



Pasívne optické siete na čipe

Školiteľ: Ing. Daniel Benedikovic, PhD.

Telefón

+421 41 513 2227

E-mail

daniel.benedikovic@uniza.sk

Web-stránka

<https://optolab.feit.uniza.sk/>

Študijný odbor: Informatika

Study field: Informatics

Študijný program: Telekomunikácie

Study programme: Telecommunications

Výskumná skupina: Laboratórium integrovanej fotoniky a optických komunikácií

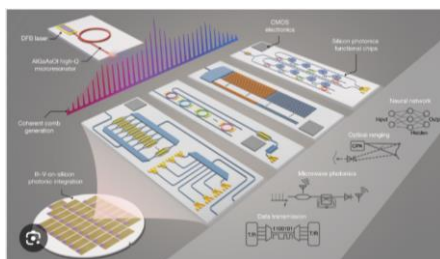


Anotácia výskumnej práce:

Cieľom dizertačnej práce je výskum a vývoj pokročilých zariadení pre pasívne optické siete budúcej generácie s využitím technológií integrovanej fotoniky. V práci sa budú rozvíjať nové návrhy a riešenia multi-úrovňových fotonických integrovaných komponentov pre inteligentný manažment výkonových a spektrálnych zdrojov pasívnej optickej siete s ultimátnym cieľom zlepšenia integrity signálu, zníženia vložných strát, zvýšenia prenosovej kapacity systému a zníženia spotreby energie.

Téma výskumnej práce:

Cieľom dizertačnej práce je výskum a vývoj pokročilých fotonických zariadení určených pre pasívne optické siete (PON – Passive Optical Networks) budúcej generácie, a to s dôrazom na aplikáciu technológií integrovanej fotoniky. Rýchly rast objemu prenášaných dát, potreba vysokorýchlostného pripojenia a snaha o udržateľný rozvoj sieťovej infraštruktúry si vyžadujú nové prístupy k návrhu optických distribučných sietí. V tejto súvislosti sa práca zameriava na vývoj nových typov multi-úrovňových fotonických integrovaných komponentov (napr. výkonové rozbočovače, spektrálne multiplexery, vlnovodové filtre a smerovače), ktoré umožnia inteligentný manažment výkonových a spektrálnych zdrojov v rámci siete.



Obr. 1: Pasívne integrované obvody pre optické distribučné siete implementované na čipe

Hlavnou výzvou je optimalizácia funkčných vlastností týchto komponentov tak, aby sa minimalizovali vložné straty, maximalizovala priepustnosť a zároveň sa zabezpečila vysoká integrita signálu v celom optickom prenosovom reťazci. Navrhované riešenia budú smerovať k výraznému zvýšeniu prenosovej kapacity systému pri zachovaní alebo znížení energetickej náročnosti, čo je kľúčové pre moderné a ekologicky udržateľné komunikačné siete. Dizertačná práca tiež skúma potenciál integrovanej fotoniky pre adaptívne a rekonfigurovateľné siete, ktoré dokážu dynamicky reagovať na meniace sa požiadavky koncových používateľov a prevádzkové podmienky.

Výskumná časť dizertácie zahŕňa návrh, simuláciu a experimentálnu validáciu prototypových komponentov, s využitím moderných nástrojov pre návrh fotonických integrovaných obvodov (PIC – Photonic Integrated Circuits), ako aj technológií založených na kremíku a alternatívnych



materiálových platformách (napr. SiN, InP). Osobitná pozornosť bude venovaná technológiám zlučujúcim výhody rôznych materiálov a umožňujúcim hybridnú integráciu.

Výsledky tejto práce prispievajú k efektívnejšiemu návrhu optických prístupových sietí, čím sa otvárajú nové možnosti pre širokopásmové a energeticky efektívne telekomunikačné riešenia. Práca má ambíciu vytvoriť technologický základ pre nasadenie ďalšej generácie PON infraštruktúr, ktoré budú schopné plniť požiadavky inteligentných miest, IoT a budúcich digitálnych služieb.

Výskumné aktivity:

- teoretické štúdium a optické simulácie (s využitím komerčných nástrojov) pre optimalizáciu kľúčových fotonických zariadení
- definovanie výrobných postupov a vlastných návrh zariadení, ktoré sú kompatibilné s dostupnými výrobnými procesmi
- príprava a optimalizácia litografických masiek pre výrobu zariadení
- testovanie a optická charakterizácia vyrobených zariadení na meracej platforme vyvinutej vo výskumnej skupine

Aktivity výskumnej práce sú realizované v blízkej spolupráci s medzinárodnými partnermi: NRC, Kanada a C2N, Francúzsko

Profil študenta a kvalifikačné predpoklady:

Vhodní uchádzači musia mať ukončené a dosiahnuté vysokoškolské vzdelanie 2. stupňa v odbore fyzika, telekomunikácia/elektrotechnika alebo podobnom odbore pôsobenia

Vysoko hodnotené je inžinierske, magisterské štúdium v oblasti optiky a nanotechnológií

Znalosti a skúsenosti s integrovanou optikou, prácou v laboratóriu ako aj so simulačnými nástrojmi sú výhodou.

Silná motivácia a zvedavosť pre vedu a výskum

Kreativita a pro-aktivita v hľadaní inovatívnych riešení a prístupov

Zdatné písomné a ústne komunikačné zručnosti v angličtine

Ochota cestovať a pôsobiť v medzinárodnom prostredí

Financovanie PhD. projektu:

Názov projektu: Multiband photonic integrated library for quantum-optical systems (MIRAQLE)

Schéma podpory: Národný plán obnovy a odolnosti Slovenskej republiky: Štipendiá pre excelentných výskumníkov a výskumníčky R2-R4, 09I03-03-V04-00410

Doba realizácie: 07/2024 – 08/2026

Referencie:

[1] The Future of Passive Optical Networks. Available: <https://effectphotonics.com/insights/the-future-of-passive-optical-networks/>

[2] Rodrigues, F.; Rodrigues, C.; Santos, J.; Rodrigues, C.; Teixeira, A. Photonic Integrated Circuits for Passive Optical Networks: Outlook and Case Study of Integrated Quasi-Coherent Receiver. Photonics 2023, 10, 182. <https://doi.org/10.3390/photonics10020182>

[3] Pablo Rafael Neves Marciano, Diogo Vieira Nogueira Coelho, Maria José Pontes, and Marcelo Eduardo Vieira Segatto, Analysis of a photonic integrated circuit for passive optical network for 5G NR, Applied Optics Vol. 62, Issue 8, pp. C71-C79 (2023)



Passive optical networks on a chip

Supervisor: Ing. Daniel Benedikovic, PhD.

Phone

+421 41 513 2227

E-mail

daniel.benedikovic@uniza.sk

Web-page

<https://optolab.feit.uniza.sk/>

Study field: Informatics

Study programme: Telecommunications

Research group: Laboratory of integrated photonics and optical communications

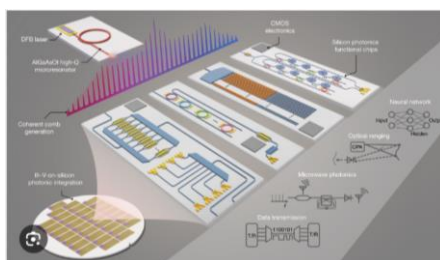


Research abstract:

The aim of the dissertation is the research and development of advanced devices for next-generation passive optical networks using integrated photonics technologies. The work will develop new designs and solutions of multi-level photonic integrated components for intelligent management of power and spectral resources of passive optical networks with the ultimate goal of improving signal integrity, reducing insertion losses, increasing system transmission capacity and reducing energy consumption.

Research topic:

The aim of the dissertation is the research and development of advanced photonic devices for next-generation passive optical networks (PONs), with an emphasis on the application of integrated photonics technologies. The rapid growth of the volume of transmitted data, the need for high-speed connectivity, and the pursuit of sustainable development of network infrastructure require new approaches to the design of optical distribution networks. In this context, the work focuses on the development of new types of multi-level photonic integrated components (e.g. power splitters, spectral multiplexers, waveguide filters, and routers) that will enable intelligent management of power and spectral resources within the network.



Obr. 1: Passive integrated circuits for optical distribution networks implemented on a chip

The main challenge is to optimize the functional properties of these components in order to minimize insertion losses, maximize throughput, and ensure high signal integrity throughout the entire optical transmission chain. The proposed solutions will aim to significantly increase the transmission capacity of the system while maintaining or reducing energy consumption, which is key for modern and environmentally sustainable communication networks. The dissertation also explores the potential of integrated photonics for adaptive and reconfigurable networks that can dynamically respond to changing end-user requirements and operating conditions.

The research part of the dissertation includes the design, simulation, and experimental validation of prototype components, using modern tools for the design of photonic integrated circuits (PICs), as well as technologies based on silicon and alternative material platforms (e.g. SiN, InP). Special



attention will be paid to technologies combining the advantages of different materials and enabling hybrid integration.

The results of this work will contribute to a more efficient design of optical access networks, opening up new possibilities for broadband and energy-efficient telecommunications solutions. The work aims to create a technological basis for the deployment of the next generation of PON infrastructures that will be able to meet the requirements of smart cities, IoT and future digital services.

Research project activities:

- theoretical study and optical simulations (using commercial tools) for optimization of key photonic devices
- definition of manufacturing procedures and custom design of devices that are compatible with available manufacturing processes
- preparation and optimization of lithographic masks for device fabrication
- testing and optical characterization of fabricated devices on a measurement platform developed in the research group

Research activities are carried out in close cooperation with international partners: NRC, Canada and C2N, France

Student profile and qualification requirements:

Suitable candidates must have completed and achieved a 2nd degree in physics, telecommunications/electrical engineering or a similar field

An engineering or master's degree in optics and nanotechnology is highly valued

Knowledge and experience with integrated optics, laboratory work as well as simulation tools are an advantage.

Strong motivation and curiosity for science and research

Creativity and pro-activity in finding innovative solutions and approaches

Proficient written and oral communication skills in English

Willingness to travel and work in an international environment

PhD project funding:

Project name: Multiband photonic integrated library for quantum-optical systems (MIRAQLE)

Support scheme: National Recovery and Resilience Plan of the Slovak Republic: Scholarships for excellent researchers R2-R4, 09I03-03-V04-00410

Realization period: 07/2024 – 08/2026

Referencie:

[1] The Future of Passive Optical Networks. Available: <https://effectphotonics.com/insights/the-future-of-passive-optical-networks/>

[2] Rodrigues, F.; Rodrigues, C.; Santos, J.; Rodrigues, C.; Teixeira, A. Photonic Integrated Circuits for Passive Optical Networks: Outlook and Case Study of Integrated Quasi-Coherent Receiver. *Photonics* 2023, 10, 182. <https://doi.org/10.3390/photonics10020182>

[3] Pablo Rafael Neves Marciano, Diogo Vieira Nogueira Coelho, Maria José Pontes, and Marcelo Eduardo Vieira Segatto, Analysis of a photonic integrated circuit for passive optical network for 5G NR, *Applied Optics* Vol. 62, Issue 8, pp. C71-C79 (2023)