

طراحی و ساخت تقویت‌کننده پیوسته فیبری ایتربیوم سیگنال ضعیف

نوشین شاطری نژاد، محمد جواد حکمت و حمید رضا زنگنه

دانشگاه کاشان، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشگاه کاشان

چکیده - در این مقاله در راستای طراحی و ساخت تقویت‌کننده‌ی فیبری پیوسته دو غلافه آلاییده با ایتربیوم، برای سیگنال‌های ورودی ضعیف، بررسی‌های 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 نویفه در این تقویت‌کننده‌ها است، مورد بررسی قرار گرفت. سپس با ساخت طرح اولیه‌ی این تقویت‌کننده، نتایج استفاده از دو لیزر دیود سیگنال متفاوت با پهنای باندی $5/0$ نانومتر و 30 مگاهرتز با یکدیگر مقایسه گردید. در نهایت با انتخاب مؤلفه‌های مناسب، تقویت‌کننده‌ای با ضریب بهره 70% بدست آمد، که پهنای طیفی آن باریک و حداقل توان خروجی آن 80 وات برای سیگنال ورودی 200 میلی‌وات است.

کلید واژه- اثر ASE، ایتربیوم، پهنای خط باریک، تقویت‌کننده 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 200 mW input signal power.

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

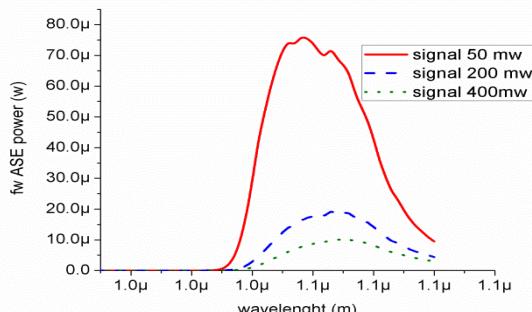
شکل ۱: تغییرات توان سیگنال خروجی بر سیگنال ورودی برای پمپ ۲۰ وات

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 عملآلت توان خروجی تغییر چشمگیری ندارد بنابراین توان سیگنال ورودی می‌تواند در این ناحیه انتخاب شود

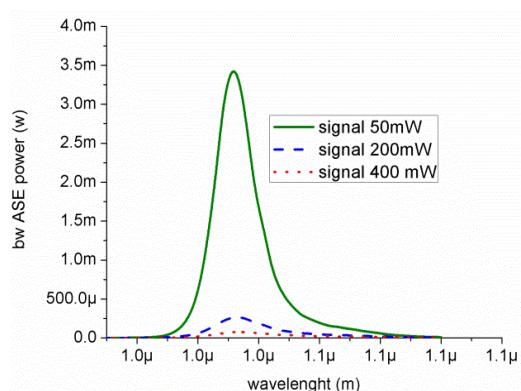
۲-۲ - بررسی میزان تاثیر توان سیگنال بر ASE توان

برای ۳ سیگنال با توان‌های مختلف در توان پمپ ثابت ۴۰ وات، طیف ASE در شکل ۲ برای ASE را به جلو در شکل ۳ برای ASE را 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 را به عقب به مرأت بیشتر از ASE را به جلوسته که این مسئله ناشی از وارد کردن سیگنال از جلو می‌باشد



شکل ۲: توان ASE را به جلو برای سیگنال‌های مختلف در پمپ ثابت ۴۰ وات



شکل ۳: توان ASE را به جلو برای سیگنال‌های مختلف در پمپ ثابت ۴۰ وات

بیشتر بودن توان ASE را به عقب بر ما ملزم می‌داند که پس از لیزر دیود

۱ - مقدمه

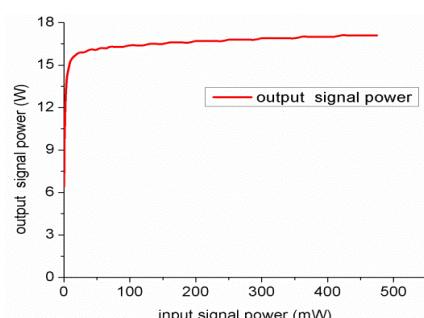
تقویت‌کننده‌های عناصر کمیاب خاکی به علت بهره بالا کیفیت پرتو خوبه کوچکی و - در ارتباطات صنعت و پزشکی کاربردهای متعددی دارند [1],[2],[3]. تقویت‌کننده‌های فیبری آلاییده با اربیوم (EDFA) به عنوان لیزر ارتباطات راه دور دارای محدودیت در انرژی و توان‌های بالا بودند [4],[5]. در این زمان تقویت‌کننده‌های فیبری آلاییده با ایتریوم (YDFA) به علت پهنای باند وسیعتر و بهره بالاتر در مقایسه با تقویت‌کننده‌های فیبری آلاییده با اربیوم انتخاب پهتری بودند. [6],[7] با اختراع تکنیک پمپ از غلاف، توان خروجی افزایش یافت [8],[9]. مدل - های تئوری متغیری برای تقویت سیگنال پیوسته در تقویت‌کننده‌های فیبری آلاییده با ایتریوم بررسی شد [12],[9],[2]. هاردی و همکارانش با در نظر گرفتن ASE و پراکندگی رایلی در توان پمپ ۵۰W نتایجی را به دست آورند [10],[9]. ونگ و همکارانش با در نظر گرفتن اثر رامان و گرماسیستم را در حد کیلووات ارتفا دادند [12],[11]. 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 برنامه RP FIBER POWER [13] حل معادلات نرخ ایتریوم شد و نتایج مفیدی با در نظر گرفتن ASE به دست آمد. طیف ASE از طول موج ۹۵۰ تا ۱۱۰۰ نانومتر به کانال‌هایی با پهنای ۲ نانومتر تقسیم شد در این شبیه‌سازی، از فیر دو غلافه آلاییده با ایتریوم با شعاع هسته ۲۰ میکرومتر و غلاف داخلی ۴۰۰ میکرومتر استفاده شد

۲-۱ - بررسی اثر توان سیگنال ورودی به توان خروجی

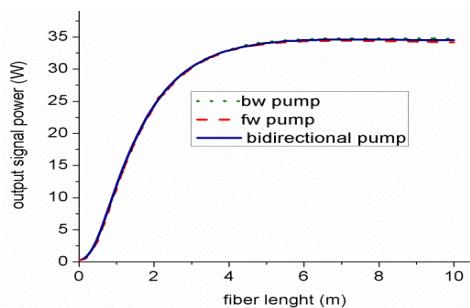
تأثیر توان ورودی سیگنال بر توان خروجی در طول موج پمپ ۹۷۵ نانومتر، سیگنال ۱۰۶۴ نانومتر و توان پمپ ۲۰ وات بررسی شد که در شکل ۱ آمده است.



دیده می شود که هنگامی که N_{eff} به بیشترین مقدار خود میرسد ASE به کمترین مقدار می رسد همچنین گرچه مقدار لرزی ذخیره شده در 40W بیشتر از 20W می باشد اما به همان نسبت ASE نیز افزایش یافته است.

۴-۲ طول بهینه

برای به دست آمدن طول بهینه در شبیه سازی، پمپ از ۳ جهت عقب، جلو و دو طرفه انجام شد و نتیجه ای آن در شکل ۷ مشاهده گردید.

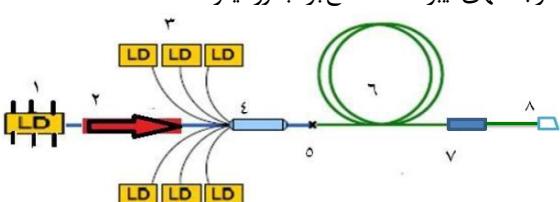


شکل ۷: طول بهینه در شبیکهای مختلف پمپ

شکل ۷ برای توان سیگنال 200mW و طول موج پمپ 975 nm بررسی شد که دیده می شود، طول فیبر حدود ۶ متر برای هر ۳ شبیک مناسب می باشد.

۳- مدل تجربی

چیدمان آزمایشگاهی به صورت شکل ۸ می باشد که در آن شماره ۱ لیزر دیود پیوسته سیگنال، شماره ۲ یکساز، که به علت زیاد بودن ASE رو به عقبه برای جلوگیری از آسیب به لیزر دیود سیگنال تعییه شده است شماره ۳ شش لیزر دیود پمپ هستند که هر یک توان 20W دارند شماره ۴ ترکیب کننده $1 \times (18+1)$ شماره ۵ محل جوش ترکیب کننده به محیط فعال فیبر می باشد شماره ۶ فیبر دو غلافه الاییده به ایتریوم با قطر ۲۰/۴۰۰ و سطح مقطع هشت گوش و طول ۸ متر می باشد شماره ۷ برداشتن قسمتی از روكش می باشد که به منظور حذف پمپ جنب نشده در انتهای فیبر و بهبود پروفایل لیزر به کار گرفته شده است. شماره ۸ برش عرجه انتهای فیبر است که ملعن بازتاب نور میگردد.



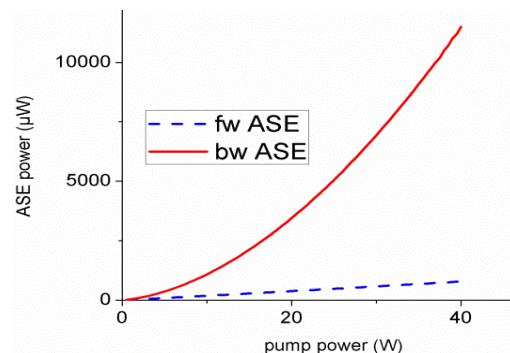
شکل ۸: چیدمان آزمایشگاهی

نتایج تجربی با دو لیزر دیود سیگنال مختلف بررسی شد.

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

۳-۲ بررسی میزان تاثیر توان پمپ بر میزان ASE

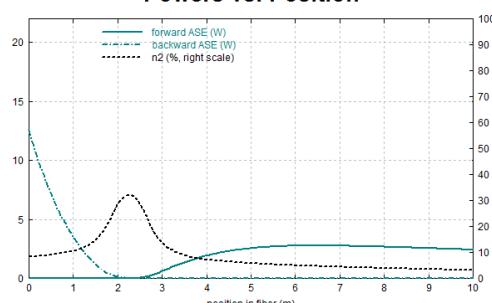
با بررسی توان ASE در توان پمپ های مختلف در توان سیگنال ثابت ۵۰ میلی واته طبق شکل ۴ به این نتیجه رسیدیم که با افزایش توان پمپ میزان ASE افزایش یافته است و این بار نیز مقدار ASE رو به عقب بیشتر از رو به جلوست.



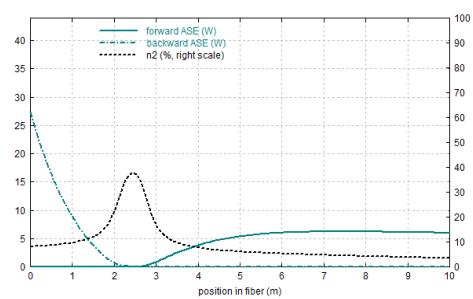
شکل ۴: مقایسه ASE رو به عقب و جلو در پمپ های مختلف و سیگنال ثابت 50mW

در مرحله ۱ بعد در غیاب سیگنال و فقط با پمپ کردن در توان های 20W و 40W، وارونگی جمعیت و میزان ASE در شکل های ۵ و ۶ به دست آورده شد.

Powers vs. Position

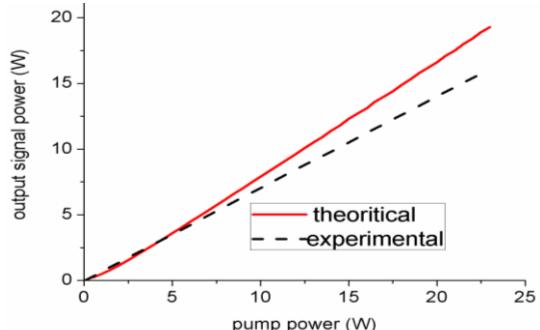


شکل ۵: در غیاب سیگنال و در توان پمپ 20W



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

سیگنالی که دارای FBG می‌باشد استفله کرد در نهایت از یک لیزر دیود سیگنال پیوسته ضعیف ۲۰۰mW به توان خروجی حدوداً ۸۰W دست یافتیم که در مقایسه با کارهای قبلی به علت هزینه‌ی کمتر و بازدهی نسبتاً خوب آن قلیل توجه می‌باشد.

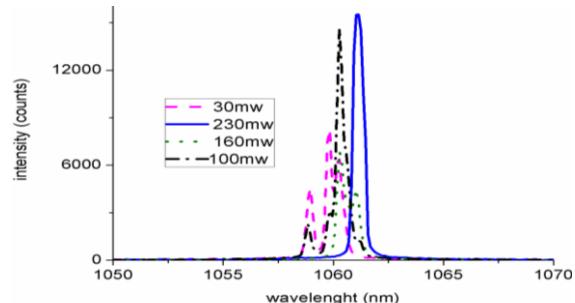


شکل ۱۱: نرخ بهره

مراجع

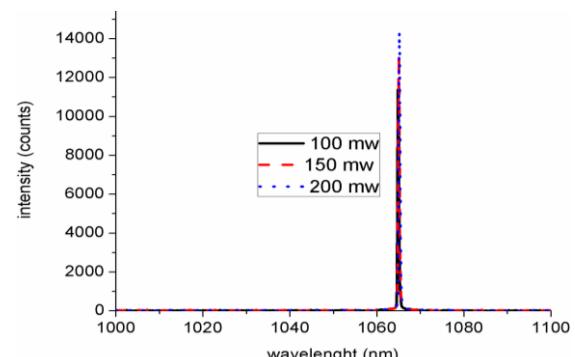
- [1] Yong Wang, Hong Po, "Dynamic characteristics of double clad fiber amplifiers for high power pulse amplification," *Journal of Lightwave Technology*, Vol 21, 10, October 2003
- [2] R. Paschotta, J. Nilsson, A. C. Tropper, and D. C. Hanna, "Ytterbium doped fiber amplifiers," *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. 33, no. 7, pp. 1049–1056, Jul. 1997.
- [3] M. J. F. Digonnet, *Rare-Earth-Doped Fiber Lasers and Amplifiers*, 2nd ed. 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 erbium-doped fiber 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 μm 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 a broad-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 fiber amplifiers," *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 ۱۰۶۲ nm و پهنهای باندی ۰.۵ nm به کار برده شد. با تغییر توان سیگنال‌های ورودی در پمپ ثابت ۲۲W سیگنال‌های خروجی در شکل ۹ ظاهر گردید.



شکل ۹: نتایج تجربی در سیگنال‌های ورودی مختلف در پمپ ثابت ۲۲W

نتایج نشان می‌دهند که در توان سیگنال ۲۰۰mW مایشترین خروجی و کمترین ASE را داریم در توان‌های پایین‌تر تغییر فرکانسی نیز مشاهده می‌شود که به علت زیلد بودن ASE و جهش مدی است که باعث ناپایداری نیز شده است. هدف تولید یک سیگنال تقویت شده با پهنه‌ی طیفی باریک است پس در مرحله بعد با تغییر لیزر دیود سیگنال به لیزر دیودی با طول ۱۰۶۴nm و پهنه‌ی باندی ۵۰MHz که به یک FBG متصل است نتایج شکل ۱۰ مشاهده شد.



شکل ۱۰: نتایج تجربی لیزر دیود سیگنال جدید در پمپ ۲۱W

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

نتیجه گیری

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