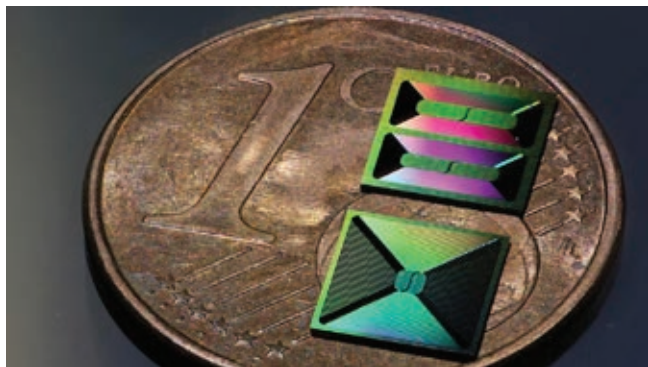


## » S fotonskim čipom, koji omogućuje pojačavanje svjetlosti do stabilnijeg informacijskog društva

**Jernej Kovač** Znanstvenici iz švicarskog saveznog instituta EPFL su razvili fotonske integrirane pločice, koje su pokazale novo načelo pojačavanja svjetlosti na silicijskom čipu. To je moguće primijeniti za optičke signale, koji se primjenjuju u lidarima, pojačalima za preookeanska vlakna ili telekomunikacijama u podatkovnim centrima.

S otkrićem su dokazali potencijal parametarskih pojačala na osnovi fotonskih integriranih pločica. One imaju litografski kontroliran spektar pojačanja, kompaktnu površinu, otpornost na optičke povratne informacije i kvantno ograničeno djelovanje, a mogu djelovati u području valnih duljina od vidljive do srednje infracrvene i izvan uobičajenih pojasnih širina pojačanja elemenata rijetkih zemlji.

Mogućnost postizanja kvantno ograničenog pojačanja optičkih signala u optičkim vlaknima jedan je od najvažnijih tehnoloških napredaka, jer se na tome temelji naše suvremeno informacijsko društvo. Optička vlakna su kraljevnica interneta. Kako se osnovne temeljne tehnologije približavaju graničnim vrijednostima glede veličine, brzine i energijske učinkovitosti, potrebne su nove tehnologije, koje omogućuju daljnje povećavanje kapaciteta prijenosa podataka. Na području optičkih telekomunikacija izbor pojasne valne duljine 1550 nm nije motivirana samo s minimalnim gubitcima u optičkim vlaknima od silicij-oksida (za to postignuće su 2008. godine japanski fizičari dr. Nambu, dr. Kobayashi i dr. Maskawa dobili Nobelovu nagradu za fiziku), već i s postojanjem načina za pojačavanje tih signala, što je ključno za uspostavljanje preookeanskih optičkih komunikacija.



» Fotonska integrirana pločica, primijenjena u ovoj studiji. | Foto: prof. dr. Tobias Kippenberg, EPFL

Optičko pojačavanje ima ključnu ulogu u gotovo svim tehnologijama, koje se temelje na laserima, kao što su optičke komunikacije, koje se primjenjuju primjerice u podatkovnim centrima za komu-

nikaciju između servera i između kontinenata s pomoću preookeanskih optičkih veza te za aplikacije za mjerene udaljenosti, kao što je koherentno frekvencijski modulirano povezano djelovanje (FMCW) LiDAR – tehnologija, koja može prepoznati i pratiti predmete dulje, brže i s većom točnošću nego li ikada prije. Danas se optička pojačala, koja se temelje na ionima elemenata rijetkih zemlji, kao što je erbij, i poluvodičima II-V, često primjenjuju u ozbiljnim aplikacijama.

Ta dva pristupa se temelje na pojačavanju s optičkim prijelazima. A postoji i još jedna paradigma optičkog pojačavanja signala: parametarska pojačala s putujućim valovima, koji postižu pojačavanje signala s promjenama malog sistemskog parametra, kao što su kapacitivnost ili nelinearnost prijenosnog voda.

### Optička parametarska pojačala i ograničenja silicija

Još od osamdesetih godina prošlog stoljeća je poznati, da je unutrašnju nelinearnost optičkih vlakana moguće iskoristiti i za izradu optičkih parametarskih pojačala s putujućim valom, čije je pojačavanje neovisno o atomskim ili poluvodičkim prijelazima. To znači, da može biti širokopojasno i pokrivati praktično sve valne duljine. Parametarska pojačala također nemaju problema s minimalnim ulaznim signalom. Stoga ih je moguće primijeniti za pojačavanje, kako najslabijih signala, tako i velike ulazne snage u samo jednom podešavanju. Uz to, spektar pojačavanja je moguće prilagoditi optimiranjem geometrije valovoda i inženjerstvom disperzije, što omogućuje iznimnu prilagodljivost pri planiranju za ciljane valne duljine i aplikacije.

Istraživačima EPFL se činilo nadasve zanimljivo, da je parametarsko pojačavanje moguće dobiti u neuobičajenim pojasnim valnim duljinama, koje su nedostižne uobičajenim poluvodičima ili vlaknima od elemenata rijetkih zemalja. Parametarsko pojačavanje je po svojoj prirodi kvantno ograničeno i može postići čak i bešumno pojačavanje.

Unatoč privlačnim značajkama parametarskih pojačala s vlaknima, njihovi su zahtjevi za snagom crpljenja vrlo veliki, što je posljedica slabe Kerrove nelinearnosti silicij-dioksida. U posljednja dva desetljeća je napredak u integriranim fotonskim platformama omogućio bitno veću efektivnu Kerrovu nelinearnost, koju nije moguće postići u silicijskim vlaknima, no nije rezultirao pojačalima, koja bi djelovala s neprekinutim stvaranjem valova.

»Djelovanje u režimu povezanog stvaranja valova nije samo

akademsko postignuće,« rekao je dr. Tobias Kippenberg, voditelj Laboratorija za fotoniku i kvantna mjerenja na EPFL. U stvari to je od ključne važnosti za praktično djelovanje bilo kojeg pojačala, jer znači, da je moguće pojačati sve ulazne signale – primjerice optički kodirane informacije, signale iz LiDAR-a, senzora i slično. Vremenski i spektralno neprekinuto pojačavanje putujućih valova je ključno za uspješno izvođenje tehnologija pojačala u suvremenim optičkim komunikacijskim sustavima i nastajućim aplikacijama za optičko prepoznavanje i daljinsko prepoznavanje,« zaključio je profesor Kippenberg.

### Napredak u pouzdanosti i brzini djelovanja

Nova studija, koju je vodio dr. Johann Riemensberger iz Kippenbergovog istraživačkog tima, sada je riješila taj izazov s razvojem pojačala putujućih valova, koji se temelji na fotonski integriranim pločicama, koja djeluje u kontinuiranom režimu. »Naši rezultati su vrhunac više od desetljećnog istraživačkog rada na području integrirane nelinearne fotonike i nastojanja za sve manjim gubitcima u valovodima,« istaknuo je dr. Riemensberger.

Istraživači su koristili više od dva metra dugu fotonski integriranu pločicu od silicij-nitrida s ultra-malim gubitcima, kako bi izgradili prvo pojačalo stvaranja putujućih valova na fotonskom čipu veličine 3 x 5 mm<sup>2</sup>. Čip djeluje u povezanom režimu i osigurava 7 dB neto pojačanja na čipu i 2 dB neto pojačanja od vlakna do vlakna u telekomunikacijskim pojasi. Parametarsko pojačavanje neto prirast na čipu u silicij-nitridu su nedavno postigli i u timu dr. Victora Torresa-Companyja i dr. Petra Andreksona na Tehničkom

sveučilištu Chalmers. Švedski znanstvenici su pokazali, da samo jedan optički izvor frekvenzijske kombinacije, koji se temelji na prstenastom rezonatoru od silicij-nitrida, omogućuje podatkovne performanse na razini petabitova u sekundi. Eksperimentalno su prikazali prijenos 1,84 Pbit s-1 preko 37-žilnih, 7,9 km dugih vlakana s primjenom 223 valnih kanala, dobivenih od samo jednog mikrokombinacijskog prstenastog rezonatora, koji proizvodi stabiliziran tamno impulsni Kerrov frekvenzijski češalj. Pronašli su i potvrdili i teorijsku analizu, koja pokazuje, da bi samo jedan svjetlosni izvor na razini čipa bio u stanju podržavati 100 Pbit s-1 u masivno paralelnim sustavima za prijenos podatka s multipleksiranjem prostora i valne duljine. Njihova otkrića bi mogla značiti pomak u planiranju budućih komunikacijskih sustava, koji su usmjereni na odašiljače i prijemnike, učinkovite za uređaje.

U budućnosti će tim švicarskih znanstvenika moći s pomoću preciznog litografskog upravljanja moći optimirati disperziju valovoda za parametarsko pojačavanje s pojasnom širinom više od 200 nm. Kako je osnovni apsorpcijski gubitak silicij-nitrida vrlo mali (približno 0,15 dB/metar), s dodatnim optimiranjima izrade moguće je postići najveće parametarsko pojačavanje čipa iznad 70 dB uz crpku snage svega 750 mW, što premašuje performanse najboljih pojačala na osnovi vlakana.

»Područja primjene takvih pojačala su neograničena,« dodao je dr. Kippenberg i zaključio: »Od optičkih komunikacija, gdje bismo mogli proširiti signale unutar tipičnih telekomunikacijskih pojava, do srednje infracrvenih ili vidljivih lasera i pojačala signala, do LiDAR-a ili drugih aplikacija, gdje se laseri primjenjuju za sondiranje, prepoznavanje i ispitivanje klasičnih ili kvantnih signala.«

# iTCR d.o.o.

## Siemens NX – posve vodeće rješenje za integriranu proizvodnu okolinu

Solution Partner

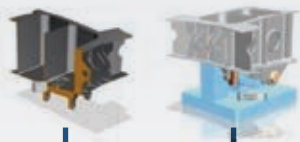
SIEMENS

PLM

Multi - CAD Design



Priprema modela za NC obradu



CAM



DNC



Verifikacija CNC



CNC



PRODUCT DESIGN

MANUFACTURING ENGINEERING

SHOP FLOOR PRODUCTION

TEAMCENTER DATA AND PROCESS MANAGEMENT



3D Model, PMI, CAE ...



CMM programiranje



Knjižnice alata



Informacije za proizvodnju



Upravljanje s alatima



CMM provjera