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[۱]، سیدپیمان عباسی[۲]، فاطمه رازقی[۳] و ساسان سیدزمانی[۴]

مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران؛ nshafii@aut.ac.ir
مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران؛ pabbasi2001@gmail.com
مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران؛ razeghi@inlc.ir
مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران؛ sszamani@ inlc.ir

چکیده – لیزرهای نیمه هادی بدلیل تفاوت واگرایی در دو راســتای تند و کند، رفتار نامتعارفی در مقابل المانهای اپتیکی مرســوم 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 برر سی 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[1], S.Peyman Abassi[2], Fatemeh razeghi[3] and Sasan Seyed Zamni[4]

Iranian national center for laser science and technology, nshafii@aut.ac.ir
Iranian national center for laser science and technology, pabbasi2001@gmail.com
Iranian national center for laser science and technology, razeghi@inlc.ir
Iranian national center for laser science and technology, 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.

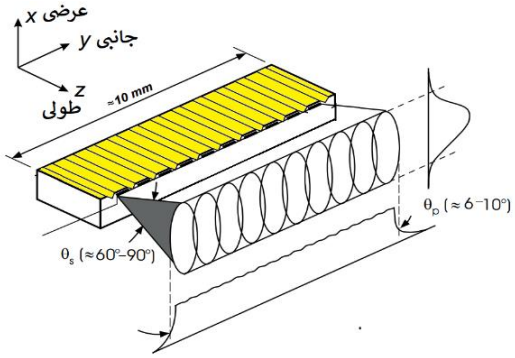
Keywords: Beam shaping, Beam parameter product, Coupling, Beam transformation system

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]

مقدمه

گستره‌ی کاربردی لیزرهای دیودی به‌واسطه تزویج به فیبر نوری در دو زمینه کاربرد مستقیم و پمپاژ لیزرهای حالت جامد به ویژه لیزرهای فیبری در حال گسترش است[۱و۲]. لیزرهای دیودی تزویج شده به فیبرنوری 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 به‌صورت 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)[۴و۲]. آستیگماتیسم باریکه و تفاوت کیفیت پرتو در دو راستای محور تند و کند، از عوامل دشواری شکل‌دهی پرتو لیزردیودها است. لازمه انجام فرآیند تزویج، همگن‌سازی فضایی باریکه لیزر است[۴و۵]. این روش در لیزرهای دارای کاربرد پزشکی به‌صورت وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

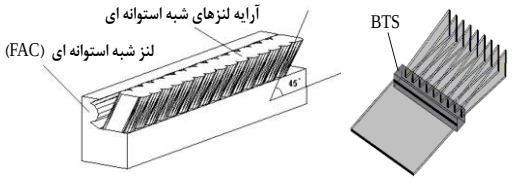


شکل ۱: میدان دور بار لیزر نیمه هادی

در این مقاله شکل دهی 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 شبیه سازی در نرم‌افزار Zemax [۶] انجام شده و سپس با بهینه سازی سامانه نصب، فرآیند تزویج با در نظر گرفتن حساسیت‌ها بصورت آزمایشگاهی انجام شده است.

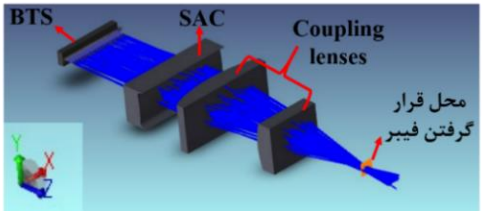
سامانه تزویج

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 لیزرنیمه 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 ۲: طرحی از چیدمان سیستم میکرو اپتیکی یکپارچه

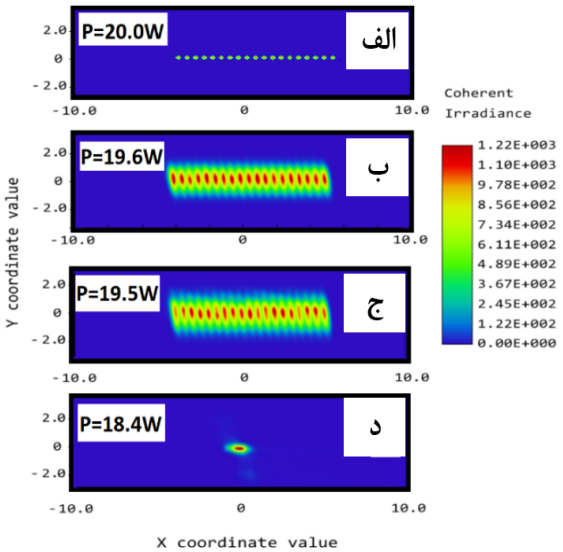
این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]

نتایج شبیه سازی

ابتدا مشخصات لنزهای BTS-HOC استخراج و در نرم افزار Zemax مدلسازی می‌شود. 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 گسیلنده‌ها ۵۰۰ میکرون. واگرایی در راستای تند و کند بترتیب ۷۲° و ۱۲° 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 می‌شود، پرتو پس از عبور از این المان در راستای محور کند موازی می‌شود (شکل ۴ ب). لنزهای تزویجگر (کانونی ساز) در فاصله ۸/۸ mm از لنز SAC قرار داده می‌شود (شکل ۴ ج)، فاصله این دو لنز از یکدیگر ۱۸/۹ mm است.

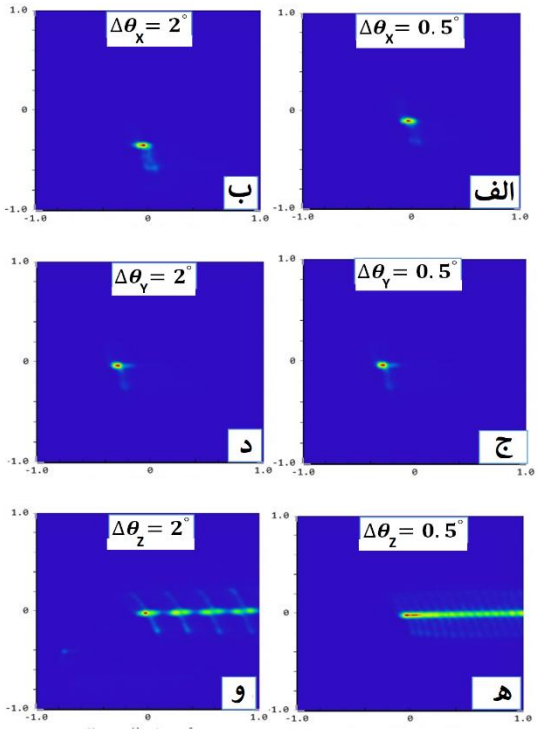


شکل ۴: پروفایل باریکه لیزر بعد از المان‌های اپتیکی به ترتیب از بالا: الف: وضعیت باریکه لیزر دیود قبل از لنز، ب: وضعیت باریکه پس از BTS، پ: وضعیت باریکه پس از لنز SAC، ت: وضعیت باریکه پس از المان‌های تزویجگر و در نقطه ورود به فیبر نوری

عبور پرتو از لنزهای تزویجگر سبب کانونی شدن پرتو در فاصله ۹/۶۵ mm (شکل ۴ د) می‌شود. توان لیزر پس از المان‌های BTS، SAC و لنزهای تزویج‌گر بترتیب برابر با ۱۹/۶، ۱۹/۵ 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 ۰/۵° و ۲° درجه المان‌های BTS و SAC حول محور x، y و z به‌ترتیب در شکلهای ۵ و ۶ نشان داده شده است. تغییرات توانی در هر چرخش در جدول ۱ ذکر شده است.

المان	توان پس از چرخش هر کدام از المان‌ها					
	حول محور x (W)		حول محور y (W)		حول محور z (W)	
	۰/۵°	۲°	۰/۵°	۲°	۰/۵°	۲°
BTS	۱۸/۲۷	۱۸/۰۸	۱۸	۱۸	۱۴/۳۱	۴/۹
SAC	۱۸/۲۷	۱۸/۰۸	۱۷/۸۵	۱۲/۴۸	۱۸/۴۰	۱۸/۳۹

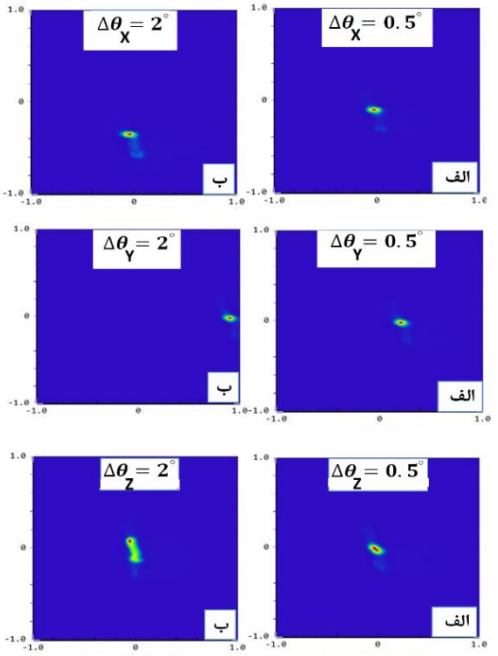
جدول ۱:تغییرات توان پرتو پس از چرخش المان‌ها



شکل ۵: وضعیت پرتو بر روی فیبر پس از چرخش المان BTS به اندازه ۰/۵ تا ۲ درجه حول محورهای x، y و z

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

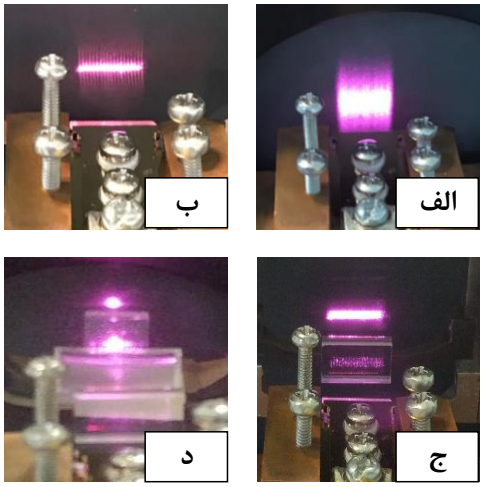
[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]



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

نتایج تجربی

با در نظر گرفتن حساسیت‌های بدست آمده برای دقت قرارگرفتن المان‌های تزویج، چیدمان آزمایشگاهی جهت تزویج ایجاد شد و چیدمان آزمایشگاهی المانها مقابل بار لیزر با استفاده از نگهدارنده انجام شده است. پروفایل لیزر در هرمرحله 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

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

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

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 می‌شود 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 بشدت سبب افت توان در تزویج به فیبر خواهد شد. از طرفی این بررسی نشان می‌دهد که بیشترین حساسیت المان BTS و SAC بترتیب نسبت به چرخش حول محور z و y است. لذا دقیق‌ترین ابزار جهت تنظیم زاویه‌ای المان‌ها باید در دو جهت مذکور به کار گرفته شود.

. مرجع‌ها

[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

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]