



بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۸ تا ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز



طراحی و ساخت تقویت کننده پیوسته فیبری ایتربیم سیگنال ضعیف

نوشین شاطری نژاد، محمد جواد حکمت و حمیدرضا زنگنه

دانشگاه کاشان، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشگاه کاشان

چکیده - در این مقاله در راستای طراحی و ساخت تقویت کننده فیبری پیوسته دو غلافه آلاییده با ایتربیم، برای سیگنال های ورودی ضعیف، بررسی های تئوری و تجربی انجام شده است. در ابتدا طراحی با استفاده از برنامه **RP fiber power** انجام شد که در آن اثرات ناشی از تغییرات توان سیگنال و دمش، بر روی گسیل خودبخودی تقویت شده (ASE)، که خود یکی از عوامل اصلی ایجاد نوفه در این تقویت کننده ها ست، مورد بررسی قرار گرفت. سپس با ساخت طرح اولیه ی این تقویت کننده، نتایج استفاده از دو لیزر دیود سیگنال متفاوت با پهنای باندی ۵/۰ نانومتر و ۳۰ مگاهرتز با یکدیگر مقایسه گردید. در نهایت با انتخاب مؤلفه های مناسب، تقویت کننده ای با ضریب بهره ۷۰٪ بدست آمد، که پهنای طیفی آن باریک و حداکثر توان خروجی آن ۸۰ وات برای سیگنال ورودی ۲۰۰ میلی وات است.

کلید واژه- اثر ASE، ایتربیم، پهنای خط باریک، تقویت کننده فیبری پیوسته، فیبر دو غلافه

Design and fabrication of CW low signal Ytterbium doped fiber amplifier

Nooshin Shatery Nejad, Mohamad Javad Hekmat, and Hamid Reza Zangeneh

Kashan University, IUT, Kashan University

Abstract- In this paper, we have presented the theoretical and experimental models to design and fabricate CW YDDC fiber amplifier in low input signals. At first by using RP fiber power software, the effects which are based on changing power of signal and pump on the ASE power, which is utmost sources of noise in amplifiers, have been simulated.

Then by fabrication of the schematics of amplifier, the results of using two different signal diode lasers one with 0.5 nm line width and the other one with 30 MHz have been compared with each other.

Finally by choosing appropriate elements the amplifier with the rate efficiency of about 70% was obtained, which has narrow line width signal and ability of amplification of almost 80 W as an output signal from 200mW input signal power.

Keywords: ASE effect ,CW fiber amplifier, Double clad fiber, Narrow line width , Ytterbium,

۱- مقدمه

تقویت‌کننده‌های عنصر کمیاب خاکی به علت بهره بالا، کیفیت پرتو خوب، کوچکی و - در ارتباطات، صنعت و پزشکی کاربردهای متعددی دارند [1],[2],[3]. تقویت‌کننده‌های فیبری آلاییده با اربیم (EDFA) به عنوان ابزار ارتباطات راه دور دارای محدودیت در انرژی و توان‌های بالا بودند [4],[5]. در این زمان تقویت‌کننده‌های فیبری آلاییده با ایتربیوم (YDFA) به علت پهنای باند وسیعتر و بهره بالاتر در مقایسه با تقویت‌کننده‌های فیبری آلاییده با اربیم انتخاب بهتری بودند. [2],[6] با اختراع تکنیک پمپ از غلاف توان خروجی افزایش یافت [7],[8] مدل-های تئوری متفاوتی برای تقویت سیگنال پیوسته در تقویت‌کننده‌های فیبری آلاییده با ایتربیوم بررسی شد [9],[10],[12]. هاردی و همکارانش با در نظر گرفتن ASE و پراکندگی رایی در توان پمپ 50W نتایجی را به دست آوردند [9],[10] ونگ و همکارانش با در نظر گرفتن اثر رامان و گرما سیستم را در حد کیلووات ارتقا دادند [11],[12]. هدف این مقاله به-دست آوردن سیگنالی قوی از یک سیگنال ضعیف پیوسته می‌باشد. در این تحقیق، اثرات توان سیگنال و پمپ بر میزان ASE به صورت تئوری بررسی شده است و سپس نتایج آن به صورت تجربی با تئوری مقایسه شده است.

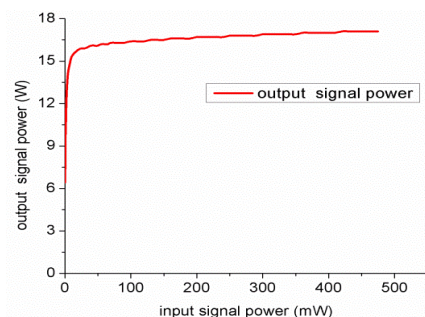
۲- مدل تئوری

با استفاده از برنله RP FIBER POWER معادلات نرخ ایتربیوم [13] حل شد و نتایج مفیدی با در نظر گرفتن ASE به دست آمد. طیف ASE از طول موج ۹۵۰ تا ۱۱۰۰ نانومتر به کلال‌هایی با پهنای ۲ نانومتر تقسیم شد. در این شبیه‌سازی، از فیبر دو غلاف آلاییده با ایتربیوم با شعاع هسته ۲۰ میکرومتر و غلاف داخلی ۴۰۰ میکرومتر استفاده شد.

۲-۱- بررسی اثر توان سیگنال ورودی به توان

خروجی

تأثیر توان ورودی سیگنال بر توان خروجی در طول موج پمپ ۹۷۵ نانومتر، سیگنال ۱۰۶۴ نانومتر و توان پمپ ۲۰ وات بررسی شد که در شکل ۱ آمده است.



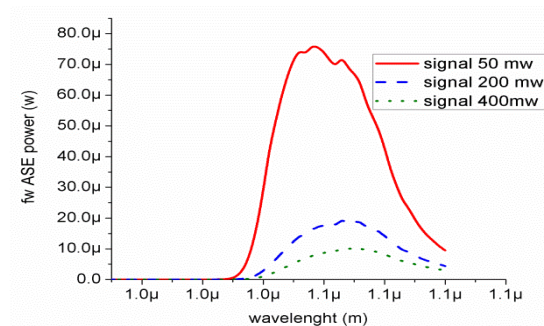
شکل ۱: تغییرات توان سیگنال خروجی بر سیگنال ورودی برای پمپ ۲۰ وات

طبق شکل ۱ واضح است که با افزایش توان سیگنال ورودی، توان خروجی نیز افزایش می‌یابد ولی از یک مقدار مشخص در توان ورودی که حدوداً ۲۰۰ میلی‌وات می‌باشد عملاً توان خروجی تغییر چشمگیری ندارد بنابراین توان سیگنال ورودی می‌تواند در این ناحیه انتخاب شود.

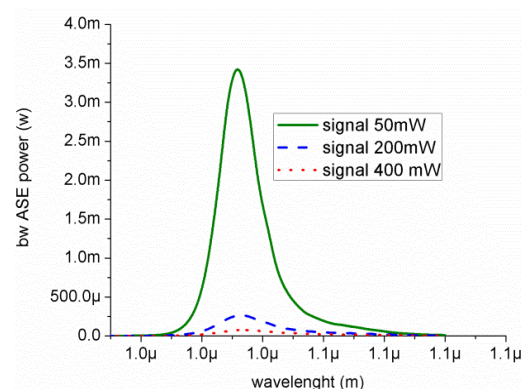
۲-۲- بررسی میزان تاثیر توان سیگنال بر توان ASE

برای ۳ سیگنال با توان‌های مختلف در توان پمپ ثابت ۴۰ وات طیف ASE در شکل ۲ برای ASE رو به جلو و در شکل ۳ برای ASE رو به عقب بررسی شد.

همانطور که با بررسی شکل ۲ و ۳ دیده می‌شود، با افزایش توان سیگنال ورودی، توان ASE کاهش می‌یابد. همچنین مشاهده می‌شود که میزان ASE رو به عقب به مراتب بیشتر از ASE رو به جلوست که این مسئله ناشی از وارد کردن سیگنال از جلو می‌باشد.



شکل ۲: توان ASE رو به جلو برای سیگنال‌های متفاوت در پمپ ثابت ۴۰ وات



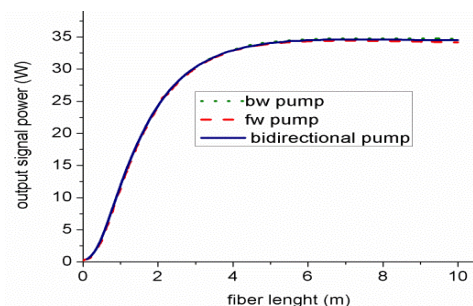
شکل ۳: توان ASE رو به جلو برای سیگنال‌های متفاوت در پمپ ثابت ۴۰ وات

بیشتر بودن توان ASE رو به عقب بر ما ملزم می‌دارد که پس از لیزر دیود

دیده می‌شود که هنگامی که N_2 به بیشترین مقدار خود می‌رسد ASE به کمترین مقدار می‌رسد همچنین گرچه مقدار انرژی ذخیره شده در 40W بیشتر از 20W می‌باشد اما به همان نسبت ASE نیز افزایش یافته است.

۴-۲- طول بهینه

برای به دست آمدن طول بهینه در شبیه‌سازی، پمپ از ۳ جهت عقب، جلو و دوطرفه انجام شد و نتیجه‌ی آن در شکل ۷ مشاهده گردید.

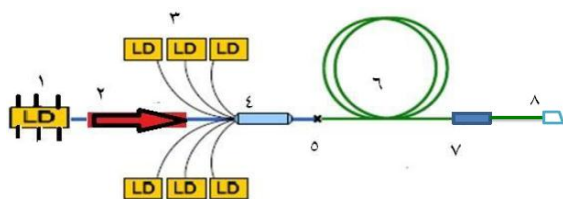


شکل ۷: طول بهینه در شماتیک‌های مختلف پمپ

شکل ۷ برای توان سیگنال 200mW و طول موج پمپ 975 nm بررسی شد که دیده می‌شود، طول فیبر حدود ۶ متر برای هر ۳ شماتیک مناسب می‌باشد.

۳- مدل تجربی

چیدمان آزمایشگاهی به صورت شکل ۸ می‌باشد که در آن شماری ۱ لیزر دیود پیوسته سیگنال، شماری ۲ یکسوساز، که به علت زیاد بودن ASE رو به عقب، برای جلوگیری از آسیب به لیزر دیود سیگنال تعبیه شده است. شماری ۳ شش لیزر دیود پمپ هستند که هر یک توان 20W دارند. شماری ۴ ترکیب‌کننده $1 \times (18+1)$ ، شماره ۵ محل جوش ترکیب‌کننده به محیط فعال فیبر می‌باشد. شماری ۶ فیبر دو غلافه آلاییده به ایتربیوم با قطر $20/400$ و سطح مقطع هشت گوش و طول ۸ متر می‌باشد. شماری ۷ برداشتن قسمتی از روکش می‌باشد که به منظور حذف پمپ جذب نشده در انتهای فیبر و بهبود پروفایل لیزر به کار گرفته شده است. شماری ۸ برش عدرجه انتهایی فیبر است که منع بازتاب نور می‌گردد.



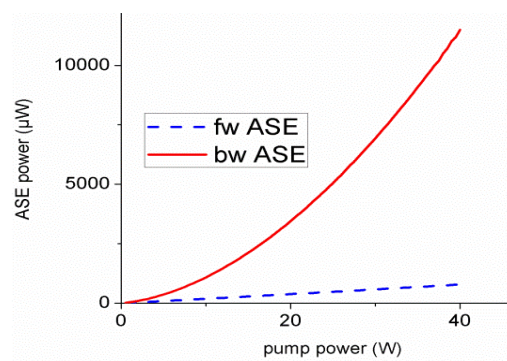
شکل ۸: چیدمان آزمایشگاهی

نتایج تجربی با دو لیزر دیود سیگنال مختلف بررسی شد.

سیگنال یک ایزولاتور استفاده شود تا از بازخورد جلوگیری کند و مانع از آسیب به لیزر دیود شود.

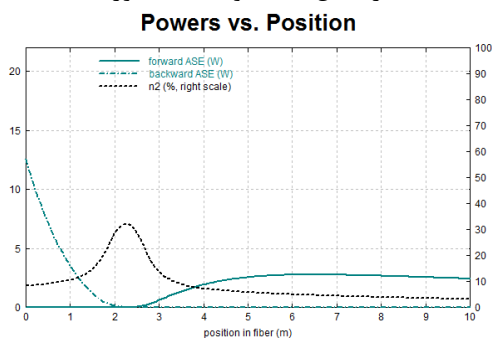
۲-۳- بررسی میزان تاثیر توان پمپ بر میزان ASE

با بررسی توان ASE در توان پمپ‌های مختلف در توان سیگنال ثابت ۵۰ میلی‌وات طبق شکل ۴ به این نتیجه رسیدیم که با افزایش توان پمپ میزان ASE افزایش یافته است و این بار نیز مقدار ASE رو به عقب بیشتر از ASE رو به جلوست.

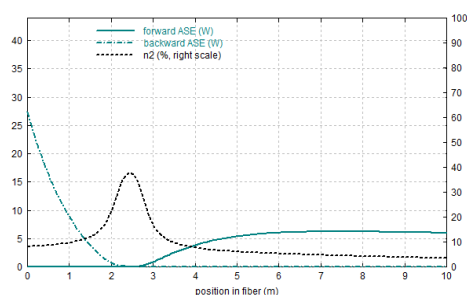


شکل ۴: مقایسه ASE رو به عقب و جلو در پمپ‌های مختلف و سیگنال ثابت 50mW

در مرحله ی بعد در غیاب سیگنال و فقط با پمپ کردن در توان های 20W و 40W ، وارونگی جمعیت و میزان ASE در شکل‌های ۵ و ۶ به دست آورده شد.

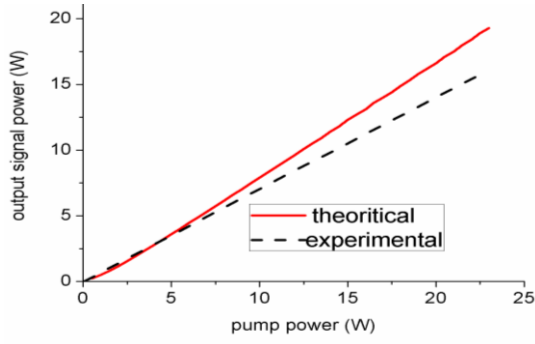


شکل ۵: در غیاب سیگنال و در توان پمپ 20W



شکل ۶: در غیاب سیگنال و در توان پمپ 40W

سیگنالی که دارای FBG می باشد استفاده کرد در نهایت از یک لیزر دیود سیگنال پیوسته ضعیف 200mW به توان خروجی حدوداً 80W دست یافتیم که در مقایسه با کارهای قبلی به علت هزینه ی کمتر و بازدهی نسبتاً خوب آن قابل توجه می باشد

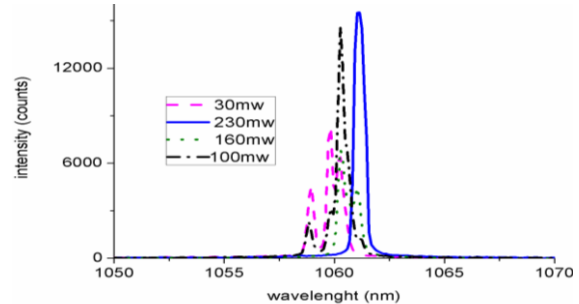


شکل ۱۱: نرخ بهره

مراجع.

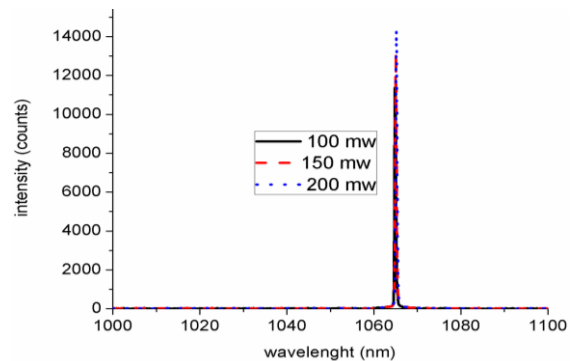
- [1] YongWang,Hong Po," Dynamic charecteristics of double clad fiber amplifiers for high power pulse amplification", journal of lightwave technology, Vol 21,10, October 2003
- [2] R. Paschotta, J. Nilsson, A. C. Tropper, and D. C. Hanna, "Ytterbium doped fiber amplifiers," *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. 33, no. 7, pp.1049–1056, Jul. 1997.
- [3]M. J. F. Digonnet, *Rare-Earth-Doped Fiber Lasers and Amplifiers*, 2nded. New York: Marcel Dekker, 2001.
- [4] C. R. Giles and E. Desurvire, "Modeling erbium-doped fiber amplifiers," *J. Lightw. Technol.*, vol. 9, no. 2, pp. 271–283, Feb. 1991.
- [5] K. Y. Ko,M. S. Demokan, and H. Y. Tam, "Transient analysis of erbiumdopedfiber amplifiers," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 6, no. 12, pp.1436–1438, Dec. 1994.
- [6] H. M. Pask, R. J. Carman, and D. C. Hanna et al., "Ytterbium-doped silica fiber lasers: versatile sources for the 1–1.2 μ m region," *IEEE J. Sel. Topics Quantum Electron.*, vol. 1, no. 1, pp. 2–13, Jan. 1995.
- [7] L. Goldberg and J. P. Koplow, "Highly efficient 4-W Yb-doped fiber amplifier pumped by abroad-stripe laser diode," *Opt. Lett.*, vol. 24, pp.673–675, 1999.
- [8] L. Zenteno, "High-power double-clad fiber lasers," *J. Lightw. Technol.*,vol. 11, no. 9, pp. 1435–1446, Sep. 1993.
- [9] A. A. Hardy and R. Oron, "Signal amplification in strongly pumped fiberamplifiers," *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. 33, no. 3, pp. 307–313,Mar. 1997.
- [10] A. A. Hardy and R. Oron, "Amplified spontaneous emission and Rayleigh backscattering in strongly pumped fiber amplifiers," *J. Lightw. Technol.*, vol. 16, no. 10, pp. 1865–1873, Oct. 1998.
- [11], Y. Wang "Heat dissipation in kilowatt fiber power amplifiers," *IEEE J.Quantum Electron.*, vol. 40, no. 6, pp. 731–740, Jun. 2004.

اولین لیزر دیود سیگنال در طول موج 1062 nm و پهنای باندی 0.5 nm به کار برده شد. با تغییر توان سیگنال های ورودی در پمپ ثابت 22W سیگنال های خروجی در شکل ۹ ظاهر گردید.



شکل ۹: نتایج تجربی در سیگنال های ورودی مختلف در پمپ ثابت ۲۲ وات

نتایج نشان می دهند که در توان سیگنال 200mw ما بیشترین خروجی و کمترین ASE را داریم در توان های پایین تر تغییر فرکانسی نیز مشاهده می شود که به علت زیاد بودن ASE و جهش مدی است که باعث ناپایداری نیز شده است. هدف تولید یک سیگنال تقویت شده با پهنای طیفی باریک است پس در مرحله بعد با تغییر لیزر دیود سیگنال به لیزر دیودی با طول موج 1064nm و پهنای باندی 50MHz که به یک FBG متصل است نتایج شکل ۱۰ مشاهده شد.



شکل ۱۰: نتایج تجربی لیزر دیود سیگنال جدید در پمپ 21W

همین طور که دیده شد به علت استفاده از FBG در لیزر دیود پایداری خوبی به وجود آمد و جهش مدی نیز در توان های پایین تر از بین رفت. نرخ بهره تجربی (حدود ۷۰٪) و تئوری در شکل ۱۱ مشاهده می شود.

نتیجه گیری

با بررسی اثر ASE به این نتیجه رسیده شد که افزایش توان سیگنال باعث کاهش اثر آن می گردد. همچنین برای پایداری بیشتر باید از لیزر دیود