



بیست و ششمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران و دوازدهمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. ۱۶-۱۵ بهمن ۱۳۹۸



## اثر خطای زاویه‌ای المانهای میکرواپتیکی تزویج بار لیزر نیمه‌هادی

نرگس شفیعی موسوی<sup>۱</sup>، سیدپیمان عباسی<sup>۲</sup>، فاطمه رازقی<sup>۳</sup> و ساسان سیدزمانی<sup>۴</sup>

مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران؛ [nshafii@aut.ac.ir](mailto:nshafii@aut.ac.ir)

مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران؛ [pabbasi2001@gmail.com](mailto:pabbasi2001@gmail.com)

مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران؛ [razeghi@inlc.ir](mailto:razeghi@inlc.ir)

مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران؛ [sszamani@inlc.ir](mailto:sszamani@inlc.ir)

چکیده - لیزرهای نیمه هادی بدلیل تفاوت واگرایی در دو راستای تند و کند، رفتار نامتعارفی در مقابل المانهای اپتیکی مرسوم دارند. جهت اصلاح رفتار این لیزرها، لازم است فاکتور کیفیت پرتو (BPP) آنها در دو راستای تند و کند یکسان شود. یکی از روشهای شکل دهی پرتو، استفاده از المان سیستم شکل‌دهی پرتو (BTS) است. جایگذاری المان BTS و لنزهای کانونی جهت تزویج بار لیزر مستلزم به‌کارگیری ابزار دقیق جابجایی و تنظیم است که عملاً نمی‌توان در تمام جهتها به کار گرفته شوند. در این مقاله اثر چرخش زاویه‌ای المان‌های مختلف سیستم مذکور جهت تعیین ارجحیت دقت با شبیه سازی بررسی شده و نهایتاً با ساخت و بهینه سازی سیستم نصب بر اساس نتایج حاصل از شبیه سازی تزویج لیزر خروجی از یک بار انجام شد و بازده تزویج ۷۵ درصد حاصل گردید.

کلید واژه- شکل دهی پرتو، فاکتور کیفیت پرتو، تزویج، سیستم انتقال پرتو

## Angular errors effects in micro-optic installation for Laser Bar Coupling

Narges Shafii Mousavi<sup>1</sup>, S.Peyman Abassi<sup>2</sup>, Fatemeh razeghi<sup>3</sup> and Sasan Seyed Zamni<sup>4</sup>

*Iranian national center for laser science and technology, [nshafii@aut.ac.ir](mailto:nshafii@aut.ac.ir)*

*Iranian national center for laser science and technology, [pabbasi2001@gmail.com](mailto:pabbasi2001@gmail.com)*

*Iranian national center for laser science and technology, [razeghi@inlc.ir](mailto:razeghi@inlc.ir)*

*Iranian national center for laser science and technology, [sszamani@inlc.ir](mailto:sszamani@inlc.ir)*

**Abstract-** Semiconductor lasers exhibit unusual behavior against conventional optical elements due to spatial non-homogeneous in both fast and slow directions. In order to modify the behavior of these lasers, their beam parameter product (BPP) must be equal in both fast and slow directions. One of the method of beam shaping is using beam transformation system (BTS). The BTS installation needs the high accuracy tools. In this paper, the BTS element and coupling lens are simulated for coupling laser bar and the angular error was surveyed for optimization of installation process. The experimental results show the 75% coupling efficiency is achievable in improvement system.

**Keywords:** Beam shaping, Beam parameter product, Coupling, Beam transformation system

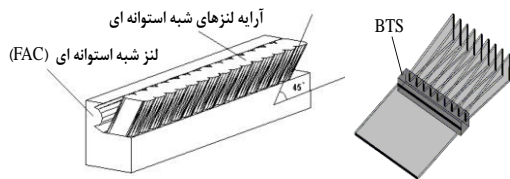
## مقدمه

گستره‌ی کاربردی لیزرهای دیودی به واسطه تزویج به فیبر نوری در دو زمینه کاربرد مستقیم و پمپاژ لیزرهای حالت جامد به ویژه لیزرهای فیبری در حال گسترش است [۱ و ۲]. لیزرهای دیودی تزویج شده به فیبر نوری به طور گسترده‌ای در فرآوری مواد و کاربردهای پزشکی استفاده می‌شود [۳]. این لیزر دیودها به صورت تک تراشه، ترکیب چند تراشه و بار لیزر به فیبر نوری تزویج می‌شوند [۳]. بار لیزر متشکل از چند گسیلنده است که به صورت خطی در کنار هم قرار گرفته‌اند. تعداد و ابعاد گسیلنده‌ها تعیین کننده مشخصات اپتیکی باریکه خروجی از بار لیزر است. ابعاد گسیلنده‌ها در راستای عرضی و جانبی متفاوت است. این تفاوت، باریکه‌ای استیگمات با دو مقدار واگرایی تولید می‌کند (شکل ۱) [۴ و ۲]. آستیگماتیسم باریکه و تفاوت کیفیت پرتو در دو راستای محور تند و کند، از عوامل دشواری شکل‌دهی پرتو لیزر دیودها است. لازمه انجام فرآیند تزویج، همگن‌سازی فضایی باریکه لیزر است [۴ و ۵]. این روش در لیزرهای دارای کاربرد پزشکی به صورت وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در نظر گرفتن حساسیت‌ها بصورت آزمایشگاهی انجام شده است.

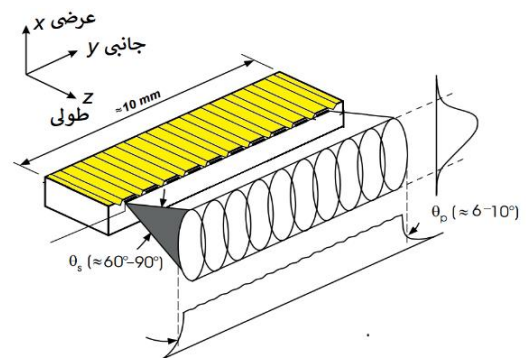
## سامانه تزویج

شکل ۲ نمایی از المان BTS را نشان می‌دهد، که شامل دو المان متصل بر روی یک پایه است. المان اول یک لنز موازی ساز پرتو در راستای محور تند (لنز FAC) و المان دوم آرایه‌ای از لنزهای شبه استوانه‌ای است که با زاویه ۴۵ درجه نسبت به لیزر نیمه هادی قرار گرفته‌اند. لنز FAC پرتوهای لیزر نیمه هادی آرایه‌ای را در جهت تند موازی، سپس پرتو از آرایه لنز استوانه‌ای عبور می‌کند تعداد لنزهای استوانه‌ای برابر تعداد گسیلنده‌های لیزر نیمه هادی است. پرتو N گسیلنده بار لیزر، از N آرایه لنزی عبور می‌کنند و در جهت محور تند منعکس شده و به اندازه ۹۰ درجه می‌چرخند.

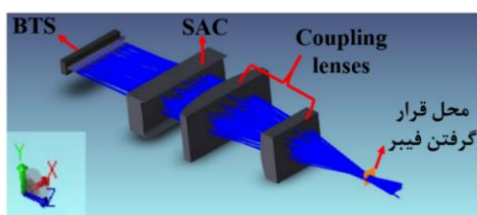


شکل ۲: طرحی از BTS و انتقال پرتو

در شکل ۳ نمایی از عملکرد سیستم میکرو اپتیکی مذکور نشان داده شده است. اولین المان اپتیکی این سیستم میکرو اپتیکی، سیستم شکل‌دهی پرتو (BTS) است که شکل‌دهی باریکه منتشر شده از یک بار را انجام می‌دهد. سپس پرتو خروجی BTS از لنز SAC عبور می‌کند و در راستای محور کند پرتو موازی می‌شود. ماژول کانونی کننده شامل ۲ لنز استوانه‌ای، سبب کانونی شدن پرتوها و تزویج آن به فیبر با روزنه عددی کوچک می‌شود.



شکل ۱: میدان دور بار لیزر نیمه هادی



شکل ۲: طرحی از چیدمان سیستم میکرو اپتیکی یکپارچه

در این مقاله شکل‌دهی پرتو بار لیزر دیود با استفاده از سیستم میکرو اپتیکی یکپارچه (BTS-HOC) مورد بررسی قرار می‌گیرد. این بررسی ابتدا به هدف حساسیت سنجی خطاها به کمک شبیه‌سازی در نرم‌افزار Zemax [۶] انجام شده و سپس با بهینه‌سازی سامانه نصب، فرآیند تزویج با

## نتایج شبیه سازی

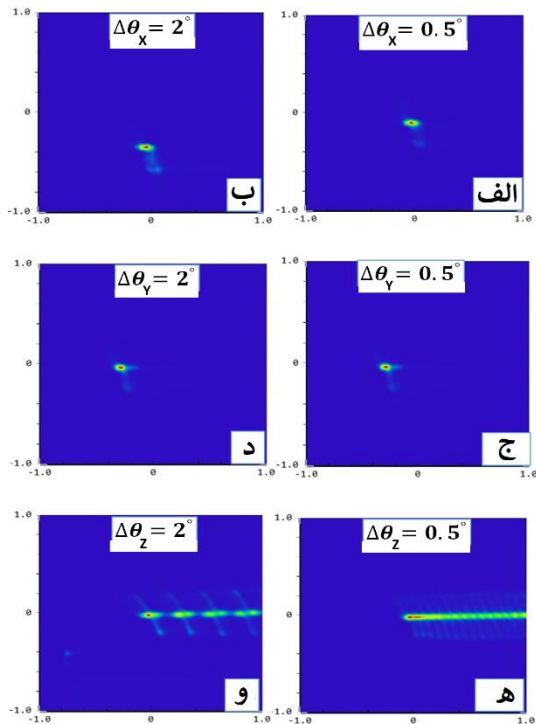
ابتدا مشخصات لنزهای BTS-HOC استخراج و در نرم افزار Zemax مدلسازی می شود. اثر المانها بر باریکه بار لیزر و وضعیت باریکه پس از عبور از هر المان بررسی شده است. بار لیزر شبیه سازی شده بر اساس بار لیزر موجود در کار تجربی انتخاب شده و دارای مشخصات زیر است:  
 طول بار ۱ سانتیمتر توان ۲۰ وات دارای ۱۹ عدد گسیلنده و عرض هر گسیلنده ۱۵۰ میکرون گام گسیلنده ها ۵۰۰ میکرون. واگرایی در راستای تند و کند به ترتیب  $72^\circ$  و  $12^\circ$  درجه است.

پس از بهینه سازی المان BTS در نرم افزار و ایجاد یک پروفایل قابل قبول (شکل ۴ الف) لنز SAC در فاصله ۱۲/۳ mm از لنز BTS قرار داده می شود، پرتو پس از عبور از این المان در راستای محور کند موازی می شود (شکل ۴ ب). لنزهای تزویجگر (کانونی ساز) در فاصله ۸/۸ mm از لنز SAC قرار داده می شود (شکل ۴ ج)، فاصله این دو لنز از یکدیگر ۱۸/۹ mm است.

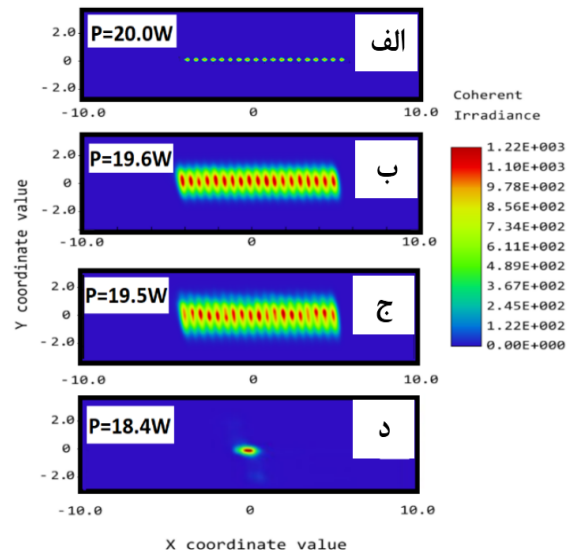
عبور پرتو از لنزهای تزویجگر سبب کانونی شدن پرتو در فاصله ۹/۶۵ mm (شکل ۴ د) می شود. توان لیزر پس از المانهای BTS، SAC و لنزهای تزویجگر به ترتیب برابر با ۱۹/۶، ۱۸/۵ و ۱۸/۴ وات است. لذا توان نهایی ۱۸/۴ وات در فیبر ۴۰۰ میکرون و بازده تزویج لیزر ۹۱٪ است. با توجه به ابعاد کوچک لنزها، دقت جایگذاری آنها بسیار حائز اهمیت است. پروفایل پرتو حاصل از چرخش  $0.5^\circ$  و  $2^\circ$  درجه المانهای BTS و SAC حول محور x، y و z به ترتیب در شکلهای ۵ و ۶ نشان داده شده است. تغییرات توانی در هر چرخش در جدول ۱ ذکر شده است.

توان پس از چرخش هر کدام از المانها						
المان	حول محور x (W)		حول محور y (W)		حول محور z (W)	
	$0.5^\circ$	$2^\circ$	$0.5^\circ$	$2^\circ$	$0.5^\circ$	$2^\circ$
BTS	۱۸/۲۷	۱۸/۰۸	۱۸	۱۸	۱۴/۳۱	۴/۹
SAC	۱۸/۲۷	۱۸/۰۸	۱۷/۸۵	۱۲/۴۸	۱۸/۴۰	۱۸/۳۹

جدول ۱: تغییرات توان پرتو پس از چرخش المانها



شکل ۵: وضعیت پرتو بر روی فیبر پس از چرخش المان BTS به اندازه  $0.5^\circ$  تا  $2^\circ$  درجه حول محورهای x، y و z



شکل ۴: پروفایل باریکه لیزر بعد از المانهای اپتیکی به ترتیب از بالا: الف: وضعیت باریکه لیزر دیود قبل از لنز، ب: وضعیت باریکه پس از BTS، پ: وضعیت باریکه پس از لنز SAC، ت: وضعیت باریکه پس از المانهای تزویجگر و در نقطه ورود به فیبر نوری

تغییرات توانی در جدول ۲ ذکر شده است. بازده تزویج در توان ۱۳/۵ وات لیزر در فیبر ۴۰۰ میکرون برابر ۷۵٪ است.

توان (W)					لیزر	جریان (A)
بعد از فیبر	بعد از تزویجگر	بعد از SAC	بعد از BTS	بعد از		
۹/۸	۱۱/۴۲	۱۲/۳۲	۱۲/۹۱	۱۳/۵	۲۰	

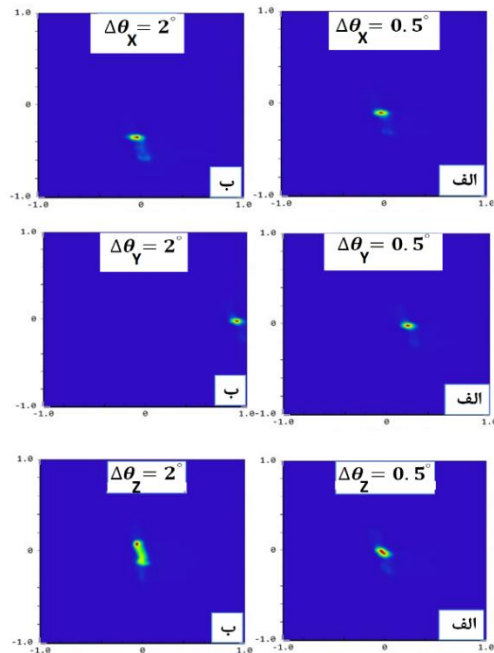
جدول ۲: نتایج تزویج بار لیزر به فیبر با استفاده از المان BTS-HOC

### نتیجه گیری

در حالتهایی از چرخش و جابجایی المانها، توان تغییر زیادی پیدا نمی کند ولی شکل پروفایل و مکان آن دچار تغییرات می شود که این حالت، یکی از دلایل عدم بازده مناسب در تزویج به فیبر است. بهم ریختگی پروفایل به نوعی ناهمگنی را به همراه دارد که شدت سبب افت توان در تزویج به فیبر خواهد شد. از طرفی این بررسی نشان می دهد که بیشترین حساسیت المان BTS و SAC بترتیب نسبت به چرخش حول محور Z و Y است. لذا دقیق ترین ابزار جهت تنظیم زاویه ای المانها باید در دو جهت مذکور به کار گرفته شود.

### مرجع ها .

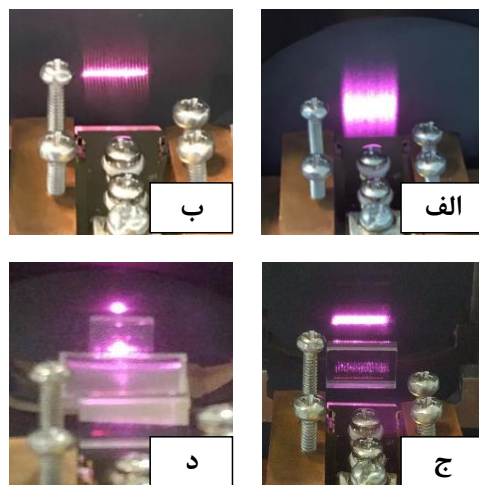
- [1] H.injeyan and G.D.Goodno,"High power laser arrays", McGraw-Hill, Chap.6, pp.133-159, 2011.
- [2] K.price,S.Karlsen, p.leisher,and R.Martinsen,"High brightness fiber coupled pump laser development," Proc. SPIE 7583,842102,2010.
- [3] R.Deihl," HIGH POWER DIODE LASERS", Springer 2001.
- [4] Haiyin Sun K.price,S.Karlsen, p.leisher,and R.Martinsen, "Laser Diode Beam Basics Manipulations and Characterizations," Springer 2012
- [5] Friedrich Bachmann, Peter Loosen, Reinhart Poprawe, High Power Diode Lasers Technology and Applications, Springer 2007
- [6] Zemax, optics Studio company 2016, zemax.com



شکل ۶: چرخش المان SAC به اندازه ۰/۵ تا ۲ درجه حول محورهای x, y و z

### نتایج تجربی

با در نظر گرفتن حساسیت های بدست آمده برای دقت قرار گرفتن المان های تزویج، چیدمان آزمایشگاهی جهت تزویج ایجاد شد و چیدمان آزمایشگاهی المانها مقابل بار لیزر با استفاده از نگهدارنده انجام شده است. پروفایل لیزر در هر مرحله بررسی در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۷: پروفایل باریکه بعد از، الف: لیزر، ب: المان BTS، ج: المان SAC، د: المان تزویجگر