POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Understanding Green Software Development: A Conceptual Framework

Original
Understanding Green Software Development: A Conceptual Framework / Ardito, Luca; Procaccianti, Giuseppe; Torchiano, Marco; Vetro', Antonio. - In: IT PROFESSIONAL. - ISSN 1520-9202. - STAMPA. - 17:1(2015), pp. 44-50. [10.1109/MITP.2015.16]

Availability:
This version is available at: 11583/2556751 since: 2021-04-01T19:33:45Z

Publisher:
IEEE - INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC

Published
DOI:10.1109/MITP.2015.16

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright
IEEE postprint/Author's Accepted Manuscript

©2015 IEEE. Personal use of this material is permitted. Permission from IEEE must be obtained for all other uses, in any current or future media, including reprinting/republishing this material for advertising or promotional purposes, creating new collecting works, for resale or lists, or reuse of any copyrighted component of this work in other works.

(Article begins on next page)

25 April 2024

CARATTERIZZAZIONE DI COMPONENTI
PER LASER DI POTENZA IN FIBRA OTTICA

A. Braglia, A. Carullo, F. Ferraris, A. Neri, M. Olivero, R. Orta,
M. Parvis, G. Perrone, D. Tosi, A. Vallan
Dip. di Elettronica, Politecnico di Torino, Corso Duca degli Abruzzi, 24 - 10129 Torino
alberto.vallan@polito.it

1. INTRODUZIONE

La memoria descrive alcune attività di ricerca sui dispositivi in fibra ottica usati nella realizzazione di laser di potenza per micro e macro lavorazioni. I laser di potenza in fibra ottica stanno guadagno sempre maggiori quote di mercato e saranno i componenti chiave della prossima generazione di macchine per le lavorazioni laser grazie ai loro numerosi vantaggi, quali l'efficienza 4-5 volte superiore a quella dei laser a gas, l'eccellente qualità del fascio per il migliore controllo dei modi e della dissipazione termica, e la possibilità intrinseca alla fibra di portare facilmente il fascio laser dove serve. Secondo le caratteristiche richieste dalle diverse lavorazioni, si possono avere laser in fibra a emissione continua o impulsata. In entrambi i casi, laser in fibra di elevata potenza (ovvero diverse decine o centinaia di watt) sono tipicamente realizzati con una configurazione nota come MO-PA (acronimo di Master Oscillator - Power Amplifier), in cui il segnale ottico proveniente da un oscillatore a bassa potenza, che può essere un laser a diodo o esso stesso in fibra, è amplificato con una sequenza di diversi tipi di fibre ottiche attive, cioè drogate con Itterbio o altre terre rare. Le fibre degli stadi potenza sono di tipo speciale, a doppio cladding o a cristallo fotonico, e questo rende la realizzazione e successiva caratterizzazione dei dispositivi che le utilizzando particolarmente complesse. In questa memoria si presenta in particolare l'attività di caratterizzazione dei cosiddetti "pump combiners" (PC), che sono i componenti più importanti di laser e amplificatori di potenza in fibra ottica. Infatti, la generazione dell'oscillazione laser e l'amplificazione avvengono a spese di un segnale continuo, detto di pompa, che è fornito da un laser a diodo a emettitore singolo (o talora a barra) con uscita in fibra ottica multimodale. Per ottenere elevate potenze dal laser in fibra, occorre disporre di elevate potenze di pompa e ciò si ottiene combinando diversi diodi per mezzo dei PC, cioè con dispositivi che devono accoppiare in modo efficiente un certo numero di fibre provenienti dai diodi di pompa con la fibra attiva, evitando al contempo retro-riflessioni di segnale per non danneggiare i diodi (fig. 1). I PC sono realizzati secondo opportune configurazioni geometriche per collasso delle fibre a seguito di diverse fasi di fusione e rastremazione. Sebbene gli studi riguardanti lo sviluppo di schemi di accoppiamento dei diodi di pompa siano molto numerosi e alcuni dispositivi siano commerciali,la loro realizzazione è ancora a livello artigianale e specifica solo per alcuni tipi di fibre attive, oltre ad essere molto costosa. Esistono due tipi fondamentali di PC: quelli senza e con "feedthrough". Nei PC senza *feedthrough* tutte le fibre di ingresso sono fibre multimodali come quelle di uscita dei diodi di pompa, mentre nel caso di *feedthrough* la fibra centrale è diversa dalle altre, essendo adattata al nucleo della fibra che guida il segnale da amplificare.

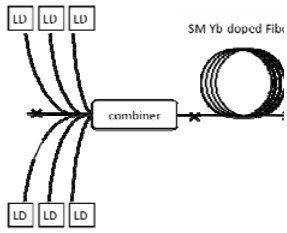

Fig. 1: Schema di un "pump combiner"

Ad esempio, nei combinatori di tipo (6+1)x1, sei fibre multimodali provenienti da diodi di pompa e una di *feedthrough* vengono fatte collassare in un'unica fibra di uscita (una sezione di questi dispositivi è riportata in fig. 2 nel caso di *feedthrough* realizzato con una fibra a mantenimento di polarizzazione). Questo tipo di combinatori è particolarmente complesso da realizzare poiché occorre garantire il posizionamento della fibra

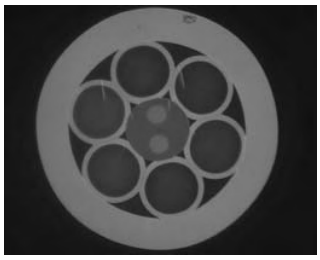

Figura 2: sezione di un PC composto da 6 fibre di pompa e una di "feedthrough" a mantenimento di polarizzazione

centrale di *feedthough* con stringenti tolleranze meccaniche per garantire basse perdite di inserzione. Al Politecnico di Torino si sta sviluppato una tecnica di fabbricazione di PC personalizzati in base al tipo di fibra (singolo/multi modo, singolo/doppio cladding, a cristallo fotonico), all'architettura di pompaggio (co - o contro propagante, singolo o multi-stadio) e alla geometria del combinatore stesso (numero di porte, caratteristiche delle fibre dei diodi di pompa e del *feedthrough*) [1] per cui occorre sviluppare anche opportune procedure per la caratterizzazione di questi PC innovativi.

2. CARATTERIZZAZIONE DEI PUMP COMBINER

La caratterizzazione di PC di elevata potenza richiede non solo la misura dell'efficienza di accoppiamento, dell'uniformità delle porte e delle retro-riflessioni del segnale, ma anche del degrado di queste caratteristiche nel tempo in seguito a invecchiamenti dovuti al funzionamento alla massima potenza di alimentazione, ad esempio per fenomeni termici. I banchi di misura sono poi complicati dal dover garantire il rispetto delle norme di sicurezza per le elevate potenze ottiche in uso.

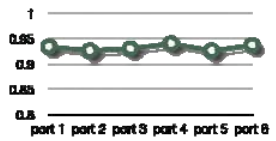

Figura 3: Efficienza di accoppiamento e uniformità delle porte.

L'efficienza di accoppiamento e l'uniformità delle porte sono misurate accoppiando in "*butt-coupling*" un diodo di pompa da 10 W ad un ingresso per volta utilizzando dei micromovimenti motorizzati, controllati da un software che permette un pre-allineamento automatizzato, per cui con buone caratteristiche di ripetibilità, limitate essenzialmente dalla qualità del taglio delle faccette delle fibre. Il diodo è montato su un apposito supporto stabilizzato in temperatura con celle di Peltier controllate da uno strumento commerciale (stabilità di 0.005°C) e alimentato da un generatore di corrente commerciale specifico per queste applicazioni (rumore inferiore a 60 mA corrispondente a circa 0.3% di fluttuazione nella potenza di uscita e una stabilità migliore di 100 ppm). La potenza di uscita del diodo e del dispositivo sotto verifica sono misurate con un "*power meter*" a termopila, che è anche lo strumento che maggiormente contribuisce alle incertezze di misura. Un esempio dei risultati ottenuti caratterizzando un PC (6+1)x1 con un *feedthrough* a mantenimento di polarizzazione realizzato nei laboratori del Politecnico di Torino è riportato in figura 3, dove si nota una efficienza prossima al 95% e una eccellente uniformità di comportamento delle porte. La misura delle riflessioni dovute al segnale è fatta alimentando la porta di uscita del PC con un diodo laser, di bassa potenza, che emette ad una lunghezza d'onda di circa 1060 nm e misurando la potenza in uscita dalle fibre multimodali a cui sarebbero connessi i diodi di pompa nel funzionamento ordinario. Per questa applicazione si usa un *power meter* a diodo, viste la basse potenze, in modo da avere una incertezza minore. In questo modo si verifica che il segnale che viene inviato ai diodi di pompa a causa della non infinita direzionalità del PC non sia tale da danneggiare la loro faccetta di uscita. Infine, per quanto riguarda le misure di stabilità nel tempo, data la notevole potenza ottica a cui è sottoposto il PC (ad esempio 60 W nel caso di un PC (6+1)x1 alimentato da 6 diodi da 10W) è stato costruito in laboratorio un parallelepipedo di metallo in grado di contenere tutto il sistema di misura e dotato di sensori per garantire la sicurezza delle operazioni. Infatti, sono stati inseriti dei fotodiodi all'interno del contenitore per misurare la potenza diffusa nell'ambiente e rilevare così improvvisi aumenti dovuti alla rottura di qualche fibra, oltre a diversi sensori di temperatura. Per queste prove le fibre di ingresso del PC sono collegate ai diodi di pompa mediante giunti a fusione; i diodi sono poi montati su una piastra di raffreddamento ad acqua non essendo possibile dissipare tutto il calore generato da configurazioni multi-diodo con celle di Peltier. Le prove preliminari condotte finora hanno dimostrato eccellenti prestazioni dei PC sviluppati, almeno per durate di funzionamento dell'ordine delle centinaia di ore.

L'attività è stata svolta a supporto del progetto Hipernano finanziato dalla Regione Piemonte nell'ambito del bando sulle "Converging Technologies", anno 2007.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

[1] A. Braglia, A. Neri, M. Olivero, G. Perrone, (2010), *"Power combiners with feedthrough for pumping of fiber lasers and amplifiers"*, 4th EPS-QEOD Europhoton Conference, Hamburg, Germany.