

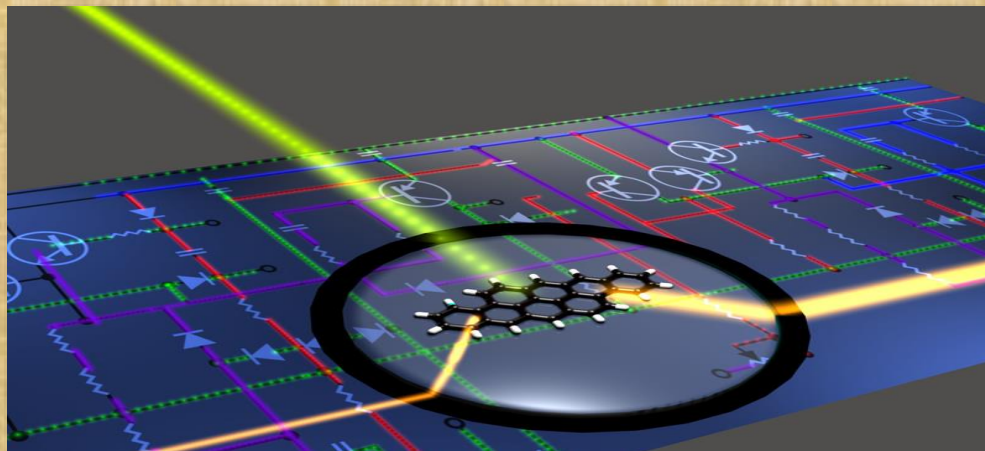
به نام خدا

مدارهای مجتمع نوری

Optical Integrated Circuits(OIC)
Integrated Photonics

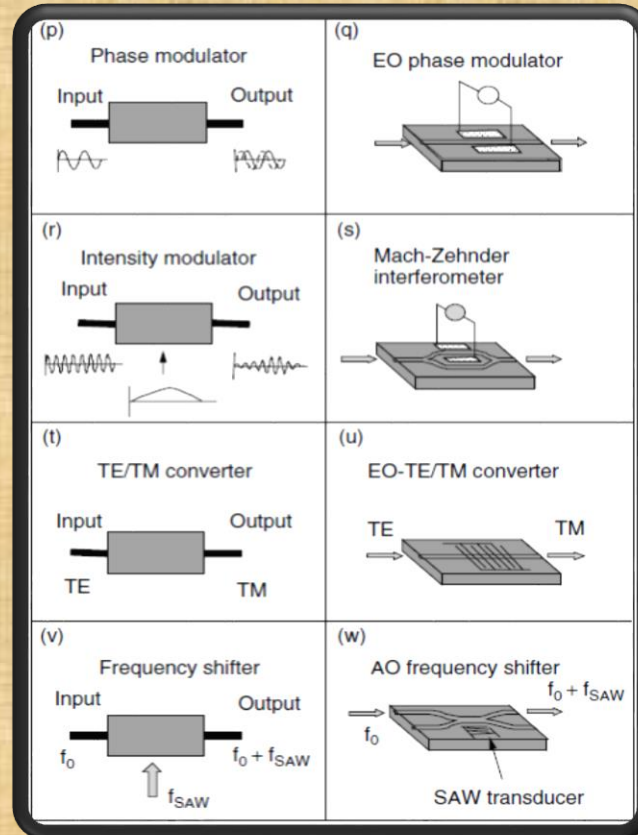
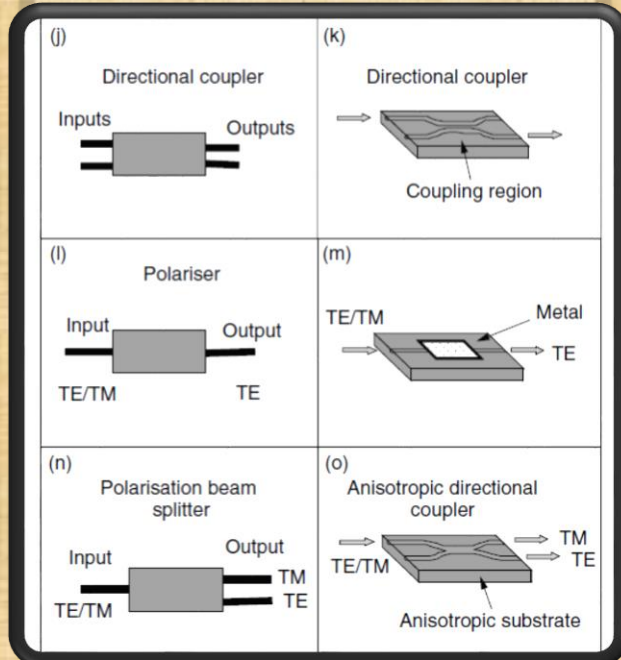
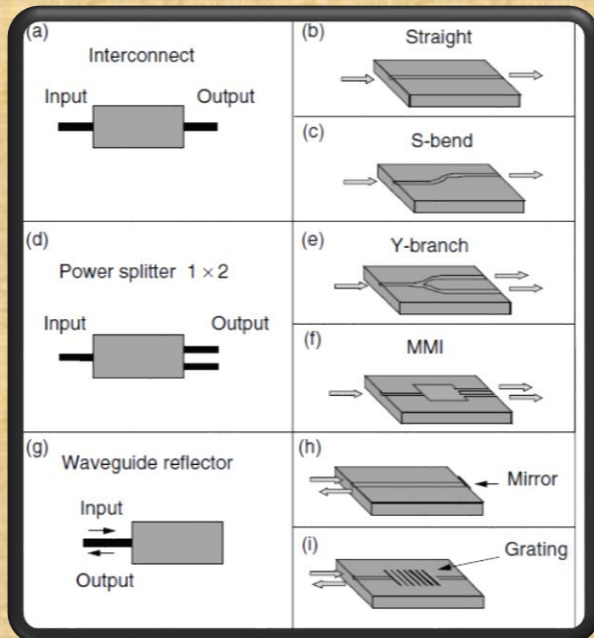


معرفی مدارهای مجتمع نوری



- مدار مجتمع نوری یک فناوری انقلابی است که از نور (فوتون) به جای الکترون در ICها برای انتقال داده‌ها استفاده می‌کند.
- از آنجاییکه فوتونها بسیار سریع حرکت می‌کنند از فناوری مدارهای مجتمع نوری برای انتقال و پردازش سریع حجم انبوهی از داده‌ها استفاده می‌شود.

معرفی مدارهای مجتمع نوری



مدارهای مجتمع نوری
شامل اجزای متعددی
همچون موارد زیر هستند:

- موجبرها
- فوتونیک کریستال
- ماخ زندر
- کوپلر
- مشددها
- سویچها
- تقویت کننده ها و...

معرفی مدارهای مجتمع نوری

مدارهای مجتمع نوری شامل ترکیب ادوات مختلفی همچون موجبرها، ادوات نوری پسیو و اکتیو بر یک زیر لایه برای انجام کار خاصی است.

اپتیک غیر خطی

اکستوائتیک

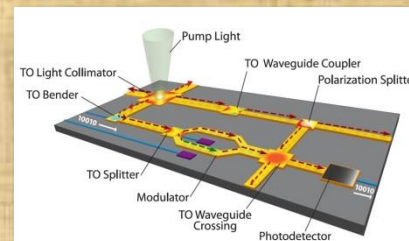
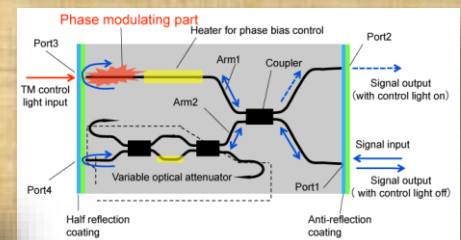
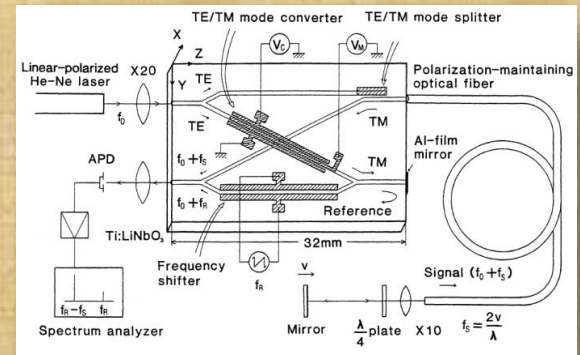
مگتوائتیک

الکترواپتیک

اپتوالکترونیک

موجبرها، فوتونیک
کریستال، ماخ زندر،
کوپلر، مشددها،
سوئیچها و
ترانزیستورهای تمام
نوری، تقویت کننده ها

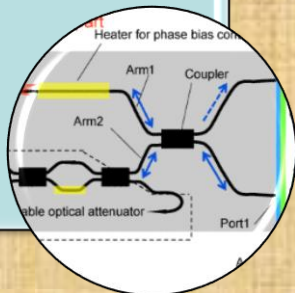
مدارهای مجتمع نوری



مقایسه مدارهای مجتمع نوری با مدارهای الکترونیک

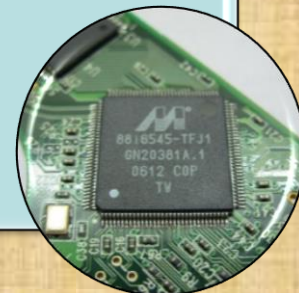
- فوتون
- فیبر نوری
- ادوات پسیو نوری همچون موجرها، فوتونیک کریستال، ماخ زندر، کوپلر، مشددها و ...
- سویچها و ترانزیستورهای تمام نوری، تقویت کننده ها

مدار مجتمع نوری

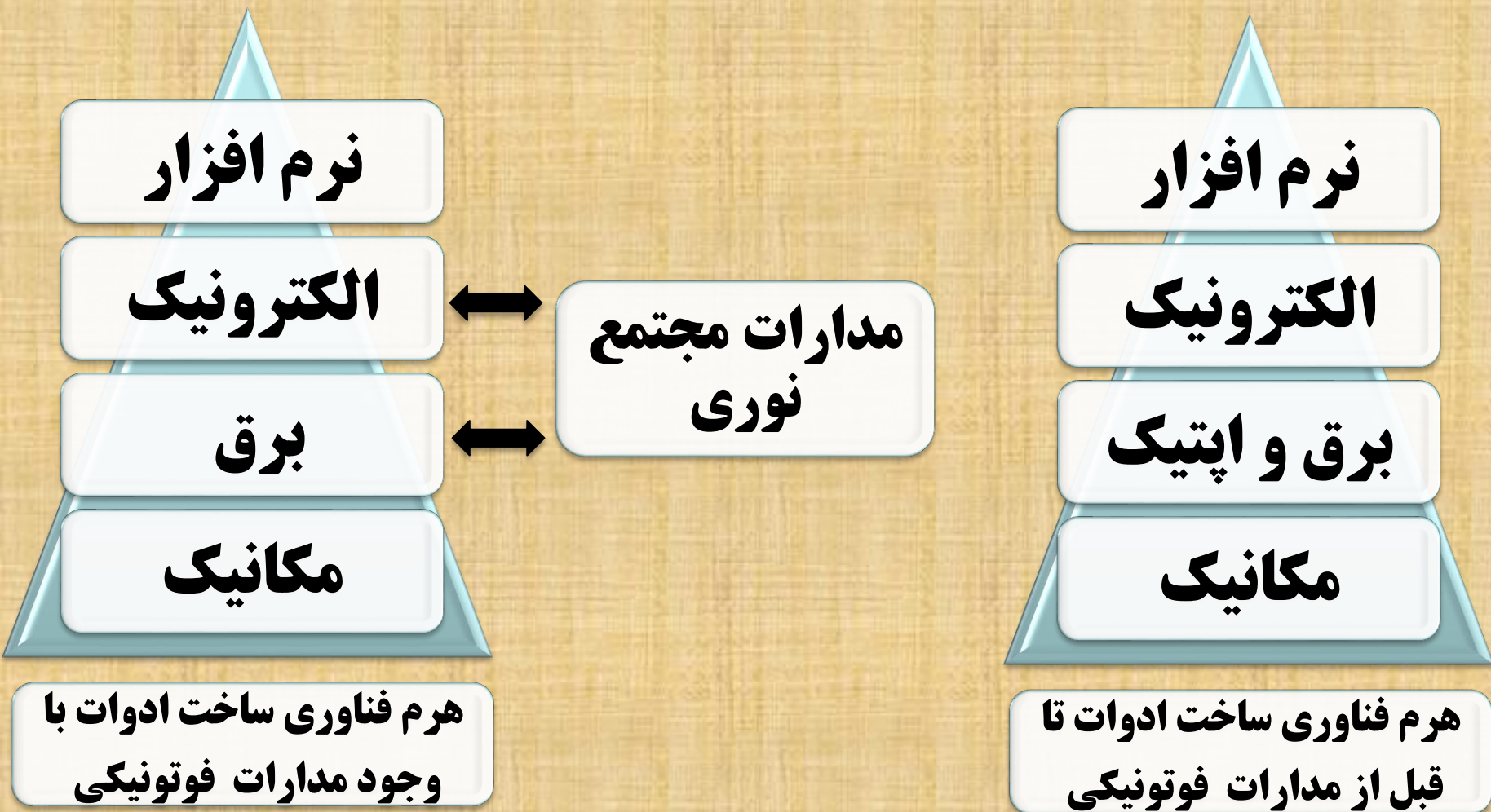


- الکترون
- سیم
- ادوات پسیو همچون مقاومت، دیود و ...
- ادوات اکتیو همچون ترانزیستور

الکترونیک



جایگاه مدارهای مجتمع نوری در فناوری

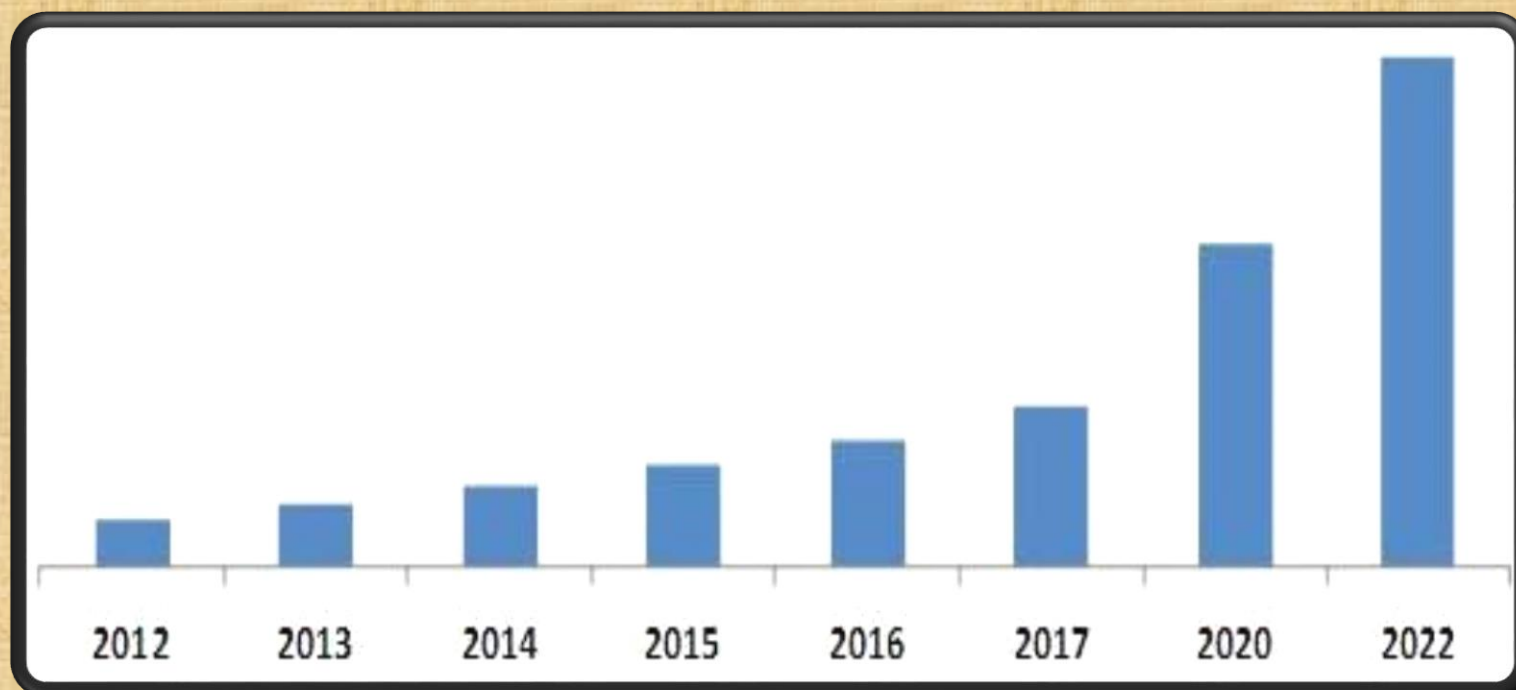


کاربردهای مدارهای مجتمع نوری



پیش بینی روند رو به رشد قابل توجه برای بازار مصرف مدارهای

مجتمع نوری در سال ۲۰۲۲ نسبت به سال ۲۰۱۲



ویژگیهای سیستمهای مجتمع نوری

برتری نسبت به سیستمهای الکترونیک



- سرعت بالا

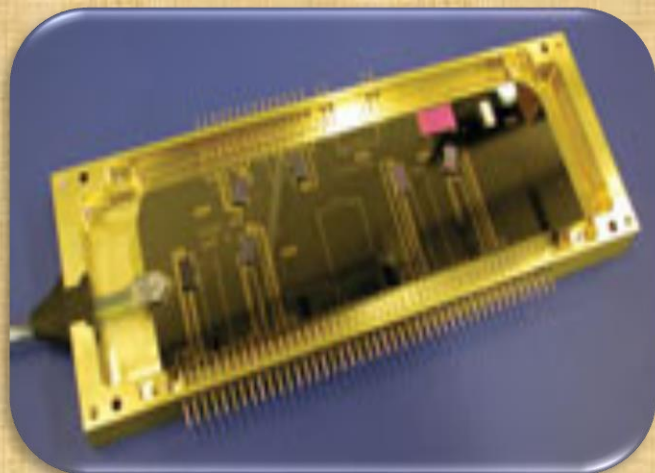
- ضد نویز

- مقاوم در برابر بمبهای الکترومغناطیسی

- ایمنی در محیطهای قابل احتراق

- امنیت در مقابل شنود

- پهنای باند زیاد



برتری نسبت سیستمهای اپتیک کلاسیک و فیبر نوری

- حجم و وزن کم

- مقاوم در برابر لرزش

- قابلیت تولید انبوه

- قابلیت ترکیب با ICهای الکترونیکی

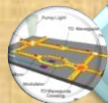
حوزه های علمی مدارهای مجتمع نوری



اپتوالکترونیک



الکترواپتیک



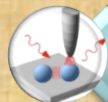
اکسترواپتیک



مگنتواپتیک



اپتوفلوئیدیک



نانوفوتونیک



پلاسمونیک

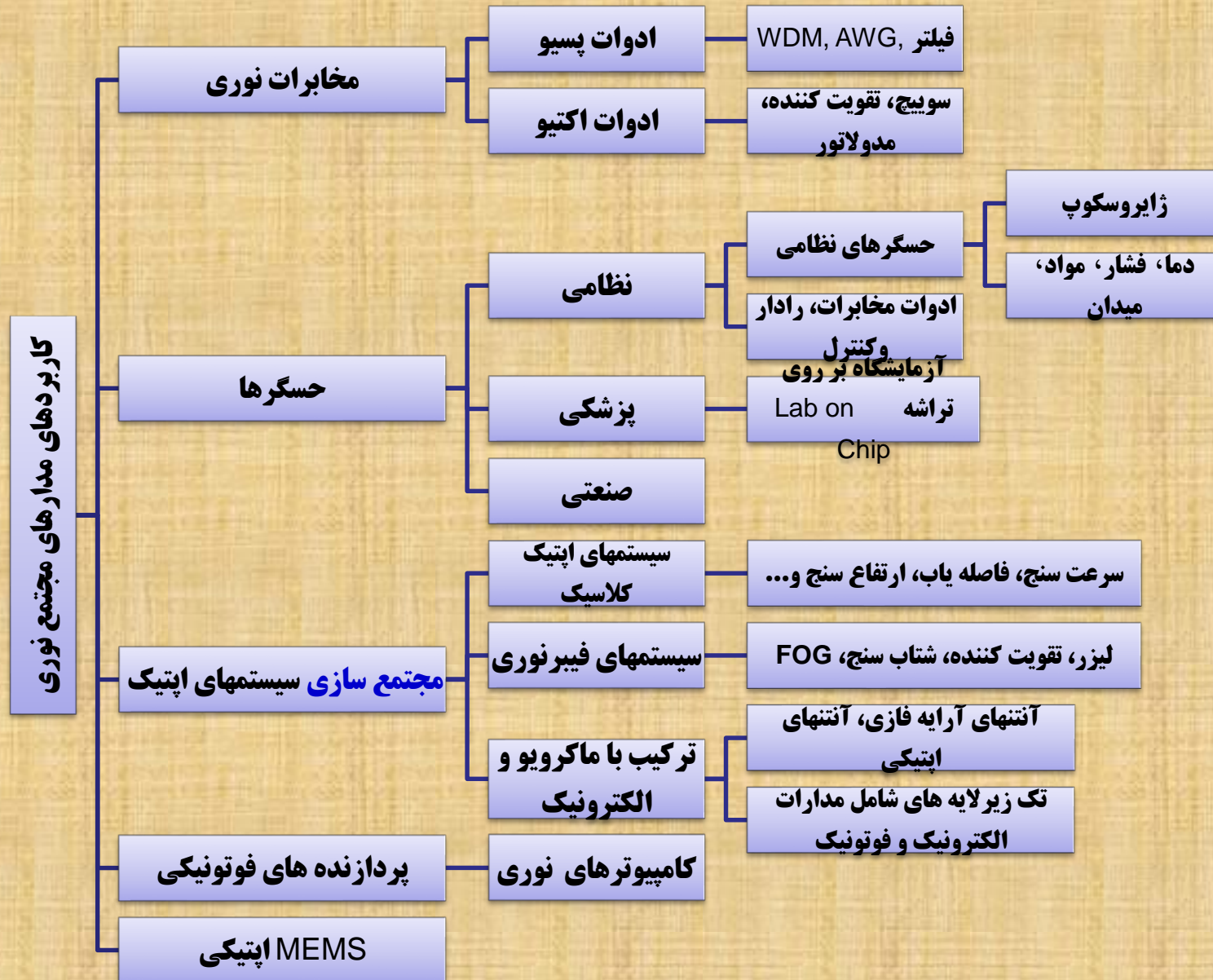


بیوفوتونیک



MEMS های اپتیکی

کاربردهای مدارهای مجتمع نوری



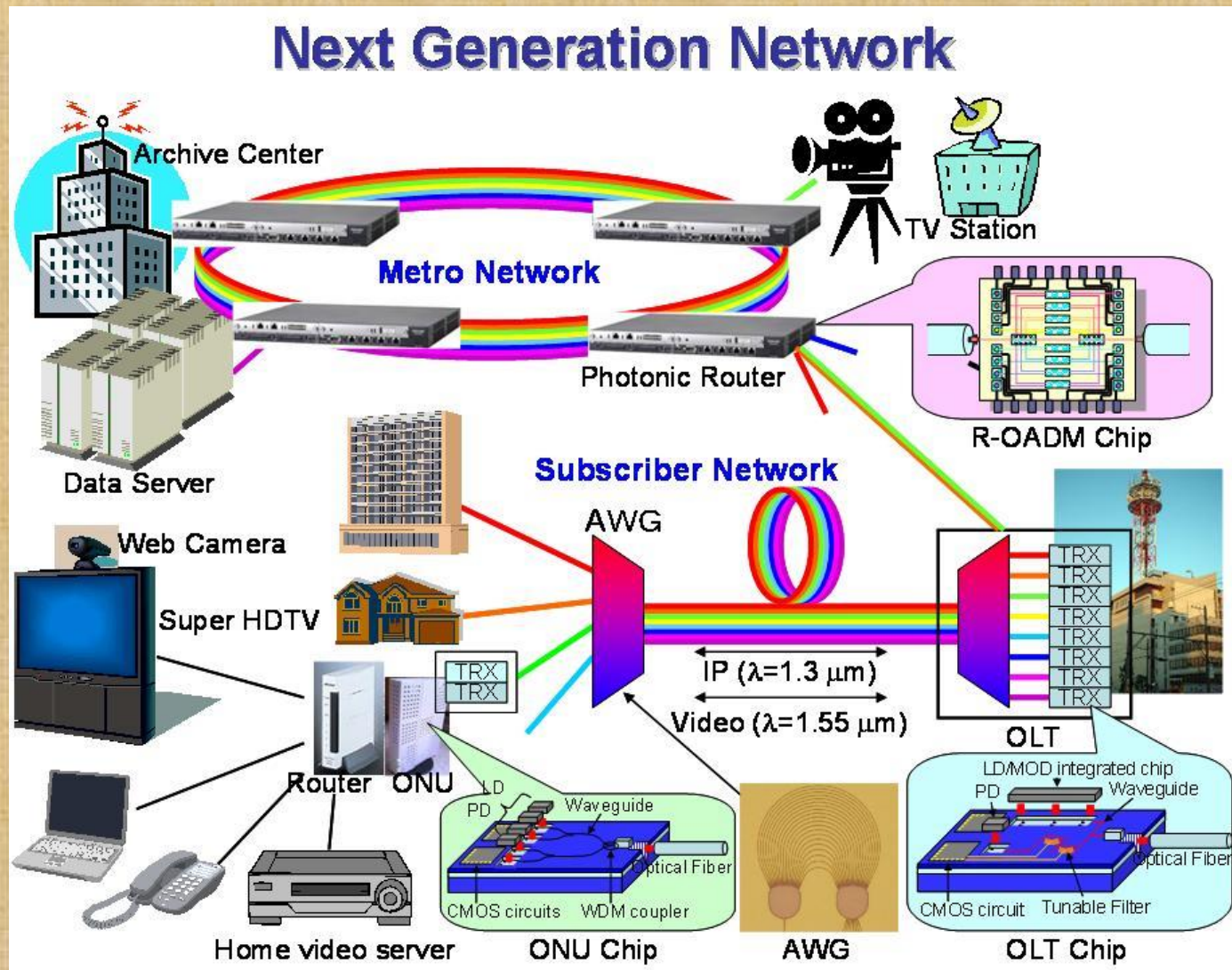
کاربردهای مدارهای مجتمع نوری



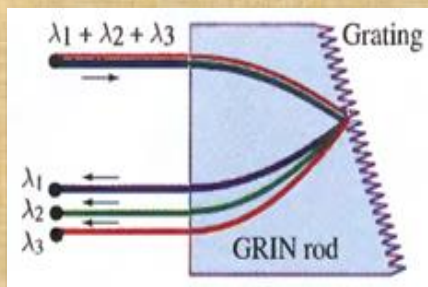
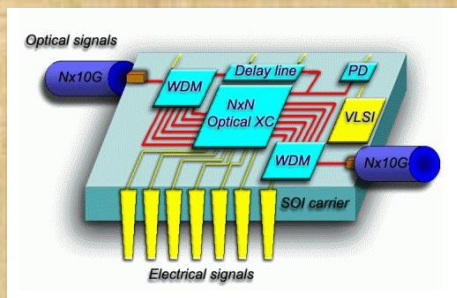
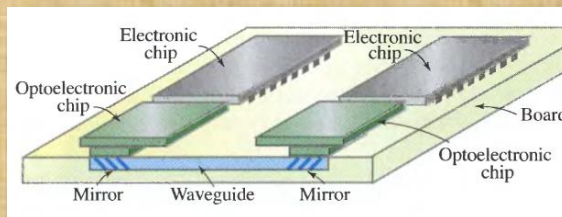
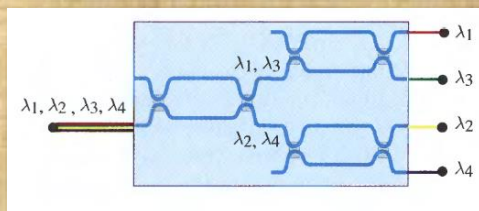
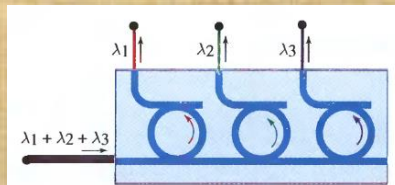
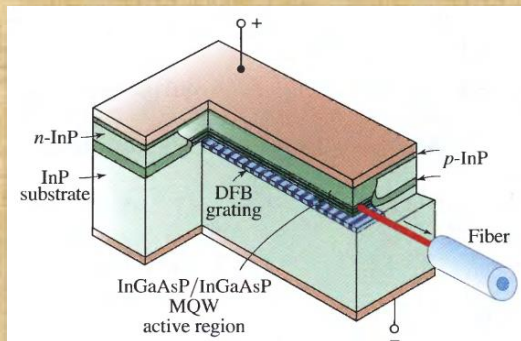
مخابرات نوری

- اصلی ترین عامل پیشرفت ادوات مجتمع نوری گسترش مخابرات فیبر نوری به توجه به پهنای باند روزافزون مورد نیاز بوده است.
- استفاده از ادوات الکترونیکی در مخابرات با سرعت بالا به دلیل محدودیت بسامد کاری این قطعات مشکل ساز خواهد بود. هر چه قدر عرض پالسه‌های نوری کمتر شود، نیاز به مدارهای الکترونیک پیچیده‌تر و گرانقیمت‌تر افزایش می‌یابد. یک راه حل ساده‌تر و اقتصادی‌تر، آن است که علایم نوری را از یک نقطه از شبکه مخابراتی به هر نقطه‌ی دیگر به طریق کاملاً نوری انتقال دهیم و زمانی آنها را دوباره به علایم الکترونیکی تبدیل کنیم که بخواهیم در مقصد تحویل مدارات الکترونیک دهیم.
- انتقال کاملاً نوری بدین معناست که فرآیندهای تقویت، تقسیم توان، تفکیک طول موج و سویچ کردن را به صورت نوری و نه با واسطه‌های الکترونیکی انجام دهیم.

مخابرات نوری با سرعت و پهنای باند زیاد بر مبنای ادوات تمام مجتمع نوری

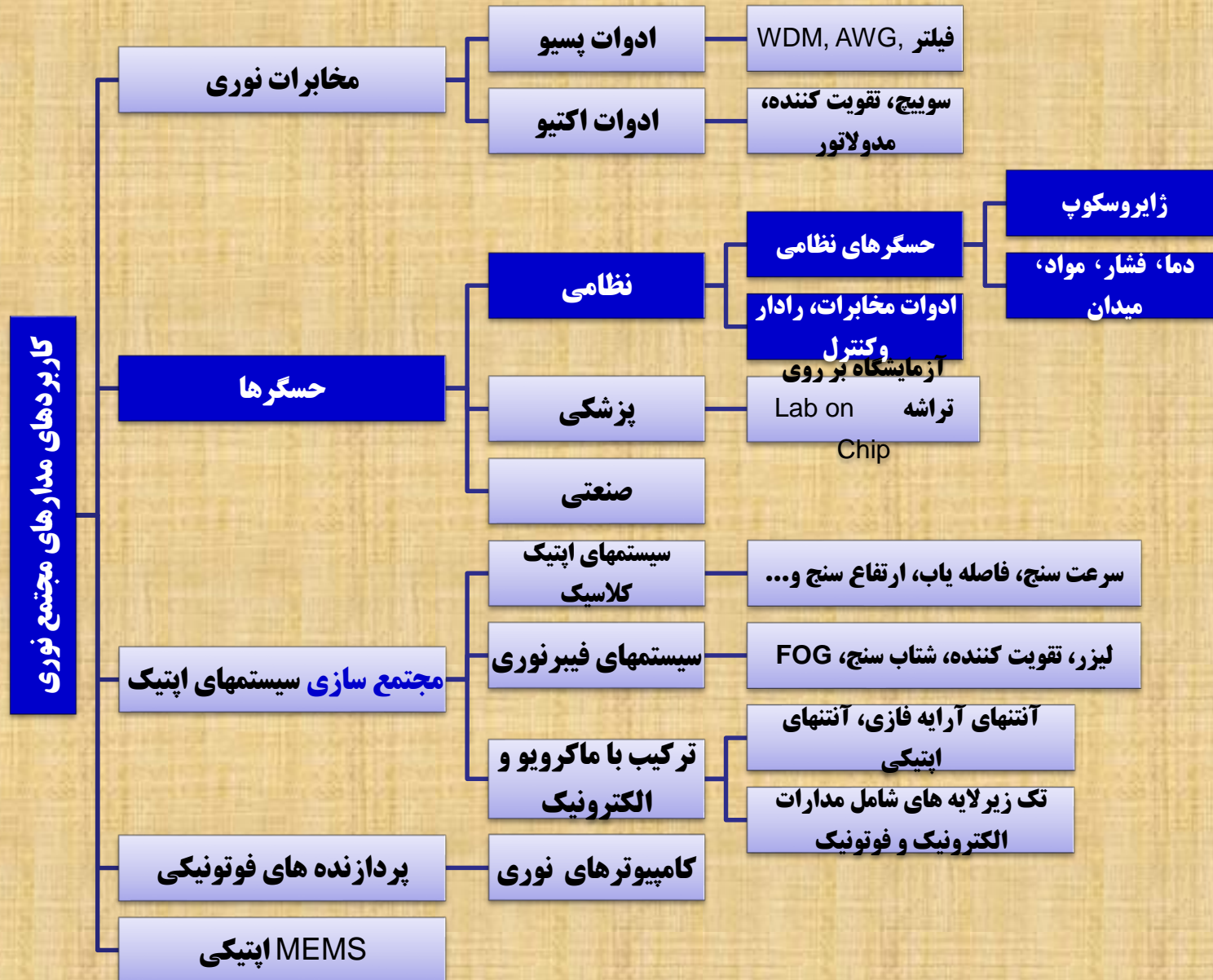


ادوات مجتمع مخابرات نوری



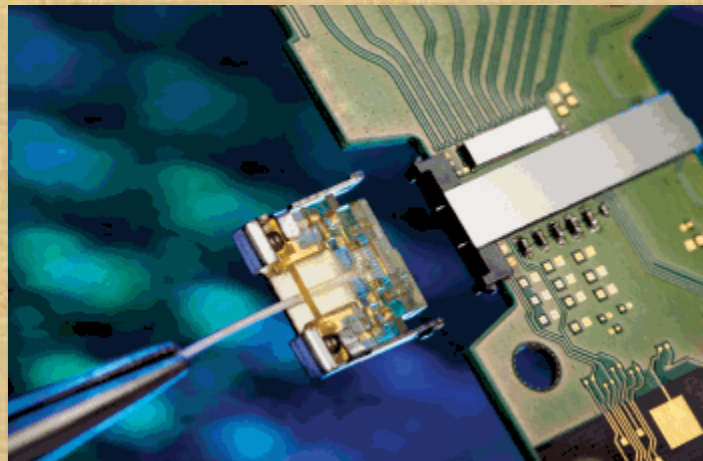
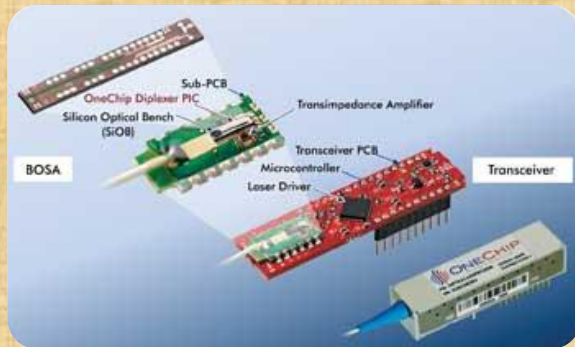
- مدولاتور
- سویچ
- سیستمهای MUX و DMUX
- تقویت کننده
- AWG
- انواع فیلتر نوری
- WDM
- ادوات جبرانگر پاشندگی
- Add-Drop
- منابع نوری
- آشکارسازها
- کوپلر ، ایزولاتور ، سیرکولاتور
- و دیگر ادوات مجتمع نوری

کاربردهای مدارهای مجتمع نوری



حسگرهای مجتمع نوری نظامی

ادوات مجتمع نوری به دلیل داشتن خواص ویژه زیر برای کاربردهای نظامی بسیار مناسب هستند:



- سرعت بالا
- دقت بالا
- ضد نویز
- مقاوم در برابر بمبهای الکترومغناطیسی
- ایمنی در محیطهای قابل احتراق
- امنیت در مقابل شنود و جنگ الکترونیک
- حجم و وزن کم
- مقاوم در برابر لرزش

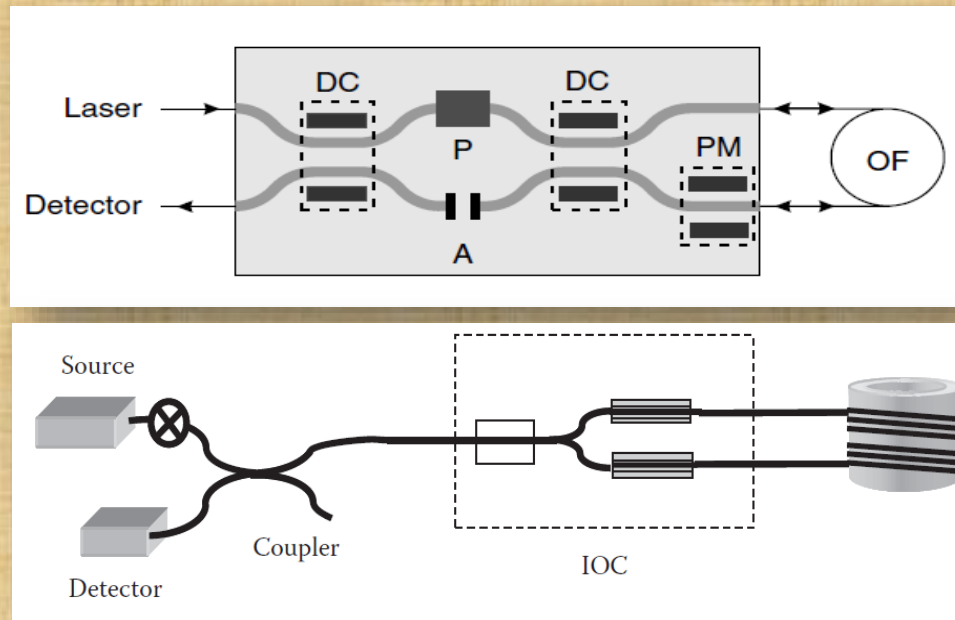
حسگرهای مجتمع نوری نظامی

یکی از مهمترین محصولات نظامی مدار مجتمع نوری **ژایروسکوپ** نوری است.

مزایای ژایروسکوپ دارای مدارهای مجتمع نوری:

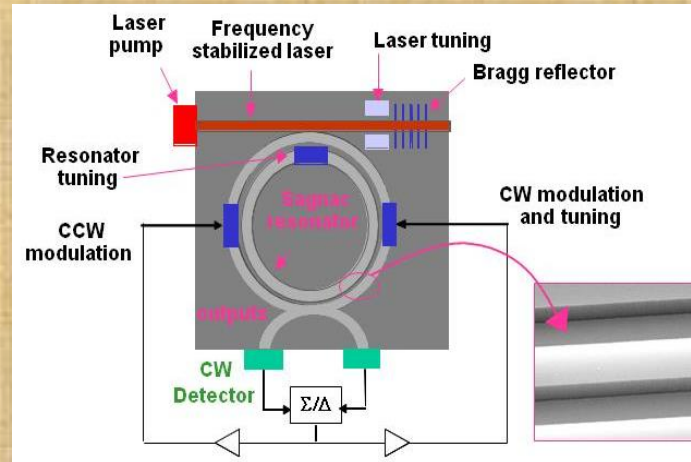
- حجم کم
- پایداری مکانیکی زیاد در مقابل لرزش و ناپایداری
- قطبشگر با بازده بالا
- مدولاتور الکترواپتیک
- قابلیت تولید انبوه
- دقتهای بالاتر

حسگرهای مجتمع نوری نظامی



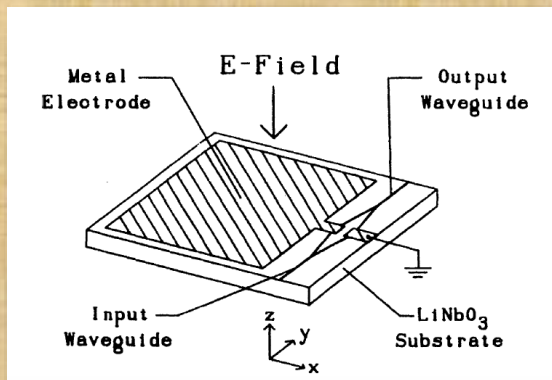
- **ساختار الف) ژایروسکوپ مجتمع اپتیکی با کویل فیبری:** در این ژایروسکوپ تمامی ویا برخی از اجزاء موردنیاز در طرح FOG معمولی بصورت مجتمع ایجاد می گردد و بخش کویل فیبر نوری بصورت جداگانه مونت میشود. به دلیل مجتمع سازی المانهای مهم پلاریزور، دایرکشنال کوپلر، مدولاتور و تضعیف کننده نوری، عملکرد این نوع ژایروسکوپ بهبود ویژه یافته و دقت آنها در مقایسه با نمونه های فیبری بسیار زیاد خواهد شد. بر خلاف ساختارهای FOG فیبری ساختار پیشنهادی فوق از پایداری و انعطاف طراحی بالاتری برخوردار بوده که دستیابی به دقت های بالا را ساده تر خواهد کرد.

حسگرهای مجتمع نوری نظامی

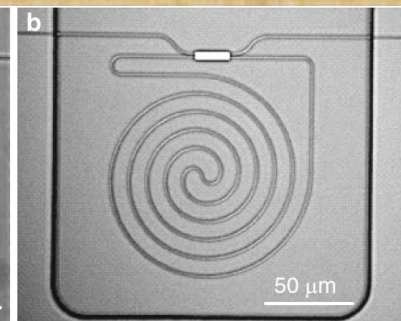
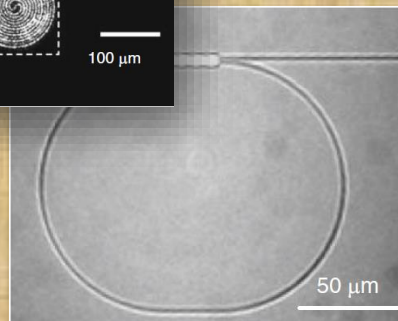
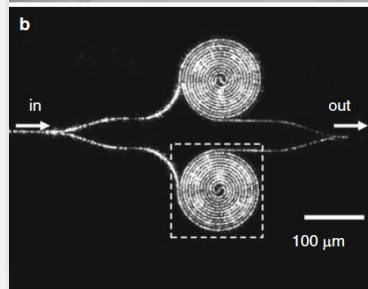
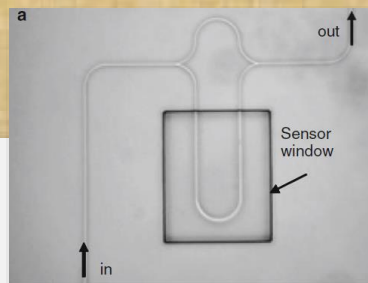
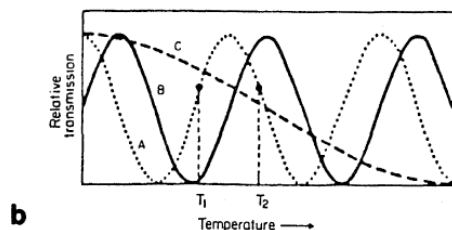
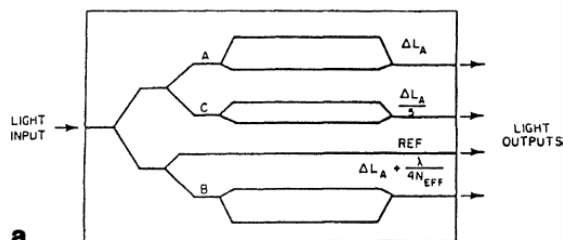


- **ساختار ب) ژایروسکوپ تمام مجتمع فعال اپتیکی:** در این ساختار، به کمک المانهای مجتمع نوری نظیر توری و موجبر، لیزر بصورت مجتمع ساخته می شود؛ سپس با کوپل خروجی لیزر به داخل یک رینگ موجبری، اثرات چرخش بر فرکانس موج تزویج شده در نواحی کوپلینگ به عنوان عامل اندازه گیری دوران بیرونی استفاده می گردد. علاوه بر این از فیدبک خروجی در بخش آشکارساز و الکترونیک مجموعه بمنظور پایدارسازی کلی سیستم ژایروسکوپ مذکور کمک گرفته می شود. پالسهای خروجی بخش الکترونیک بوسیله مدولاتور به رینگهای موجبری القا می شود.

حسگرهای مجتمع نوری نظامی



$$\frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{\gamma}{z} \left[1 + m \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} b \Delta L T + \Delta \phi_0 \right) \right],$$



- حسگرهای دقیق مواد شیمیایی
- حسگرهای دقیق میدان مغناطیسی
- حسگرهای دقیق دما و فشار و ...

ساخت حسگرها با استفاده از ادوات مجتمع :

- تداخل سنجهای مجتمع (ماخ-زندر و...)
- انواع کاواک مجتمع (میکرو حلقه و...)
- توریهای براگ

حسگرهای مجتمع نوری نظامی

- در مدارت میکروویو ، ادوات راداری، سیستمهای کنترل و **آنتنهای آرایه فازی** ادوات مجتمع نوری برای ایجاد ارتباط بین اجزا مختلف از فیبر نوری استفاده می شود. اجزای تبدیل سیگنالهای ماکروویو و الکتریکی به سیگنالهای نوری ادوات مجتمع نوری هستند.
- استفاده از مدارهای مجتمع نوری دارای مزایای زیر است:

• **سرعت بالا**

• **ضد نویز**

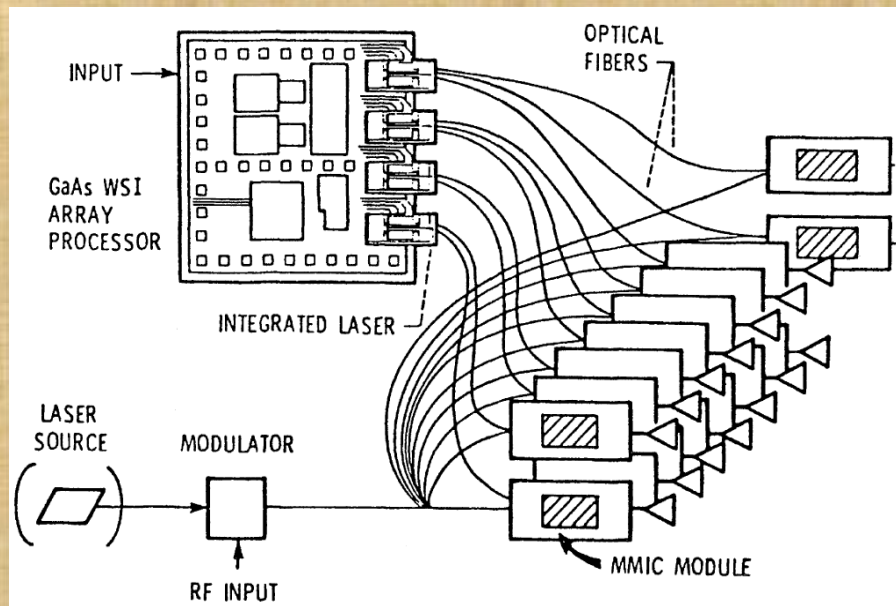
• **مقاوم در برابر بمبهای الکترومغناطیسی**

• **امنیت در مقابل شنود**

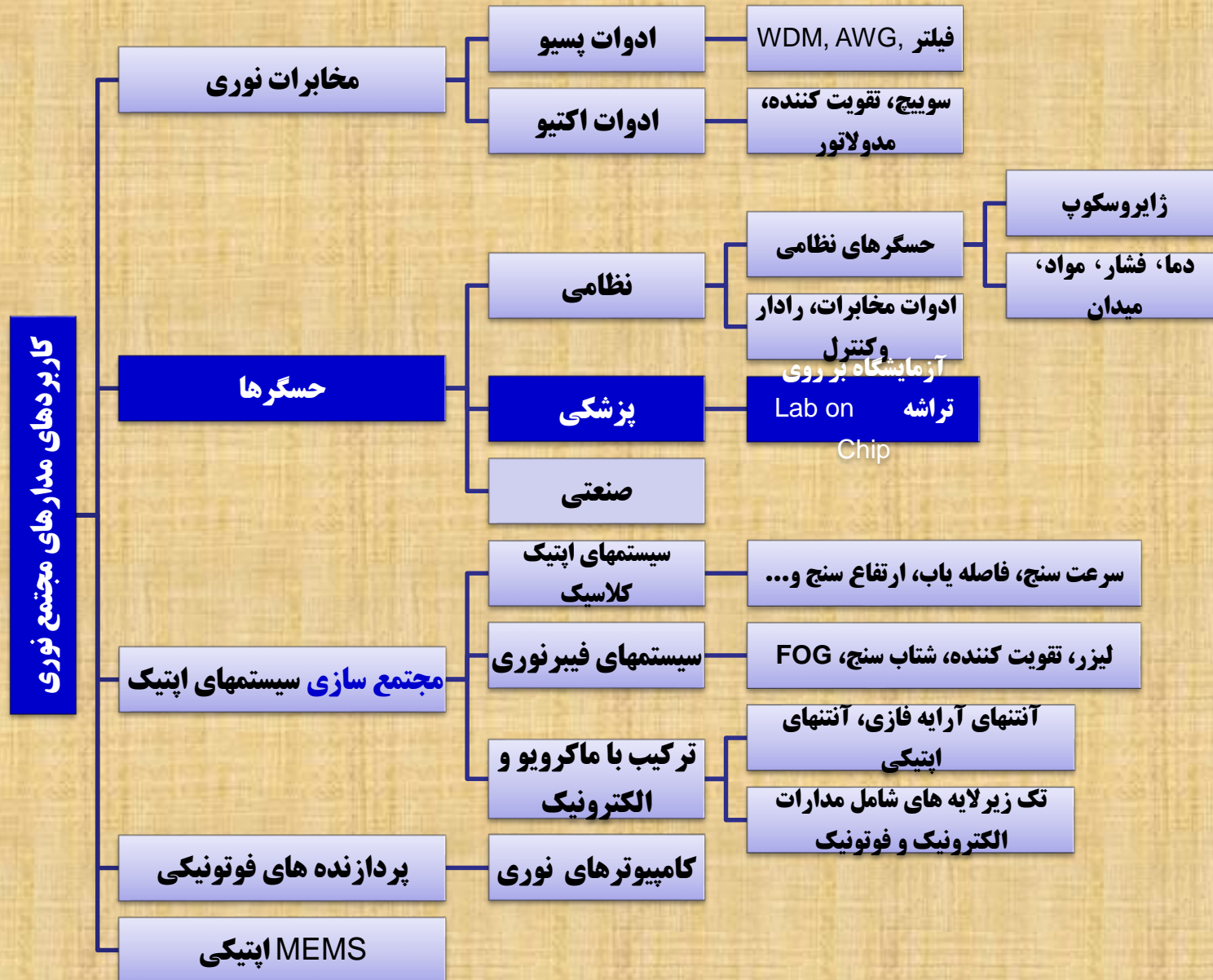
• **پهنای باند زیاد**

• **قابلیت ترکیب با ICهای الکترونیکی**

• **مقاوم در جنگهای الکترونیک**



کاربردهای مدارهای مجتمع نوری

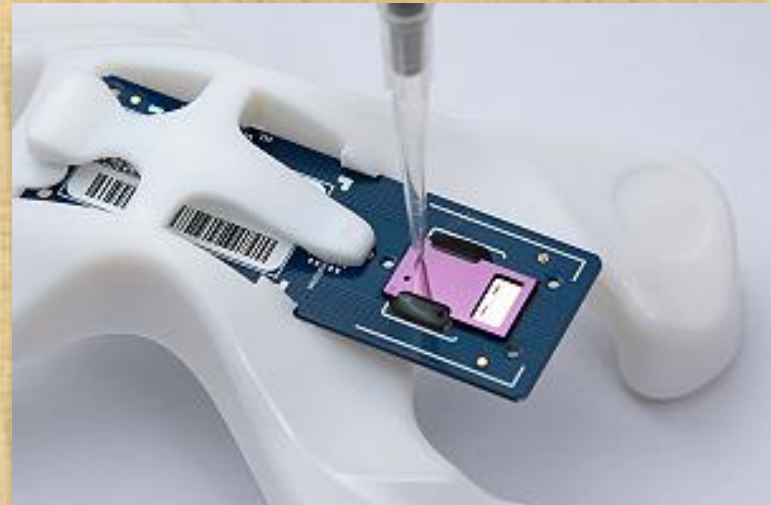




حسگرهای مجتمع نوری پزشکی

آزمایشگاهی روی یک تراشه

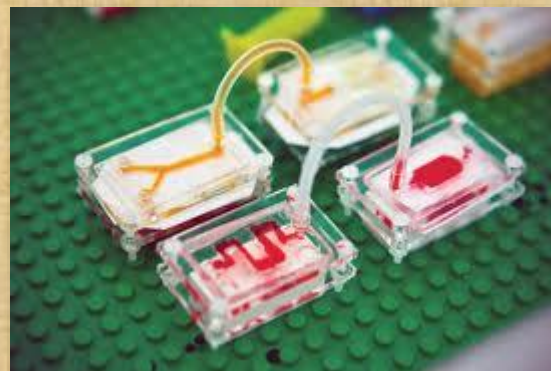
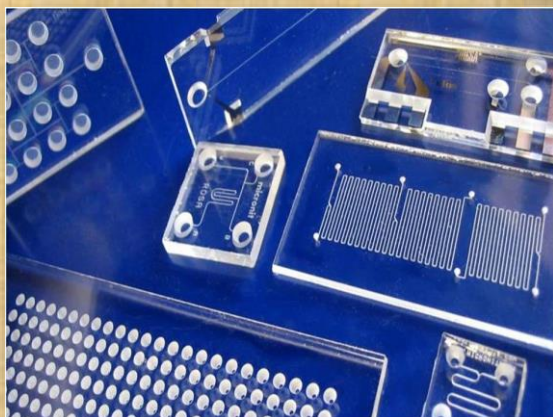
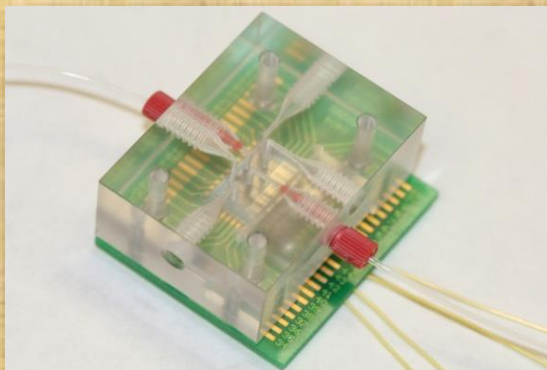
آزمایشگاه روی یک تراشه (Lab on a Chip) سیستمی است که قادر به مجتمع سازی چندین تابع آزمایشگاهی روی یک تراشه با سطح مقطع چندین میلی متر تا چند سانتی متر می باشد. بر پایه فناوری ریز سیالات کار می کند و انجام این آزمایشات بر روی حجم بسیار کوچکی در حد پیکومتر صورت می پذیرد.



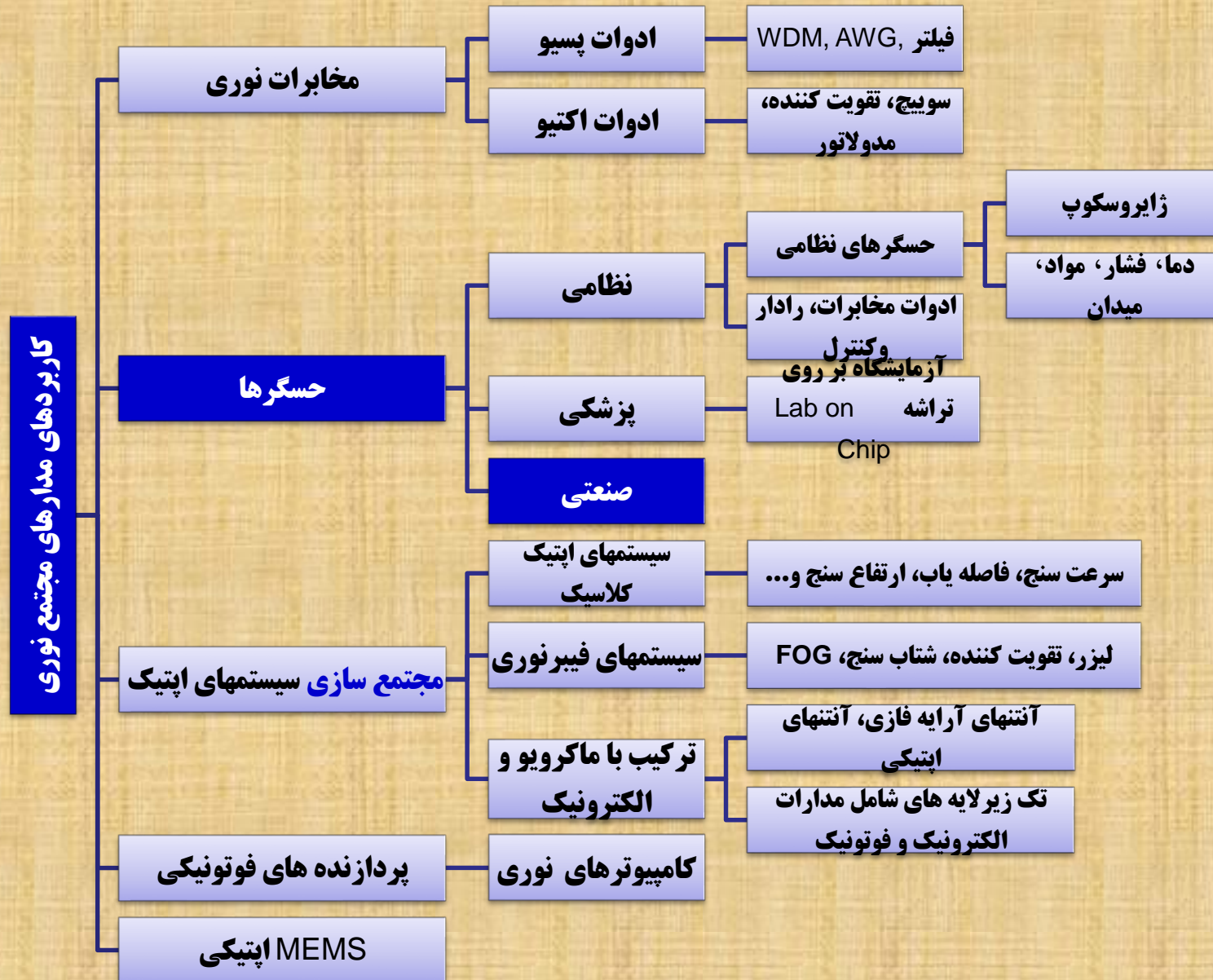
حسگرهای مجتمع نوری پزشکی

کاربردهای Lab On a Chip

- برای کاربردهای بیوتکنولوژی R&D
- کلیه تشخیصها و آزمایشهای پزشکی
- تشخیص سریع گاز
- کشف دارو و گسترش آن
- راکتورهای شیمیایی میکروسایز



کاربردهای مدارهای مجتمع نوری

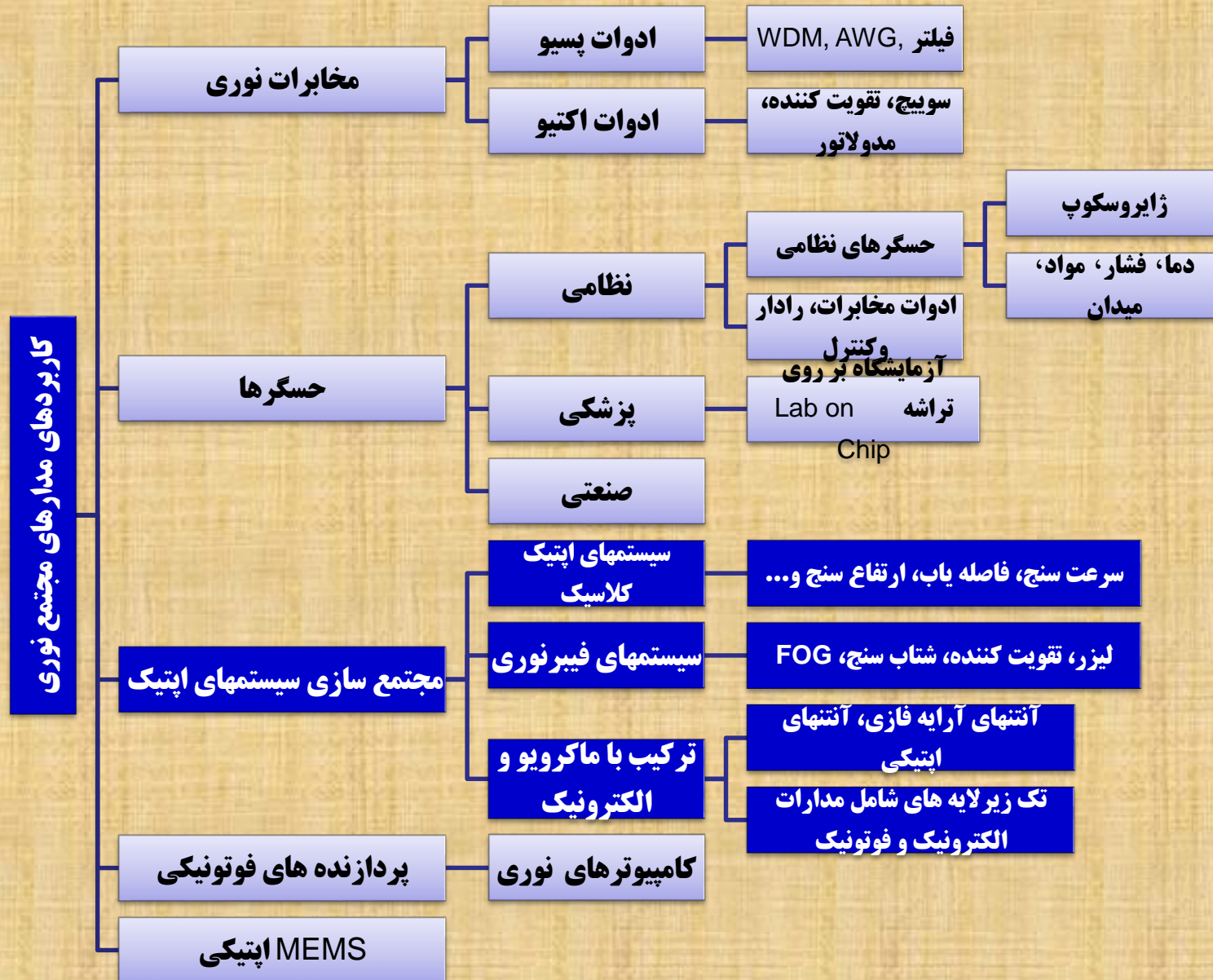


حسگرهای مجتمع نوری صنعتی

کاربردهای صنعتی

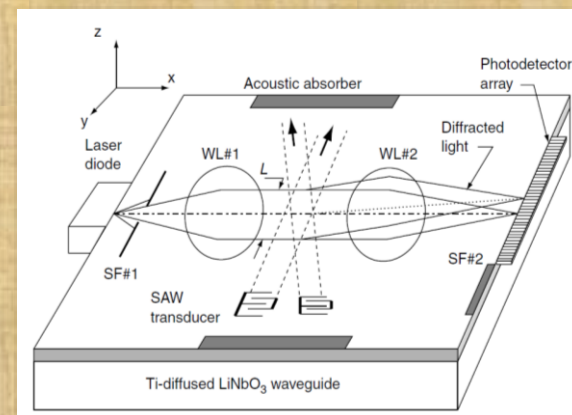
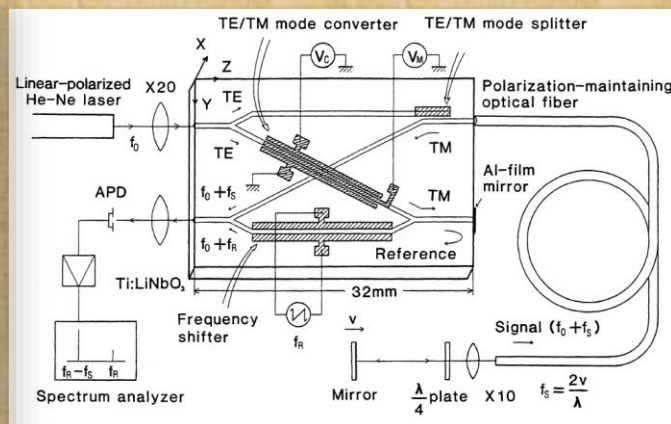
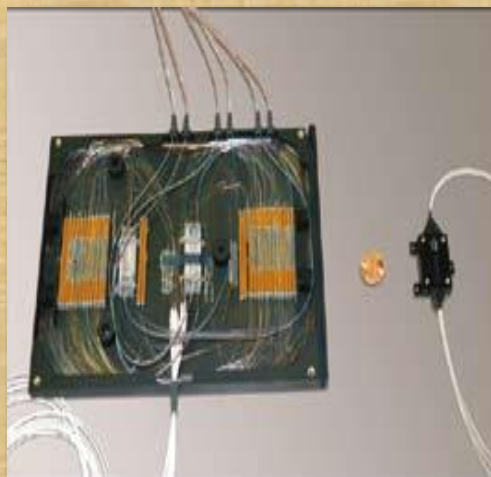
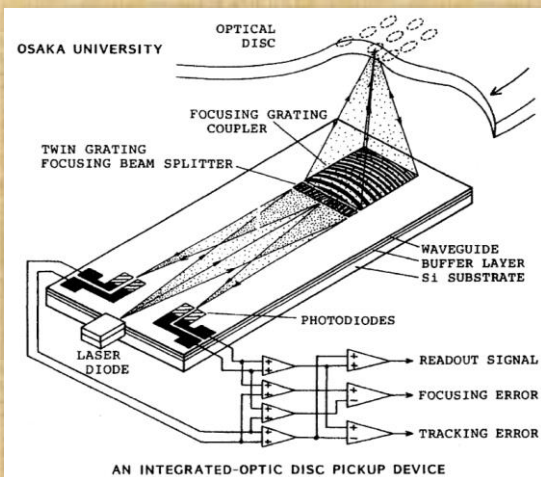
- سنسورها و سیستمهای نفت و پتروشیمی به خصوص در محیطهای قابل احتراق
- سیستمهای ابزار دقیق
- کاربردهای شیمیایی میکروسایز
- سنسورهای تنش، رطوبت و ... برای حفاظت از سازه ها همچون سدها، تونلها و ساختمانهای عظیم
- ابزارهای اندازه گیری پارامتر و حفاظت از هواپیماها، کشتیها و ...

کاربردهای مدارهای مجتمع نوری



مجمع سازی سیستمهای اپتیک کلاسیک و فیبر نوری

- مجمع سازی سیستمهای اپتیک بالکی همچون سرعت سنج لیزری، فاصله یاب لیزری، طیف سنج نوری، CD درایور و ...
- مجمع سازی ادوات فیبر نوری همچون لیزر فیبری، سنسورهای فیبر نوری، تقویت کننده فیبر نوری و ...
- ساخت مدارات یکپارچه اپتوالکترونیک

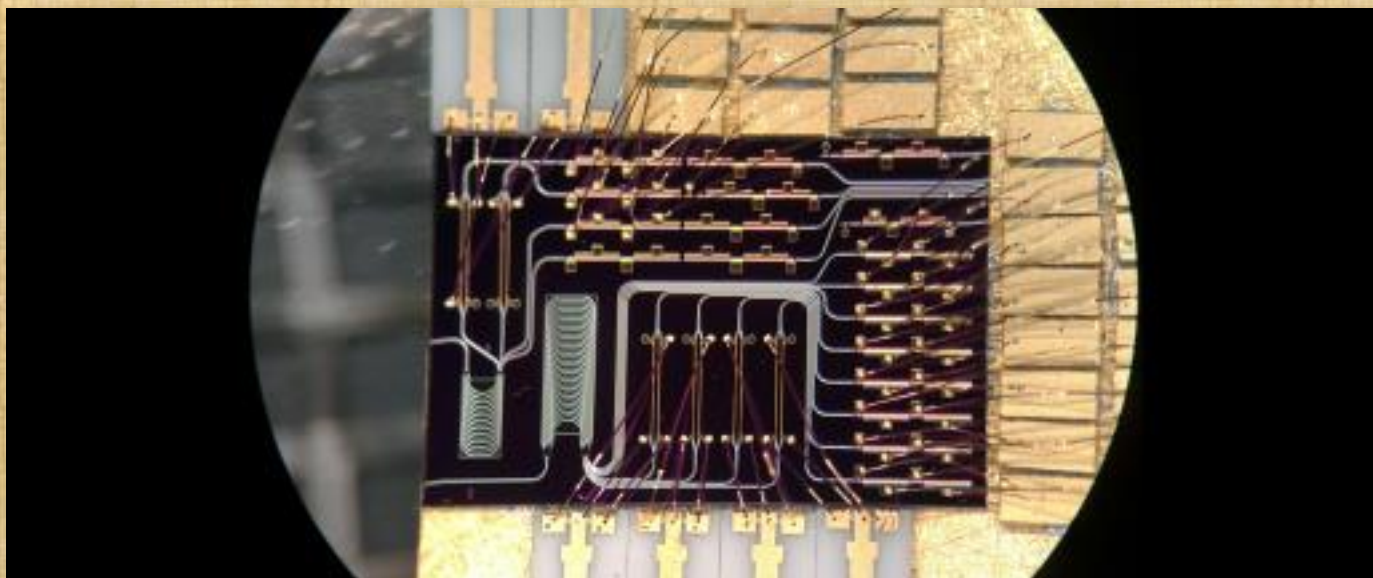


کاربردهای مدارهای مجتمع نوری

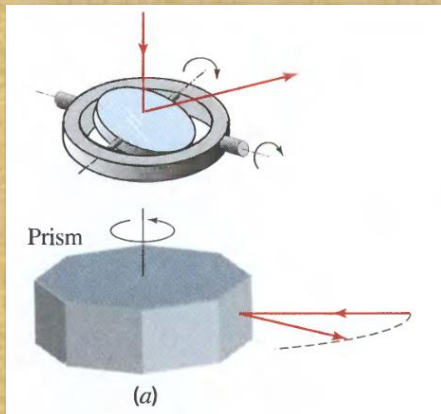
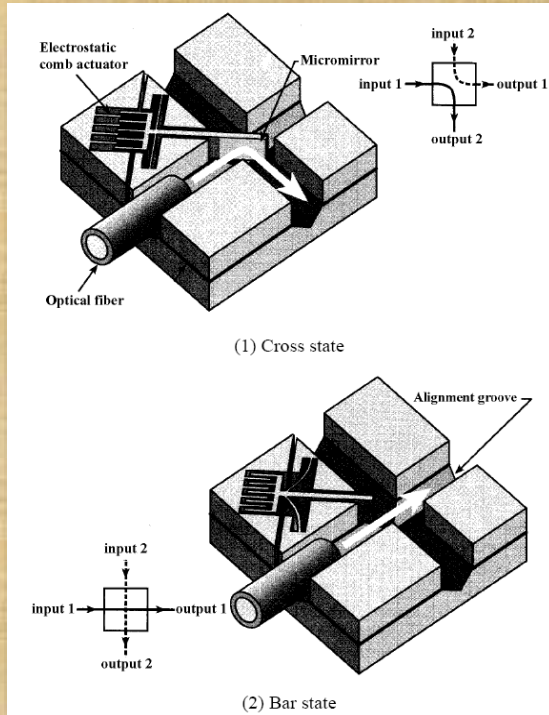


مدارهای مجتمع تمام فوتونیکی

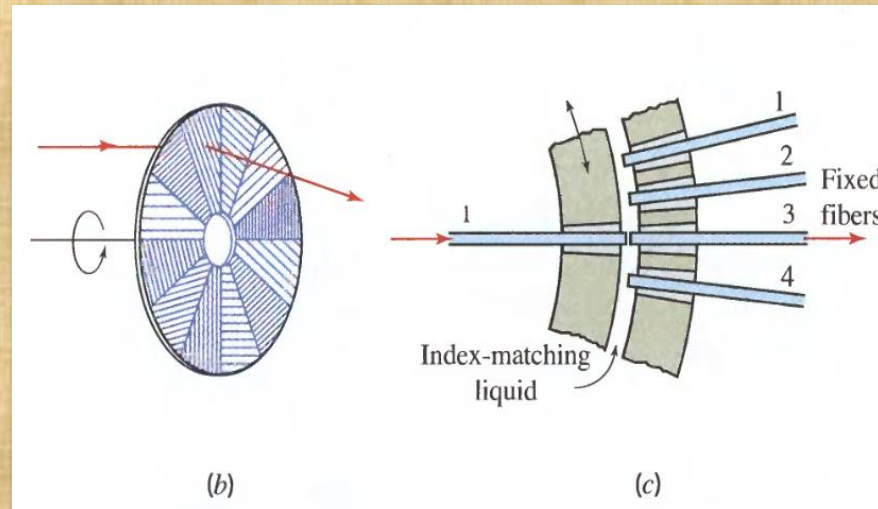
- چشم انداز کاربرد آینده ی مدارهای مجتمع نوری، مدارهای مجتمع تمام فوتونیکی و کامپیوترهای نوری به جای IC های امروزی می باشد که سرعت پردازش اطلاعات را چندین مرتبه ی بزرگی افزایش می دهد. هم اکنون تحقیقات زیادی در دنیا برای ساخت مدارات تمام نوری در حال انجام است که نمونه هایی هم ساخته شده است.



MEMS های اپتیکی



- میکرو سویچهای مکانیکی
- اسکنرهای سریع مکانیکی نوری
- انواع سنسورهای MEMS اپتیکی



مواد و فناوریهای ساخت مدارهای مجتمع نوری

زیر لایه	خواص ماده	تکنولوژی موجبر	مزایا	المانهای ساخته شده
شیشه های ترکیبی	خاک های کمیاب ارزان قیمت	تباین یونی	ساخت آسان و ارزان با تضعیف کم	قطعات تقویت کننده غیر فعال
SiO_xN_y ; SiO_2 ; Si $TiO_2 / SiO_2 / Si$	ساخت ارزان و قابل اطمینان	اکسیداسیون گرمایی، CVD, FHD, ECR, سل ژل	تکنولوژی میکروالکترونیک	کلیدهای TO و AWG
لیتیوم نیوبات	الکترواپتیک آکوستو اپتیک غیر خطی و دوشکستی	فلزی تباین پروتونی	کنترل ساده نور غیر همسانگرد	کلیدها مدولاتورها کوپلرها WDM و DWDM
ترکیبات گروه V, III (<u>InP</u> , <u>GaAs</u>)	منبع نور الکترواپتیک آشکارسازی نوری الکترونیک	اپیتکسی (MBE, LPE, CVD, MOCVD)	درجه بالای مجتمع سازی	مدولاتورها تقویت کننده ها لیزرها AWG
پلیمرها	الکترواپتیک ترمواپتیک غیر خطی	لایه نشانی چرخشی	مقبولیت بالا خواص فیزیکی مناسب	سنسورهای شیمیایی و بیولوژیکی کلیدهای TO مدولاتورهای EO

چشم انداز آینده

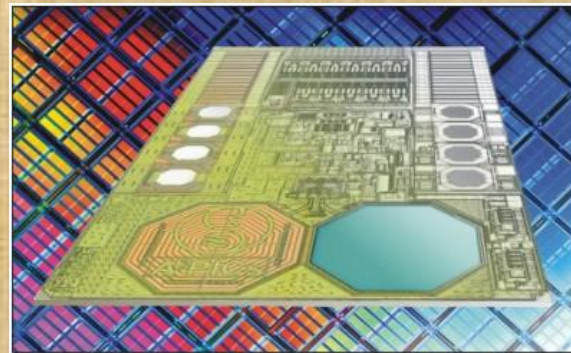
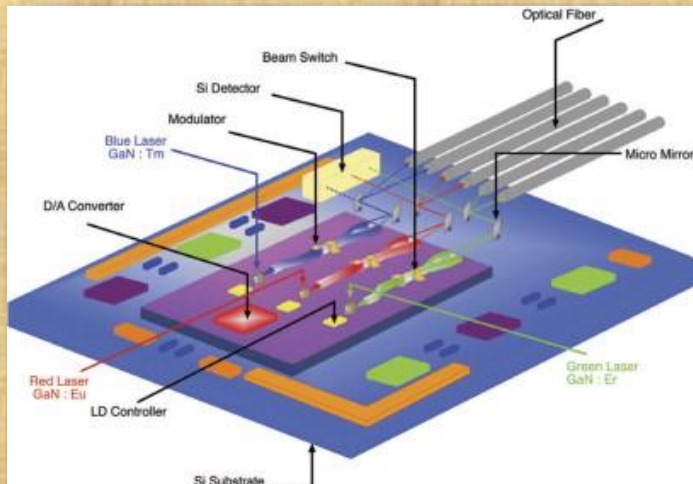
• طراحی و ساخت کلیه محصولات اپتیکی همچون فاصله یاب، سرعت سنج و... مبتنی

بر فناوری ادوات مجتمع نوری

• طراحی و ساخت کلیه حسگرهای پزشکی و بیولوژیکی

• ساخت پردازنده های تمام نوری

• ورود به حوزه نانوفوتونیک و پلاسمونیک



- [1] C.S. Tsai (Ed.): "Guided-Wave Acousto-Optics," Springer Series in Electronics and Photonics 23, Springer-Verlag, Berlin (1990).
- [2] C.S. Tsai: "Integrated acoustooptic circuits and applications," *IEEE Trans. Ultrasonics, Ferroelectrics Frequency Control*, 39, 529–554 (1992).
- [3] M.K. Smit, T. Koonen, H. Herrmann, and W. Sohler: "Wavelength-selective devices," in N. Grote and H. Venghaus (eds.): *Fibre Optic Communication Devices*, Springer-Verlag, Berlin (2001).
- [4] J. Frangen, H. Herrmann, R. Ricken, H. Seibert, W. Sohler, and E. Strake: "Integrated optical, acoustically tunable wavelength filter," *Electron. Lett.*, 25, 1583–1584 (1989).
- [5] B.I. Heffner, D.A. Smith, J.E. Baran, A. Yi-Yan, and K.W. Cheung: "Integrated-optic, acoustically tunable infrared optical filter," *Electron. Lett.*, 24, 1562–1563 (1988).
- [6] D.A. Smith, J.E. Baran, K.W. Cheung, and J.J. Johnson: "Polarization-independent acoustically tunable optical filter," *Appl. Phys. Lett.*, 56, 209–211 (1990).
- [7] K.W. Cheung, D.A. Smith, J.E. Baran, and J.J. Johnson: "1 Gb/s system performance of an integrated, polarization-independent, acoustically tunable optical filter," *IEEE Phot. Technol. Lett.*, 2, 271–273 (1990).
- [8] T. Pohlmann, A. Neyer, and E. Voges: "Polarization independent Ti:LiNbO₃ switches and filters," *IEEE J. Quantum Electron.*, 27, 602–607 (1991).
- [9] F. Wehrmann, Ch. Harizi, H. Herrmann, U. Rust, W. Sohler, and S. Westenhöfer: "Integrated optical, wavelength selective, acoustically tunable 2 × 2 switches (add-drop multiplexers) in LiNbO₃," *IEEE J. Selected Top. Quantum Electron.*, 2, 263–269 (1996).
- [10] T. Shirasaki, "Temperature-independent narrow-band filter," in Proceedings of the ECOC'96, Oslo, WeD.1.6 (1996).
- [11] R. Kashyap, S. Hornung, M. H. Reeve, and S. A. Cassidy, "Temperature desensitisation of delay in optical fibres for sensor applications," *Electron. Lett.*, 19, 1039–1040 (1983).
- [12] Y. Kokubun, F. Funato and M. Takizawa, "Athermal waveguides for temperature-independent lightwave devices," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 5, 1297–1300 (1993).

- [13] S. Taga, H. Tanaka, and Y. Kokubun, "Three-dimensional athermal waveguide at 1.3 μ m wavelength for temperature independent lightwave devices," *Opt. Rev.*, 3, 478–480 (1996).
- [14] Y. Kokubun, S. Yoneda, and H. Tanaka, "Temperature-independent narrow-band optical filter at 1.3 μ m wavelength by an athermal waveguide," *Electron. Lett.*, 32, 1998–2000 (1996).
- [15] Y. Kokubun, S. Yoneda, and H. Tanaka, "Temperature-independent narrow-band optical filter by an athermal waveguide," *IEICE Trans. Electron.*, E80-C, 632–639 (1997).
- [16] Y. Kokubun, S. Yoneda, and S. Matsuura, "Athermal narrow-band optical filter at 1.55 μ m wavelength by silica-based athermal waveguide," *IEICE Trans. Electron.*, E-81C, 1187–1194 (1998).
- [17] Theodor Tamir (Ed.), *Guided-wave Optoelectronics*, Springer-Verlag, Heidelberg, 1988.
- [18] Yuhum Xu, *Ferroelectric Materials and Their Applications*, North-Holland, Amsterdam, 1991, Chap. 5, pp. 217/245.
- [19] H. Yajima, "Coupled mode analysis of dielectric planar branching waveguides," *IEEE J. Quantum Electron.*, QE-14, 749–755, 1978.
- [20] S. K. Burns and A. F. Milton, "An analytic solution for mode coupling in optical waveguide branches," *IEEE J. Quantum Electron.*, QE-16, 446–454, 1980.
- [21] E. A. J. Marcatili, "Bends in optical dielectric guides," *Bell Syst. Technol. J.*, 48, 2103–2132, 1969
- [22] S. Suzuki, K. Shuto, and Y. Hibino, "Integrated optic ring resonators with two stacked layers of silica waveguides on Si," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 4, 1256–1258, 1992.
- [] B. E. Little, S. T. Chu, H. A. Haus, J. Foresi, and J.-P. Laine, "Microring resonator channel dropping filters," *J. Lightwave Technol.*, 15, 998–1005, 1997.