fotodiody a osciloskopu).**



ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

(popis)	měř. vzdálenost [cm]	časový rozdíl [ns]	vypoč. vzdálenost [cm]		proud LD [A]:	8.7	
	76	5	75		střední výkon [mW]:	0.7	
	106	7	105		energie impulzu [uJ]	70	
	163	10.5	158		doba trvání impulzu [ns]:	1.2	FWHM
	238	15.2	228		špičkový výkon [kW]:	58	
	360	23.3	350				
ke zdi	425	28	420				

ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Závěry z měření:

- **Úspěšně jsme demonstrovali, že mikročipový Q-spínaný laser Nd:YAG/V:YAG je vysoce efektivním zdrojem pro systémy LiDAR.**
- **Naměřená lineární závislost mezi časovým zpožděním a vzdáleností potvrdila stabilitu a spolehlivost celého měřicího řetězce.**
- **Navzdory vysokému výkonu zůstává provoz bezpečný pro lidské oko díky vlnové délce ´která je pohlcena v přední části oka (sklivec, rohovka), čímž je chráněna citlivá sítnice.**
- **Extrémně krátká doba trvání impulzu umožňuje velmi přesné časové ohraničení odrazu, což minimalizuje chybu měření.**

+

ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Děkujeme za pozornost

Speciální podekování patří Ing. Kryštofovi Kadlecovi za jeho čas, ochotu, a přátelský přístup.

FJFI a specificky KLFF za tuto možnost a poskytnuté priestory na realizování našeho projektu.

Ondřejovi Kořistkovi a jeho tímu za organizaci Týdne Vědy na Jaderce.