



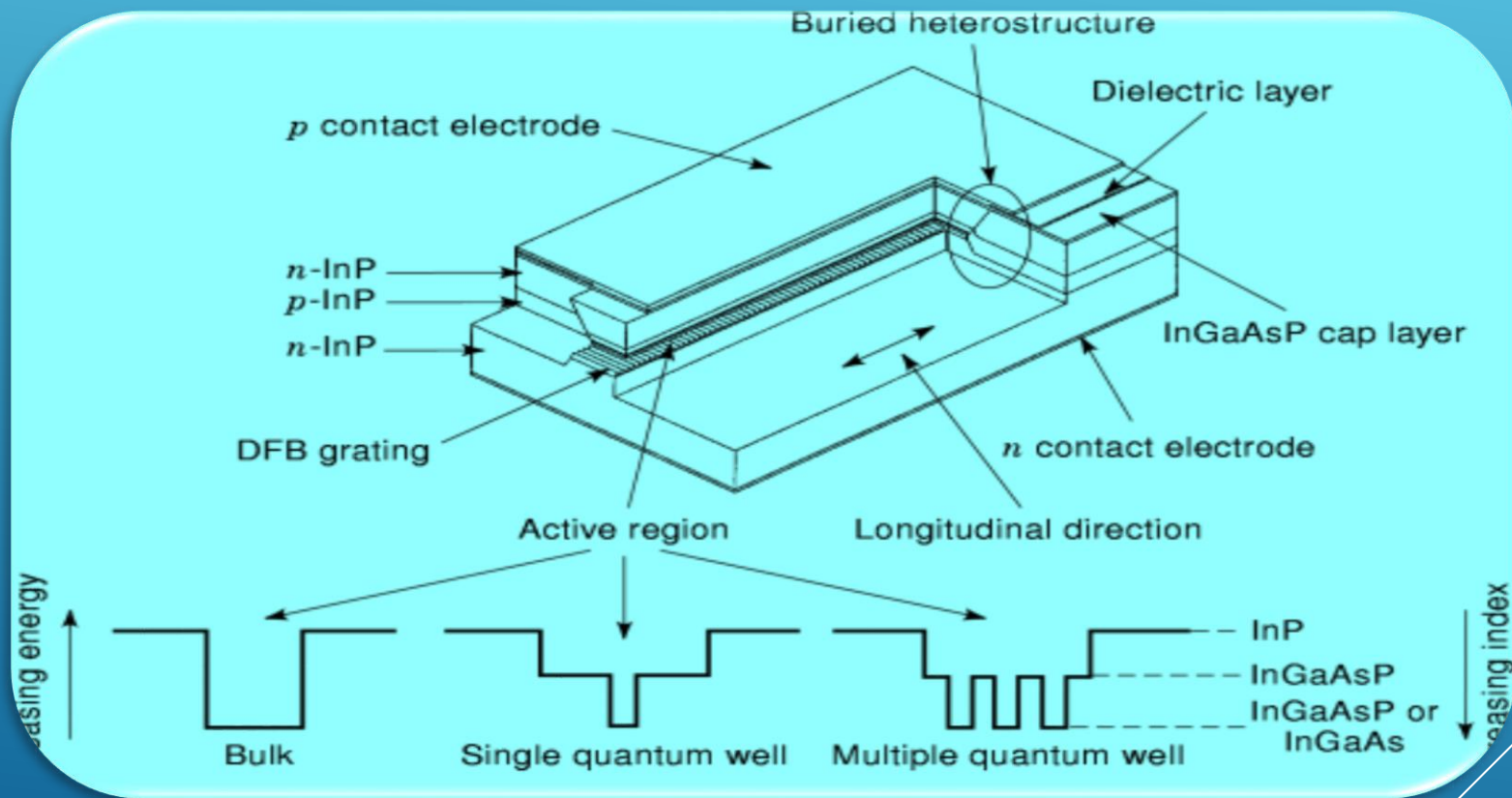
## موضوع

آخرین دستاوردهای لیزرهای DFB

## استاد

جناب آقای دکتر محمد نژاد

## معرفی و بررسی ساختارهای بهبود یافته لیزرهای فیذبک توزیع شده



**RW-CGC-DFB**

**METAL – DI ELECTRIC HR  
COATING IN LATERALLY  
DFB LASER**

**C-CGC-DFB**

## ساختارهای با کوپلینگ بهره

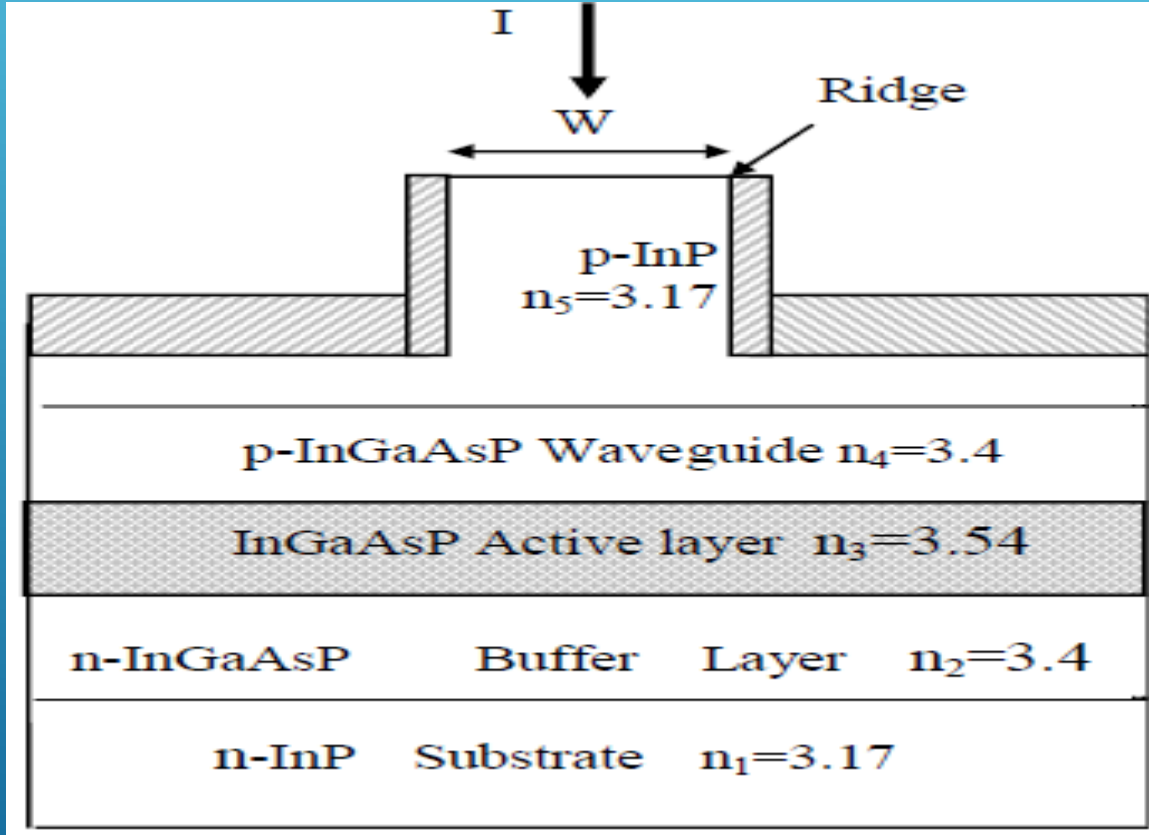
در لیزرهای DFB تغییرات تناوبی ضریب شکست یا بهره که در طول کاواک لیزر و ثر مرز بین لایه های مختلف ایجاد می شود سبب کوپلینگ امواج رفت و برگشت شده و نقش فیدبک موج نوری را به طور توزیع شده بر عهده دارد.

کوپلینگ بهره مختلط  
CGC-DFB

کوپلینگ بهره خالص  
PGC-DFB

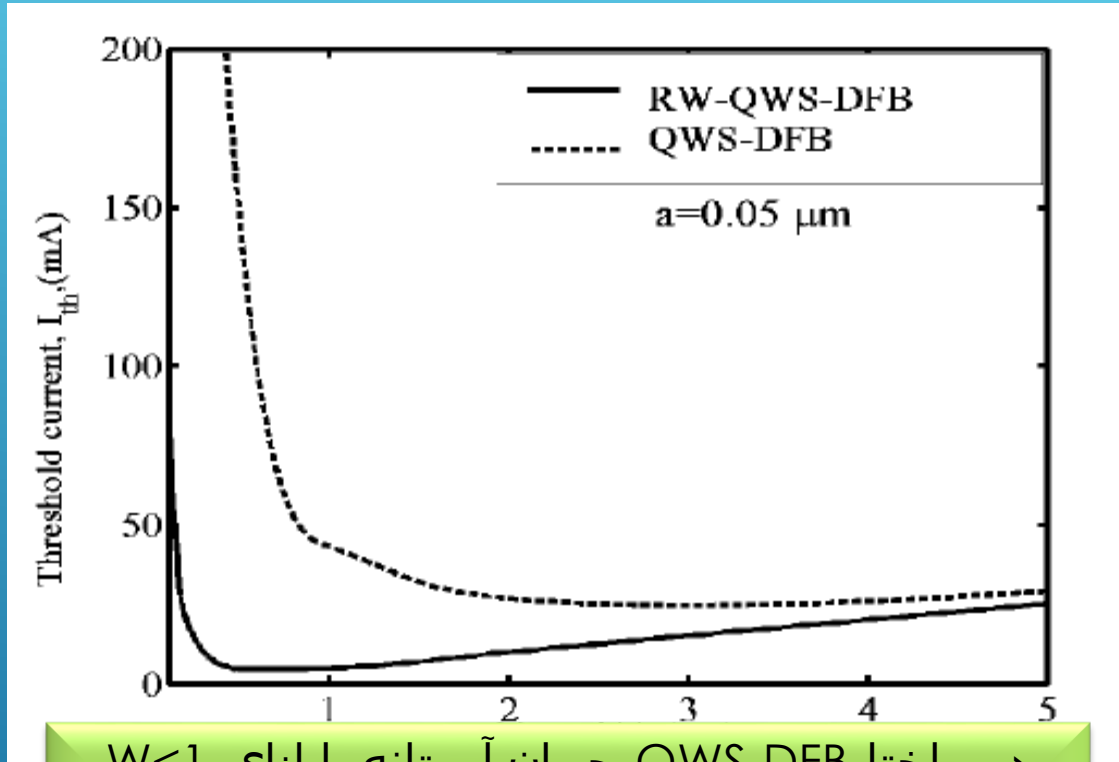
دستیابی به عملکرد تک مود لیزر CGC-DFB با اثر انتقال فاز در ساختار گراتینگ انتقال فاز  $\frac{\pi}{2}$  QWS-CGS-DFB

## لیزر QWS-CGS-DFB با موجبر برآمده RW-QWS-CGS-DFB

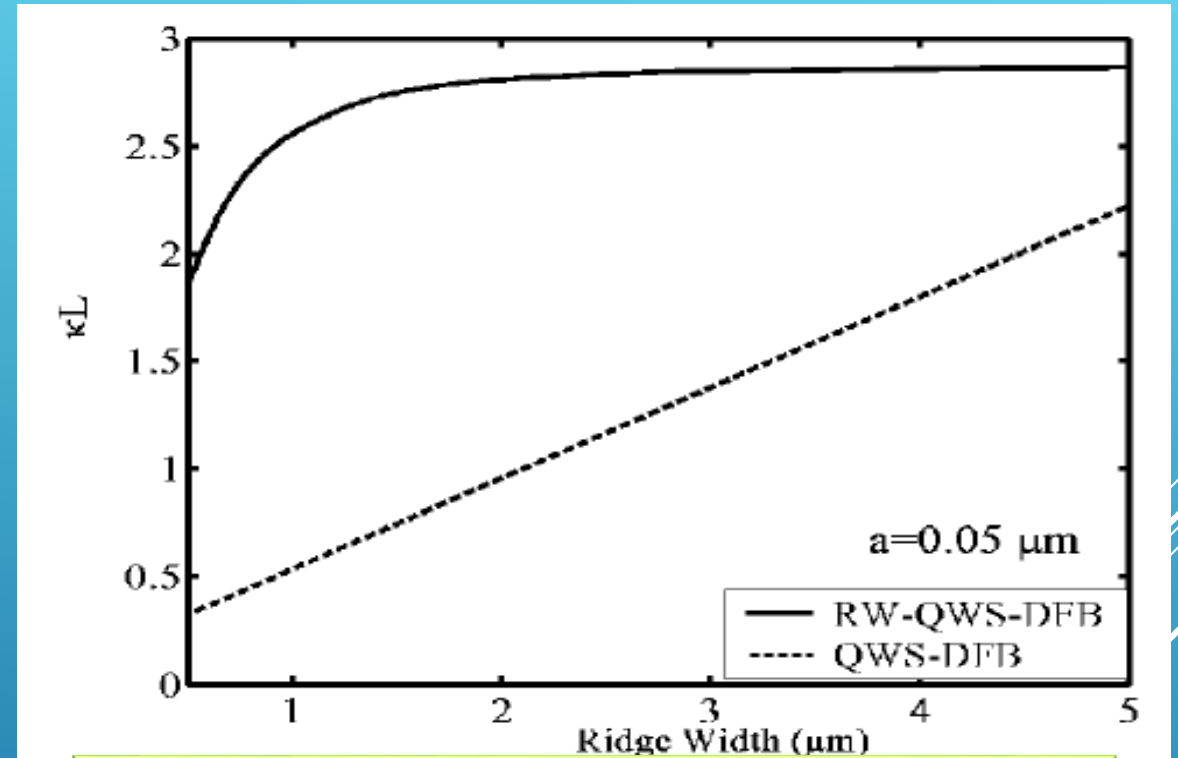


استفاده از ساختار موجبر برآمده به منظور کاهش جریان آستانه و پهنای خط در این ساختارها که سبب تحدید بیشتر نور در ناحیه فعال لیزر و در نتیجه کاهش جریان آستانه می شود.

## لیزر QWS-CGS-DFB باموجبر برآمده



در ساختار QWS-DFB جریان آستانه با ازای  $W < 1$  میکرومتر با افزایش  $W$  سریعاً کاهش می یابد که علت آن همپوشانی ضعیف موج نوری و ناحیه بهره به دلیل پهنای کم موجبر می باشد. ساختار RW-QWS-DFB با ازای  $W < 2$  میکرومتر بسیار کمتر از ساختار QWS-DFB بوده و به ازای  $W > 5$  در هر دو به مقادیر تقریباً یکسان میل می کند.



ضریب جفت شدگی ساختار RW-QWS-DFB به ازای مقادیر کوچک  $W$  بسیار بزرگتر از مقدار آن در ساختار QWS-DFB است. علت آن افزایش توان تحدید نوری در زیر ناحیه برآمده موجبر نسبت به نواحی دیگر است

## لیزر QWS-CGS-DFB باموجبر برآمده

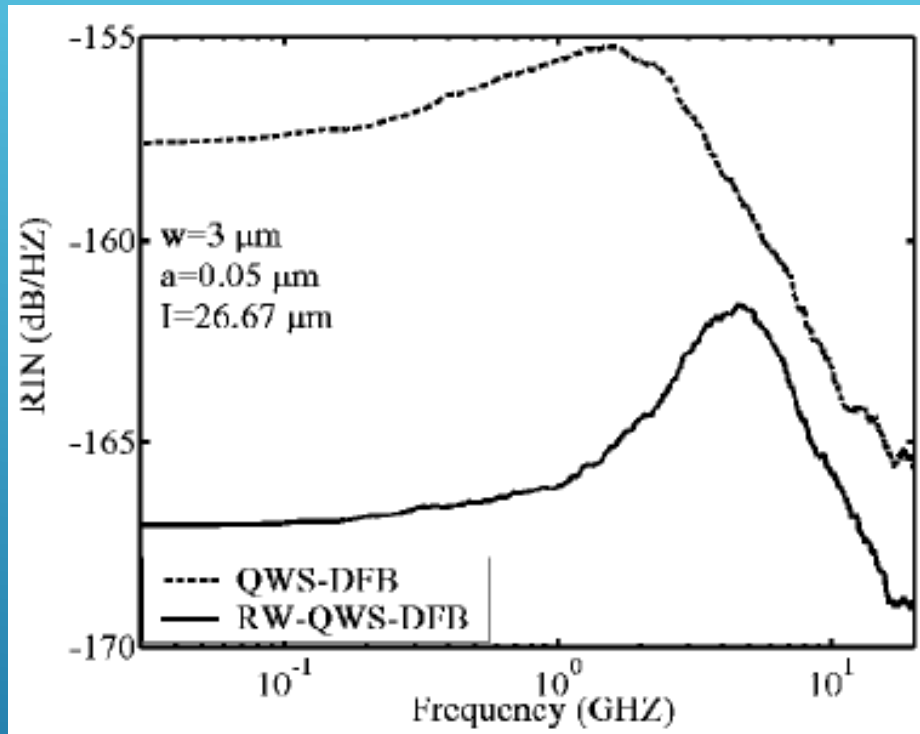
ضریب جفت شدگی ساختار RW-QWS-DFB از رابطه زیر به دست می آید:

$$\kappa = \Gamma_y \kappa_c$$

در این رابطه  $\Gamma_y$  ضریب تحدید توان نوری جانبی که به عرض  $W$  بستگی دارد و  $\kappa_c$  ضریب جفت شدگی ناحیه زیر برآمدگی می باشد.



## لیزر QWS-CGS-DFB باموجبر برآمده



طیف نویز شدت نسبی دو ساختار RW-QWS-DFB و QWS-DFB به ازای W=3 میکرومتر

نویز شدت نسبی RIN از رابطه زیر به دست می آید:

$$RIN = \frac{(P_{out}(t) - \bar{P}_{out})^2}{P_{out}^2}$$

افزایش ضریب جفت‌شدگی، کاهش جریان آستانه و در نتیجه افزایش توان خروجی ساختار با موجبر برآمده سبب کاهش RIN در ساختار RW-QWS-DFB می‌شود.

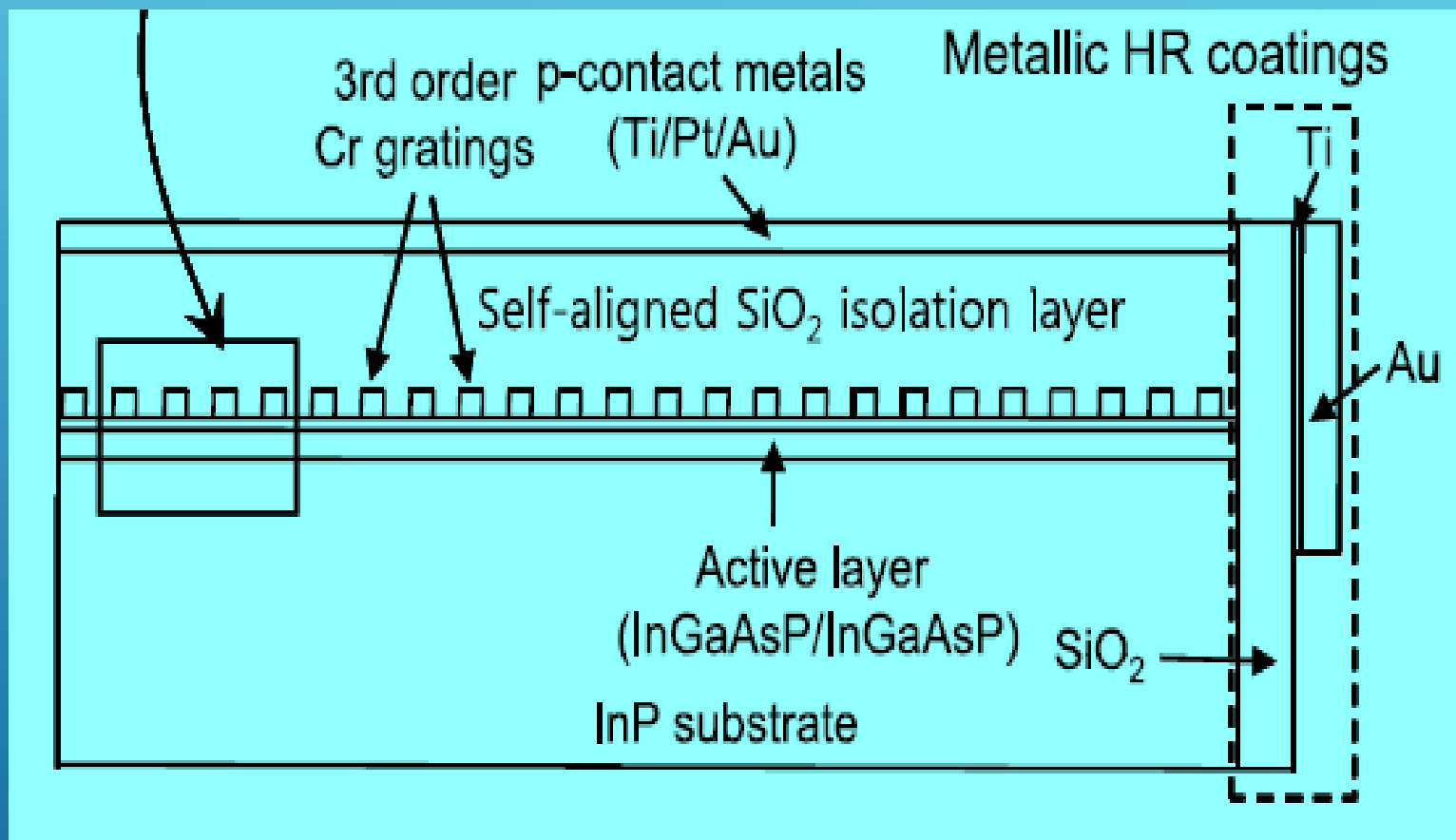
## لیزر QWS-CGS-DFB باموجبر برآمده

ایجاد موجبر برآمده سبب افزایش ضریب جفت شدگی، کاهش جریان آستانه و کاهش RIN می شود.

به ازای  $W$  برابر ۳ میکرومتر مقدار RIN در حدود ۱۰ دسی بل کاهش می یابد.

نویز شدت نسبی با افزایش شدت جریان تزریقی کاهش می یابد و ساختارهای با جریان آستانه بالاتر دارای RIN بیشتری هستند جریان آستانه در محدوده  $W$  بین نیم تا دو میکرومتر دارای کمینه مقدار است

## ساختار لیزر فیدبک توزیع شده با کوپل جانبی با روکش بازتاب بالای فلز- دی الکتریک



لایه HR پوششی با بازتاب بالاتشکیل شده از Au/Ti/SiO<sub>2</sub> که روی آینه کاواک را پوشش می دهد.

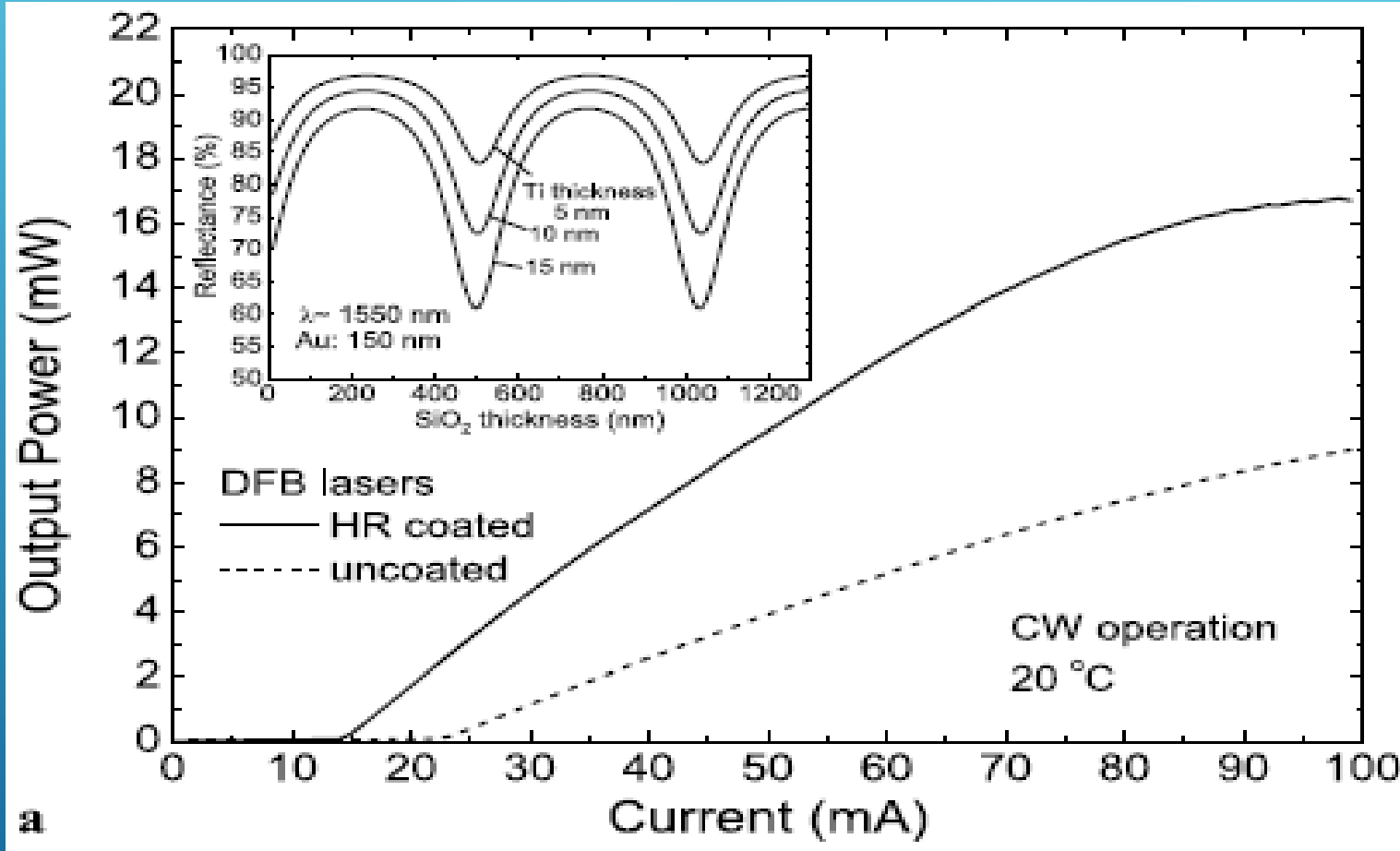
لیزر دارای لایه پوششی به دلیل اینکه باعث کاهش تلفات آینه می شود دارای مزایای زیادی در مقایسه با لیزر بدون پوشش است

لایه SiO<sub>2</sub> به وسیله pcvd نشانده می شود

لایه Au هم توسط تبخیر کننده بیم الکترونی ایجاد می شود.

لایه نازک Ti به منظور ایجاد چسبندگی بین دولایه به کار می رود.

## ساختار لیزر فیدبک توزیع شده با کوپل جانبی با روکش بازتاب بالای فلز- دی الکتریک



$$\eta_s = \frac{dP_{\text{out}}}{dI} = \frac{1}{1 + 1/\beta} \eta_i \frac{\alpha_m}{\alpha_m + \alpha_i}$$

and

$$\beta = \frac{1 - R_{\text{front}}}{1 - R_{\text{rear}}} \left( \frac{R_{\text{rear}}}{R_{\text{front}}} \right)^{1/2}$$

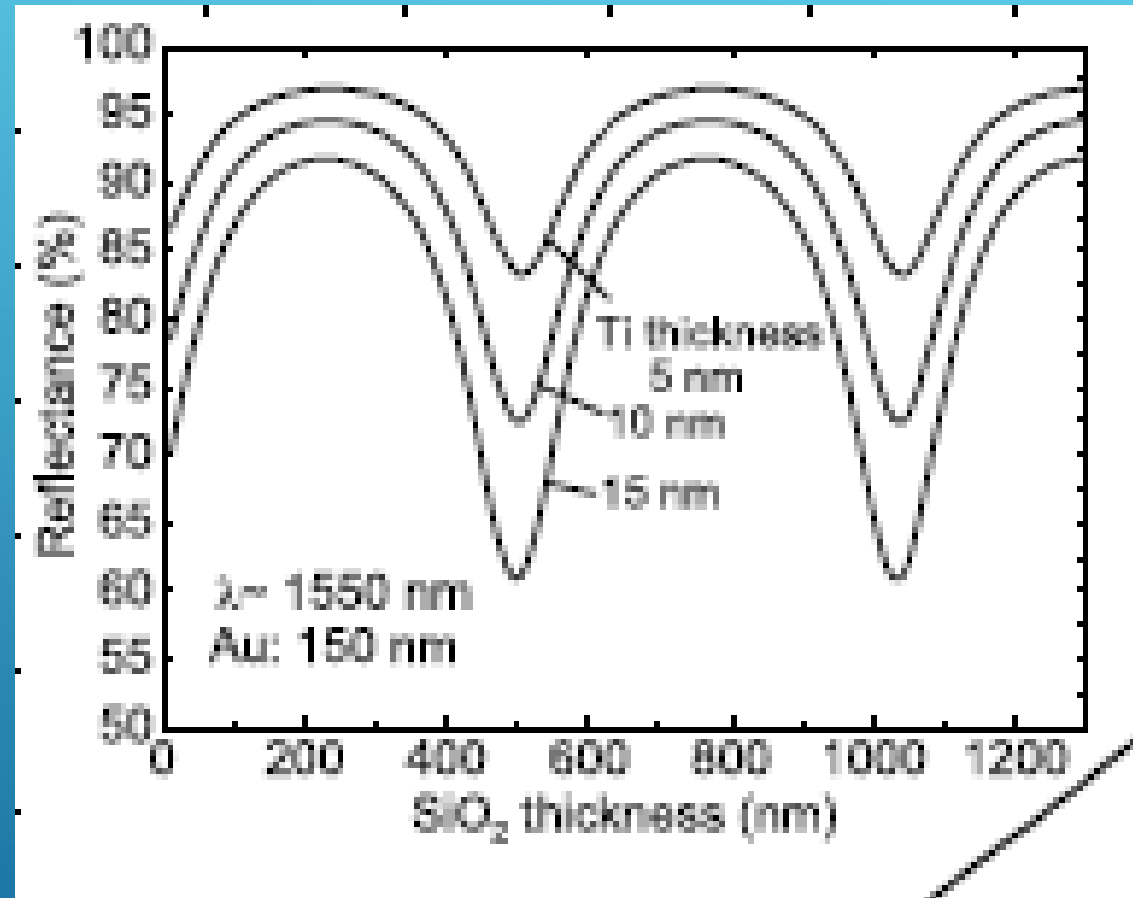
$\eta_i$  is the internal differential efficiency.

$\alpha_m$  Is the mirror loss

$\alpha_i$  is the internal loss

نمودار توان بر حسب جریان

## ساختار لیزر فیدبک توزیع شده با کوپل جانبی با روکش بازتاب بالای فلز- دی الکتریک



شبه سازی رفتار لایه پوششی به عنوان تابعی از SiO<sub>2</sub>

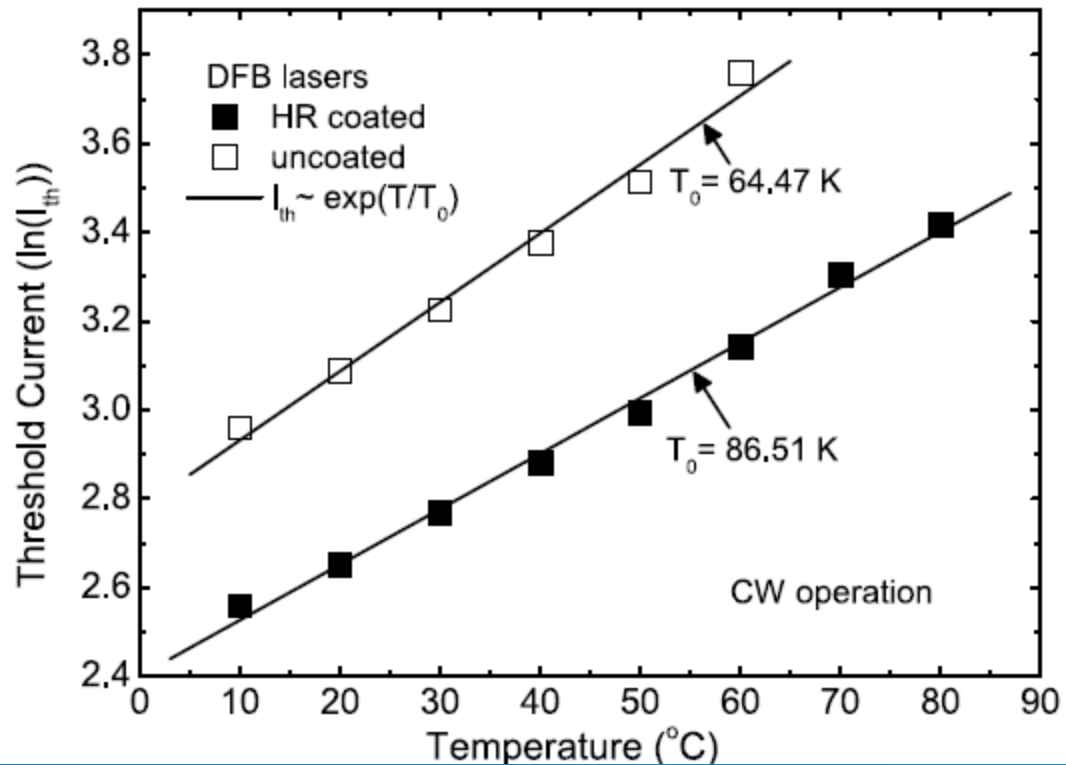
## ساختار لیزر فیدبک توزیع شده با کوپل جانبی با روکش بازتاب بالای فلز- دی الکتریک

برای ضخامت‌های مختلف Ti ضخامت ۱۵۰ نانومتر بای Au جهت تولید بازتاب بالا کافست . بازتاب چندلایه مذکور به طور چشمگیری با تغییر ضخامت لایه SiO2 تغییر می کند برای به دست آوردن بازتاب بالا باید ضخامت لایه SiO2 به دقت کنترل شود.

بازتاب حداکثر برای ضخامت ۲۱۲ نانومتر لایه SiO2 به دست می آید.

با افزایش ضخامت لایه Ti از حد گفته شده بازتاب کاهش می یابد پس لایه Ti باید تا حد امکان نازک باشد برای جلوگیری از جذب نا خواسته.

## ساختار لیزر فیدبک توزیع شده با کوپل جانبی با روکش بازتاب بالای فلز- دی الکتریک



جریان ترشولد برای لیزر فیدبک توزیع شده دارای پوشش بازتاب بالا بسیار پایین تر لیزر بدون پوشش است

منحنی لگاریتمی جریان ترشولد به عنوان تابعی از دما برای دو ساختار HR Coated و Uncoated

## ساختار لیزر فیدبک توزیع شده با کوپل جانبی با روکش بازتاب بالای فلز- دی الکتریک

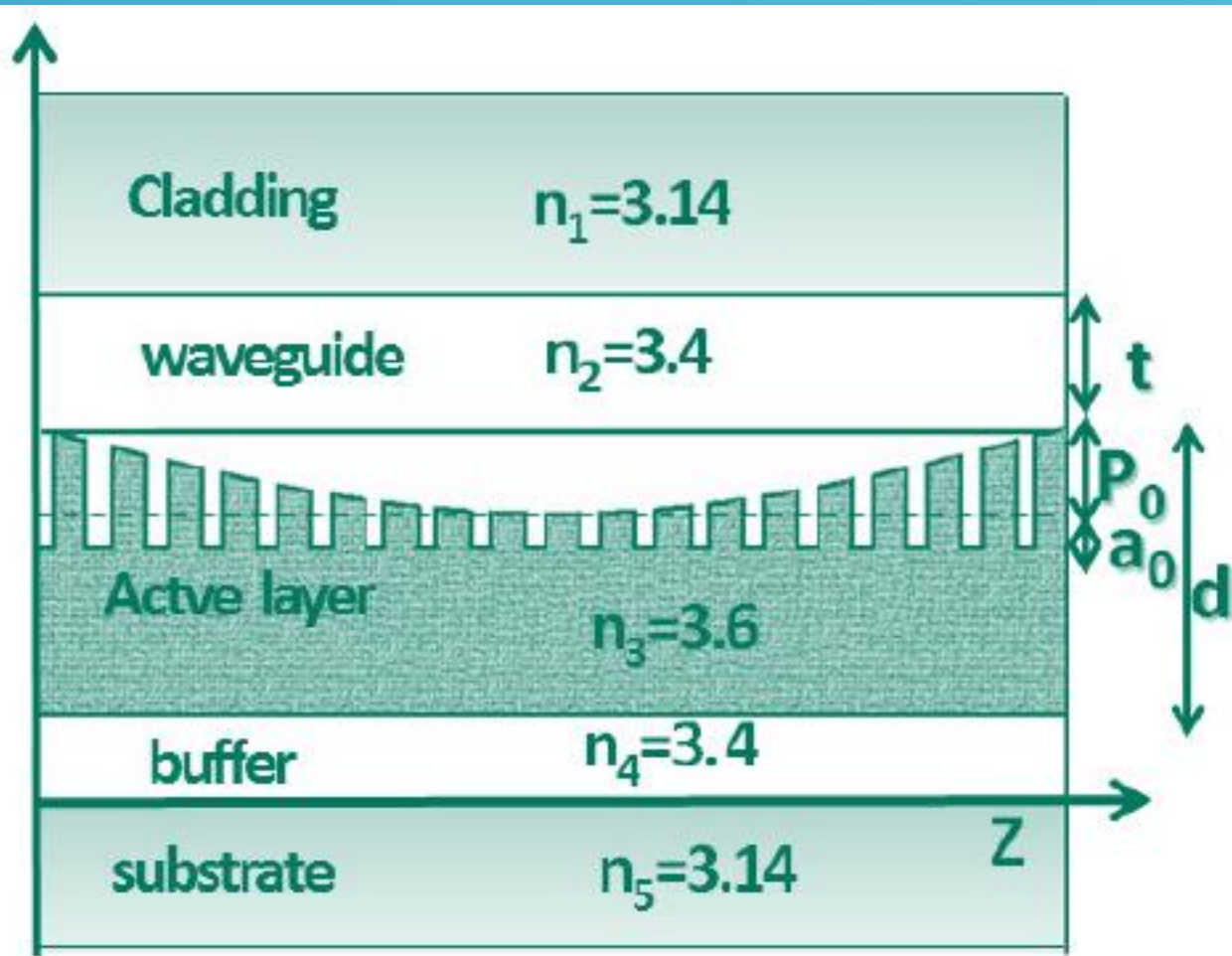
لایه پوششی به دلیل اینکه باعث کاهش لیزر دارای لایه تلفات آینه می شود دارای مزایای زیادی در مقایسه با لیزر بدون پوشش است

با افزایش مشخصه حرارتی ( $T_0$ ) باعث می شود یک سیگنال پایدار به دست آید

باعث بهبود شیب نمودار بازدهی و کاهش جریان آستانه و افزایش توان خروجی خواهد شد



## لیزرهای DFB با کوپلینگ بهره با ساختار توری مقعر



ساختار مقابل طرح ساده ای از یک لیزر CGC-DFB با توری مقعر نشان داده شده است.

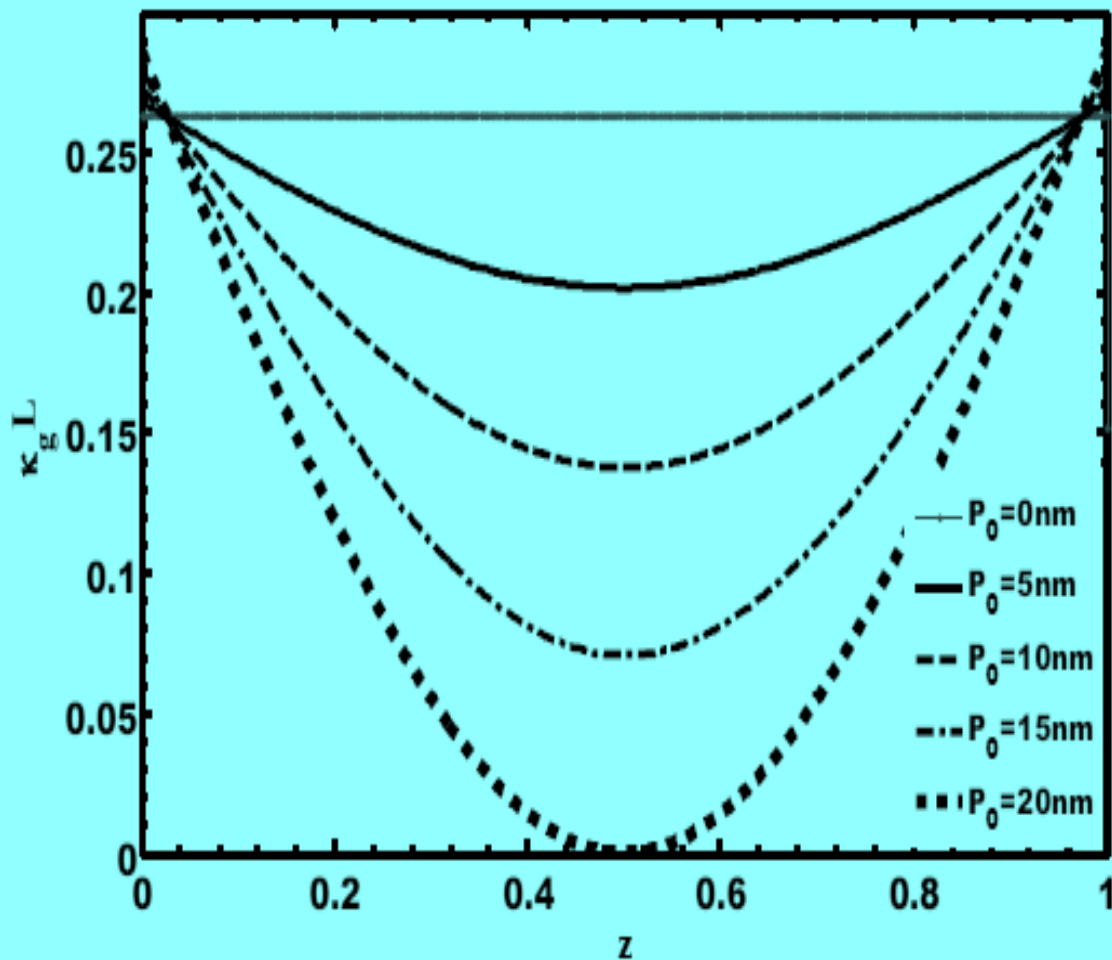
## لیزرهای DFB با کوپلینگ بهره با ساختار توری مقعر

دامنه توری یا ارتفاع شیارهای توری مقعر در راستای محور  $z$  با رابطه زیر معرفی می‌شود:

$$a(Z) = a_0 + P_0(1 - \sin \pi z) \quad 0 \leq Z = \frac{z}{L} \leq 1$$

که در آن  $a_0$  و  $a$  بترتیب مقدار ثابت و متغیر دامنه توری در هر نقطه از طول کاواک و  $P_0$  میزان تقعر توری را نشان می‌دهد.

## لیزرهای DFB با کوپلینگ بهره با ساختار توری مقعر

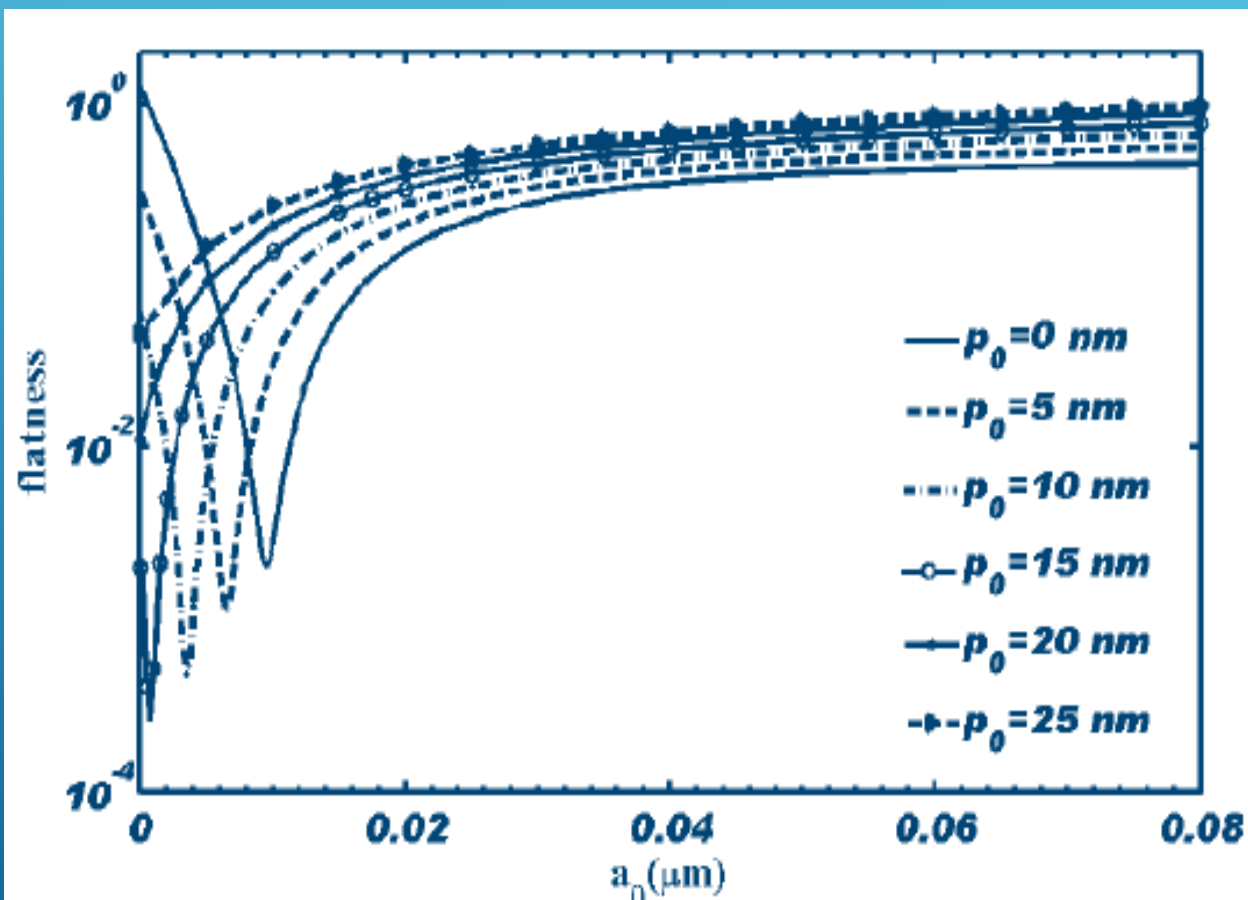


نمودار مقابل تغییرات ضریب جفت شدگی نرمالیزه KL برای مقادیر مختلف  $P_0$  رسم شده است. خط افقی در این شکل مربوط به ساختار با توری یکنواخت است.

همانطوری که مشاهده می شود در ساختارهای با توری مقعر، ضرایب جفت شدگی در طول کاواک یکسان نبوده و کمترین مقادیر ضریب جفت شدگی در مرکز کاواک و بیشترین مقدار آن در کناره ها می باشد.

مقدار ضریب کوپلینگ به مشخصات ساختار لیزر بستگی دارد و با افزایش دامنه توری افزایش می یابد.

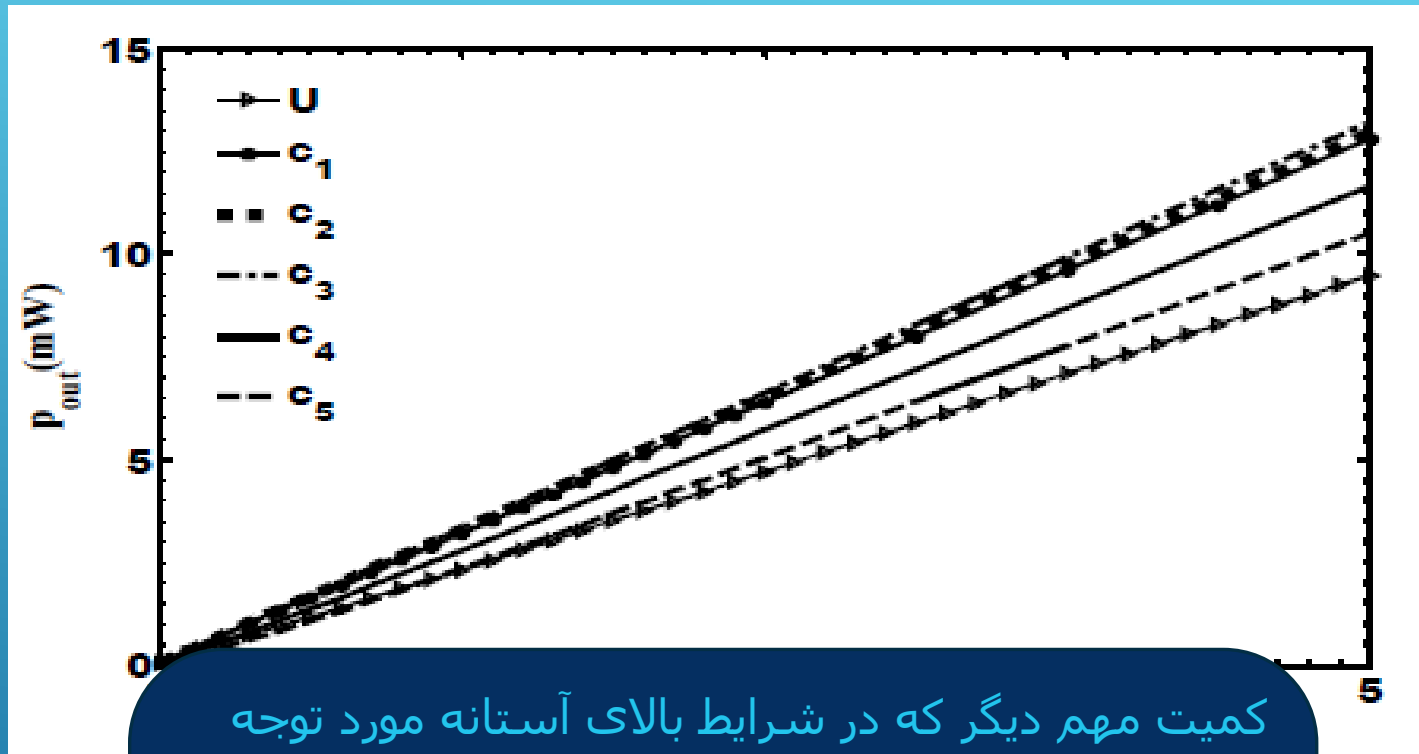
## لیزرهای DFB با کوپلینگ بهره با ساختار توری مقعر



در این شکل تغییرات پارامتر یکنواختی  $F$  بر حسب  $a_0$  در شرایط آستانه و به ازای مقادیر مختلف  $p_0$  نشان داده شده است. برای بعضی از مقادیر  $a_0$  و  $p_0$  مقدار کمینه ای برای پارامتر یکنواختی  $F_{\min}$  وجود دارد.

با افزایش تقعر توری مقدار  $F_{\min}$  کاهش یافته و به ازاء  $a_0$  های کوچکتر اتفاق می افتد. بنابراین ساختارهای C-CGC-DFB پایداری بیشتری نسبت به ساختارهای با توری یکنواخت در مقابل اثر SHB داشته و با افزایش تقعر توری پایداری ساختار در برابر پدیده HSB افزایش می یابد.

## لیزرهای DFB با کوپلینگ بهره با ساختار توری مقعر



کمیت مهم دیگر که در شرایط بالای آستانه مورد توجه می باشد توان خروجی لیزر است. به ازاء مقادیر مختلف  $p_0$  نمودارها از  $c_0$  تا  $c_5$  نامگذاری شده و نمودار  $U$  مربوط به حالت یکنواخت است. در تمامی ساختارها با افزایش جریان توان خروجی افزایش می یابد. همچنین برای تمامی مقادیر  $b$  توان خروجی برای همه حالت‌های ساختار مقعر از ساختار یکنواخت بیشتر است.

## لیزرهای DFB با کوپلینگ بهره با ساختار توری مقعر

ایجاد توری غیر یکنواخت با دامنه و دوره تناوب متغیر سبب بهبود عملکرد و افزایش پایداری ساختارهای مذکور تر مقابل اثر HSB می شود.

در این ساختارها با افزایش تقعر کمینه پارامتر یکنواختی کاهش یافته

توان خروجی ساختار مقعر بیشتر می شود نسبت به حالت یکنواخت

# مراجع

1. R.D. Martin, S. Forouhar, S. Keo, R.J. Lang, R.G. Hunsperger, R.C. Tiberio, P.F. Chapman, *IEEE Photonics Technol. Lett.* **7**, 244 (1995)
2. M. Kamp, J. Hofmann, A. Forchel, F. Schäfer, J.P. Reithmaier, *Appl. Phys. Lett.* **74**, 483 (1999)
3. S.J. Jang, J.S. Yu, Y.T. Lee, *IEEE Photonics Technol. Lett.* **20**, 514 (2008)
4. G.P. Agrawal, N.K. Dutta, *Semiconductor Lasers* (Van Nostrand Reinhold, New York, 1993)
5. G.L. Belenky, D.V. Donetsky, C.L. Reynolds Jr., R.F. Kazarinov, G.E. Shtengel, S. Luryi, J. Lopata, *IEEE Photonics Technol. Lett.* **9**, 1558 (1997)
6. M. Muller, D. Gollub, M. Fischer, M. Kamp, A. Forchel, *IEEE Photonics Technol. Lett.* **15**, 897 (2003)
7. M. Muller, F. Klopff, M. Kamp, J.P. Reithmaier, A. Forchel, *IEEE Photonics Technol. Lett.* **14**, 1246 (2002)
8. L.K. Kosi, H. Temkin, G.J. Pryzbyl, B.P. Segner, S.G. Napholtz, C.M. Bogdanowicz, N.K. Dutta, *Appl. Phys. Lett.* **51**, 2219 (2002)
9. V.A. Kheraj, C.J. Panchal, P.K. Patel, B.M. Arora, T.K. Sharma, *Opt. Laser Technol.* **39**, 1395 (2007)
10. H. Page, P. Collot, A. de Rossi, V. Ortiz, C. Sirtori, *Semicond. Sci. Technol.* **17**, 1312 (2002)
11. K. Goossen, W. Knox, in *Lasers and Electro-Optics Society (LEOS'99)* (1999), p. 171
12. C. Hu, M. Kiene, P.S. Ho, *Appl. Phys. Lett.* **79**, 4121 (2001)
13. J.P. Van Der Ziel, R.A. Logan, R.D. Dupuis, *IEEE J. Quantum Electron.* **21**, 1659 (1985)
14. R. Bedford, M. Fallahi, *Opt. Lett.* **29**, 1010 (2004)
15. D. Plumwongrot, Y. Nishimoto, S.M. Ullah, Y. Tamura, M. Kurokawa, T. Maruyama, N. Nishiyama, S. Arai, *Jpn. J. Appl. Phys.* **46**, L1090 (2007)