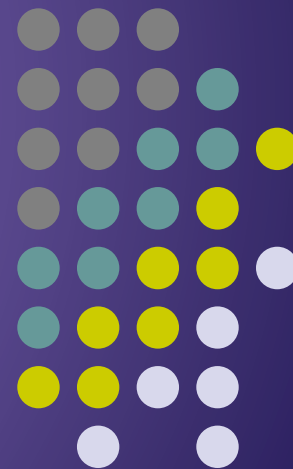


# مدولاتورهای جذب الکتریکی





## مقدمه

- در هر سیستمی که برای انتقال اطلاعات چه در مسافت های دور یا نزدیک طراحی شده باشد سیگنالی که شامل اطلاعات میباشد را بر روی یک موج با فرکانس بالا سوار میکنند که این موج را موج حامل می نامند.
- در سمت گیرنده موج حامل و موج اطلاعات آشکار می شوند و اطلاعات بدست آمده در گیرنده تقریبا به طور واقعی با اطلاعاتی که باید انتقال میافت شباهت دارد.
- اندازه المانهای تشعشعی به طور معکوس به فرکانس حامل وابسته است بنابراین استفاده از حامل با فرکانس بالا مفید است.
- عموما هر قدر فرکانس حامل بالاتر باشد پهنای باند انتقال بیشتری قابل دسترسی میباشد.
- واضح است که هنگام استفاده از حامل در رنج فرکانس های نوری پهنای باند به طور قابل ملاحظه ای افزایش خواهد یافت. (پهنای باند در رنج گیگا هرتز خواهد بود). این امر سبب افزایش حجم انتقال اطلاعات در فیبر نوری یا دیگر ادوات انتقالی مناسب میگردد.
- تلاشهای اولیه برای ساخت خطوط مخابرات نوری عملی به ۲ دلیل مهم با کندی مواجه شده بود:



## ادامه

۱: فقدان منابع همدوس

۲: فقدان محیط هدایت مناسب...

کشف لیزر و فیبر نوری همه چیز را تغییر داد این عامل ها به ترتیب باعث مهیا شدن یک منبع همدوس و یک محیط انتقال مناسب گردیدند.

کابل های نوری علاوه بر پهنای باند کافی مزایای دیگری همچون تلفات انتقال پایین دوام بالا انعطاف پذیری و... را شامل میباشد.

در يك تقسيم بندي مدولاتورهاي نوري به دو نوع تقسيم مي شوند:

۱: جذب الکتریکی (electroabsorption modulator)

۲: نوری الکتریکی (electrooptic modulator)

# مدولاتورهاي نوري الكتریکي



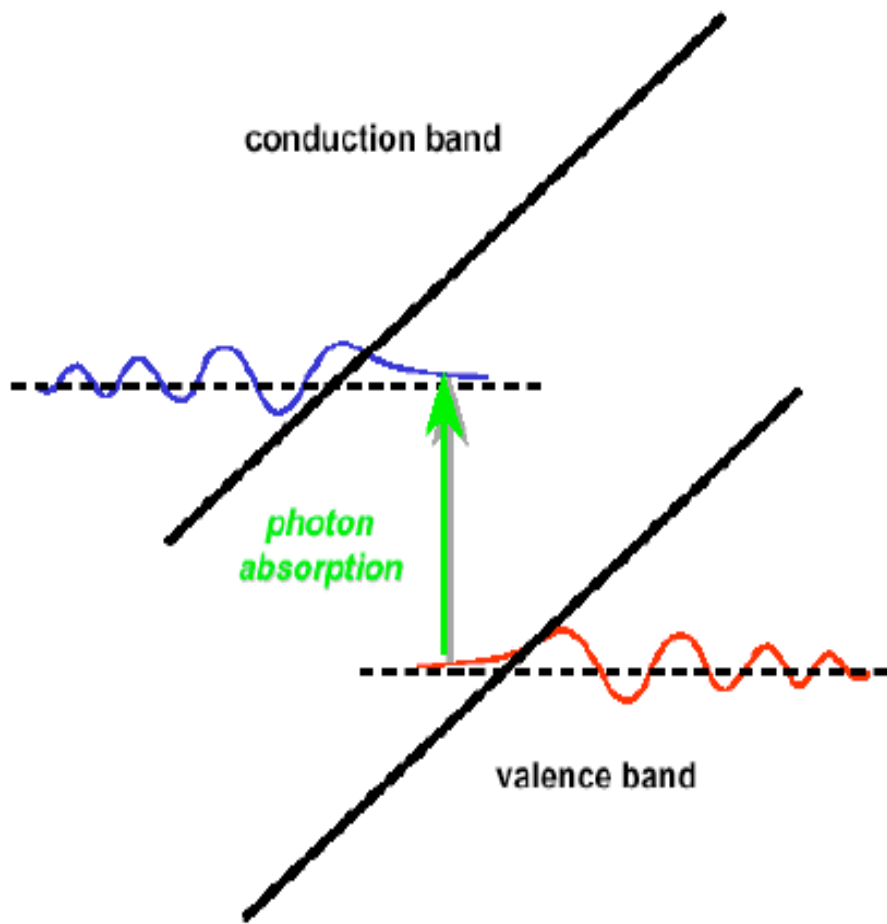
این نوع از مدولاتورها بر اساس تغییر ضریب شکست بر اثر اعمال میدان الکتریکی کار میکنند.

مواد دي الكتریک مانند  $\text{LiNbO}_3$  جزء مواد اساسي در ساخت این نوع از مدولاتورها میباشد.

این نوع از مدولاتورها برای عملکرد صحیح احتیاج به اعمال ولتاژ معکوس بالای ۳ ولت دارند.

تحقیقات راجع به این مدولاتورها ادامه دارد و خارج از بحث این سمینار است.

# مدولاتورهای اثر استارک و فرانزکلدیش

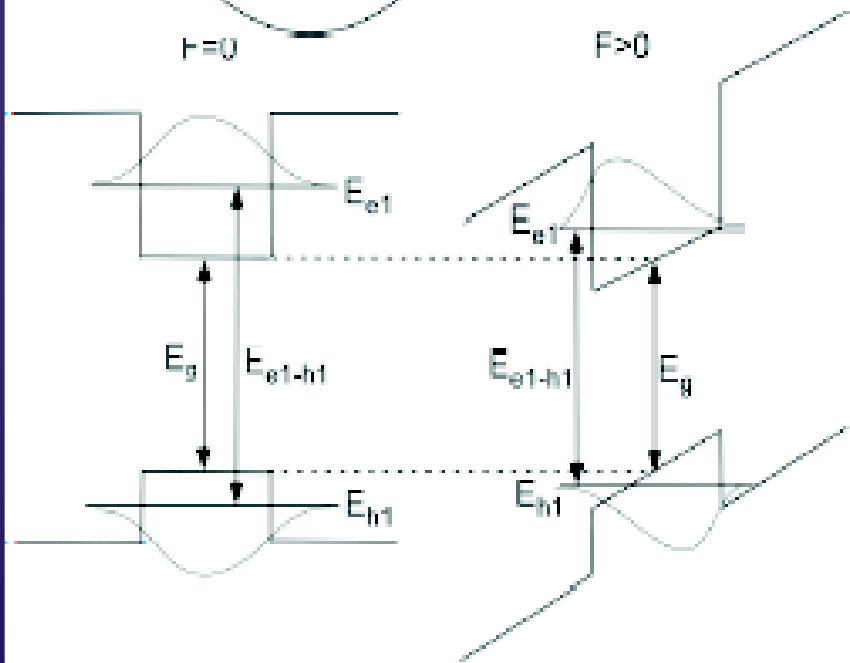
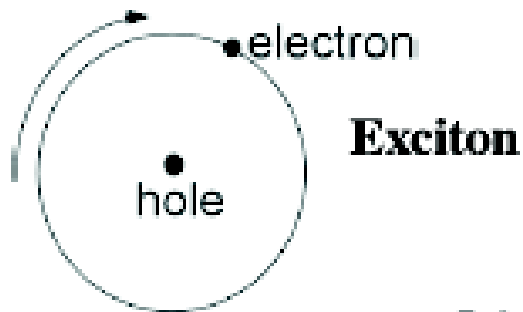


تینجه هر دو اثر استارک و فرانزکلدیش استفاده از میدان الکتریکی در جذب فوتون هایی است که انرژی آنها بسیار کمتر از انرژی باند ممنوعه است.

عموما این پدیده به صورت جذب الکتریکی توصیف میشود.

مدولاتورهای جذب الکتریکی که بر پایه این پدیده استوارند میتوانند با انتخاب طول موج نور در مقایسه با یک انرژی کمتر از انرژی باند ممنوعه ساخته شوند.

# مدولاتورهای جذب الکتریکی چاه کوانتومی



وقتی میدان الکتریکی عمودی به یک چاه کوانتومی چند گانه اعمال میشود میدان الکتریکی توابع الکترون و حفره را به جهت های مخالف چاه کوانتومی حرکت میدهد.

این یک اثر غالب است که میتواند مقدار انرژی تشدید اکسیتون را تغییر دهد و به صورت جابجایی قرمز در لبه جذب مشاهده میگردد.

این جابجایی که به عنوان اثر محدود شده کوانتومی استارک مطرح شده خیلی بزرگتر از اثر ایجاد شده استارک و فرانزکلدیش در نیمه هادیهای حجمی میباشد.



برای یک میدان  $(1-10) * 10^4 V/cm$  جابجایی در لبه جذب و تشدیدهای اکسیتونی در چاه کوانتومی چند گانه  $100 \text{ \AA}$  از جنس  $GAs / AlGaAs$  بزرگتر از  $10-50 meV$  خواهد بود.

چون جابجایی قرمز تشدیدهای اکسیتونی در QCSE عموماً به خاطر تغییر در فاصله انرژی ریز باندهای داخلی حالت پایه میباشد لازم است که این مورد محاسبه شود.

میتوان نشان داد که جابجایی در انرژی حالت پایه ریز باندهای داخلی با استفاده از روابط زیر محاسبه میشود:

$$\Delta \varepsilon_1 = \frac{1}{24\pi^2} \left( \frac{15}{\pi^2} - 1 \right) \frac{m^* q^2 E^2 L_z^4}{\hbar^2}$$

که  $m^*$  جرم موثر الکترون یا حفره  $E$  میدان اعمالی و  $L_z$  پهنای چاه میباشد

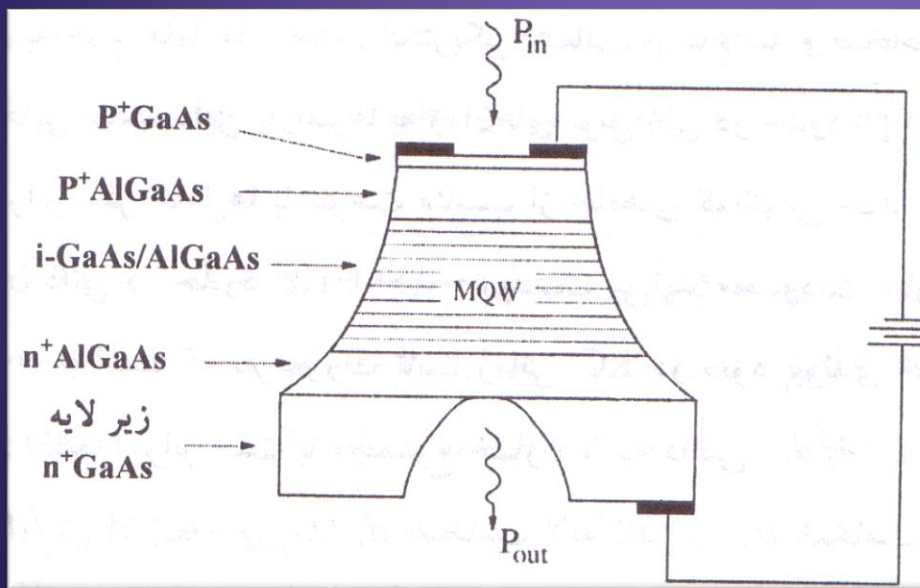


مقدار جابجایی قرمز در انرژی تشدید اکسیتون یک حفره سنگین به صورت تقریبی برابرست با:

$$\Delta \varepsilon^{ex} \cong -3 * 10^{-20} (m^*_e + m^*_{hh}) E^2 L^4_z (ev)$$

واضح است که یک وابستگی شدید بین QCSE با پهنای چاه وجود دارد. به سادگی میتوان دریافت که وقتی انرژی فوتونهای فرودی بر یک مدولاتور QCSE حدود ۱۵-۲۰ eV کمتر از مقدار انرژی تشدید اکسیتونی حفره سنگین در بایاس اعمالی صفر باشد مقدار جذب نور فرودی بسیار اندک بوده و یا اینکه هیچ جذبی صورت نمی پذیرد. همراه با بکارگیری یک بایاس عمودی مناسب تشدید اکسیتون حفره سنگین شیفته پیدا کرده و با انرژی فوتون منطبق میگردد و در نتیجه جذب قوی بوجود میاید





تکنیک مرسوم در اعمال یک بایاس عمودی در امتداد یک چاه کوانتومی چندگانه اعمال یک بایاس معکوس دو سر یک دیود p-i(MQW)-n نشان داده شده در شکل می باشد.



این شکل شماتیکی از یک مدولاتور زدایشی مسارا نشان میدهد. در این مدولاتور نور به صورت عمودی از یک قطعه عبور کرده و نسبت به صفحه لایه های چاه کوانتومی عمود می باشد. ضخامت کل ناحیه MQW نوعا در حدود ۱ میکرو متر و قطر دیود مسانیز بین ۵۰-۱۰۰ میکرو متر بوده و پنجره نوری در بالای قطعه نوعا در حدود نصف سطح دیود می باشد.



# پارامترهاي مهم براي مدولاتور QCSE

- پارامترهاي مهم براي مدولاتور QCSE عبارتند از: پهنای باند مدولاسیون، عمق مدولاسیون و بایاس اعمالی آن.
- پهنای باند مدولاسیون توسط عوامل داخلی و خارجی مشخص میشود. از جمله پارامترهاي مورد توجه شکل گیری اکسیتون، زمانهای تفکیک و زمانی که برای برداشتن الکترونها و حفره ها از چاههای مربوط توسط گسیل گرمایی و اثر تونل زدن است میباشد.
- معادله نرخ برای حامل ها عبارت است از:

$$\frac{dn}{dx} = G - \frac{n}{\tau} - \frac{n}{\tau_{es}}$$

- که طول  $\tau$  طول عمر بازترکیب الکترون و  $\tau_{es}$  زمان فرار (escape time) میباشد. زمان های تونل زدن به جرم حاملها و میدان الکتریکی اعمالی ارتفاع سد و ضخامت آن وابسته میباشد. با بسط و تحلیل مناسب این پارامترها به زمانهای تونل زنی در حدود ۱۰-۱۰۰ پیکو ثانیه میتوان دست یافت. بنابراین اگر حامل ها با سرعت مناسب از چاههای کوانتومی جدا شوند پهنای باند مدولاسیون ذاتی در حدود ۵۰-۱۰۰ گیگا هرتز بدست میآید.



- محدودیت خارجی مدولاسیون سرعت دیود p-i-n است که به صورت ثابت زمانی RC در دیود پیوادی خود را نشان میدهد. کل خازنهای قطعه برابرست با مجموع خازن لایه ذاتی

$$C_{pad} = \epsilon_{ox} \frac{A_{pad}}{d_{ox}} \quad \text{و} \quad C_i = \epsilon_s \frac{A}{d_i}$$

- ضخامت لایه ذاتی و  $d_{ox}$  ضخامت لایه اکسید بین بالشتک اتصال و زیر لایه ی نیمه هادی می باشد.
- مقاومت قطعه محدود به مقاومت ناشی از اتصالات اهمی و تا حدودی به مقاومت نواحی خنثی دیود محدود میباشد. اگر مقدار کل خازن  $0.2$  پیکو فاراد باشد پهنای باند مدولاسیون بزرگتر از  $40$  گیگا هرتز قابل حصول است.
- بدیهی است که برای ادوات با سرعت بالا اثر سلفی در اتصالات سیمی به عنوان یک پارامتر مهم مطرح میشود.



- شاخص مدولاسیون نسبت حالت روشن خاموش یا نرخ خاموش شدن قطعه میباشد در نهایت این نسبت به مقدار ضریب جذب وابسته به میدان در ولتاژ عملی وابسته است.
- برای یک شاخص بزرگ مدولاسیون داشتن یک جذب اکسیتونی شدید و یک تغییر بزرگ در مقدار جذب در واحد بایاس اعمالی ضروری میباید.
- قله های جذب اکسیتونی با کاهش دما افزایش می یابد و انتظار میرود که شاخص مدولاسیون نیز بهبود یابد.

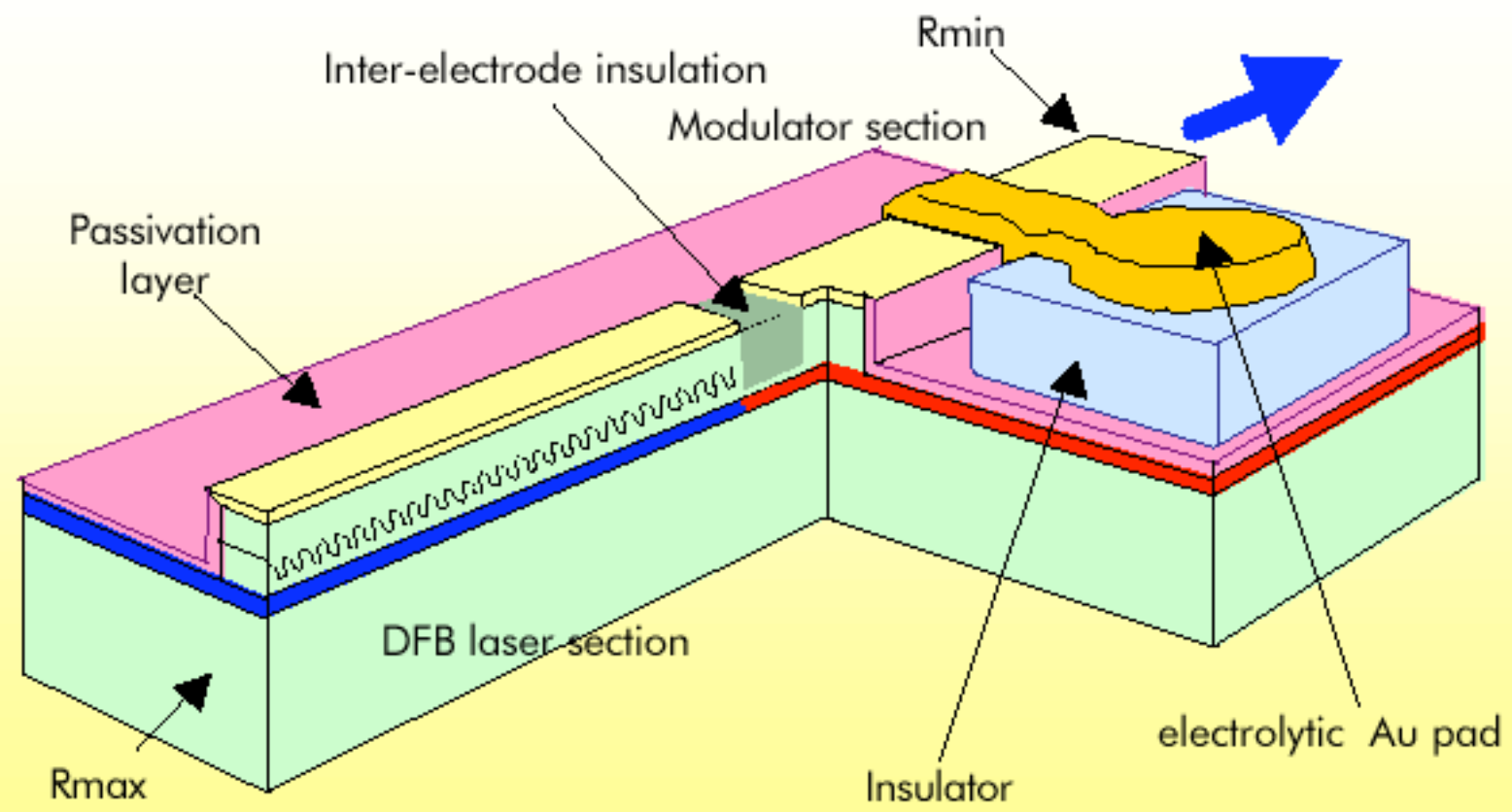
- میتوان نشان داد که ضریب جذب به خاطر جذب اکسیتونی در یک چاه کوانتومی به وسیله رابطه زیر داده میشود:

$$\alpha^{ex}(\hbar\omega) \cong \frac{2.9 \cdot 10^3}{\Delta\varepsilon L_z} \exp\left[-\frac{(\varepsilon^{ex} - \hbar\omega)^2}{\sqrt{q}(\Delta\varepsilon)^2}\right] (cm^{-1})$$

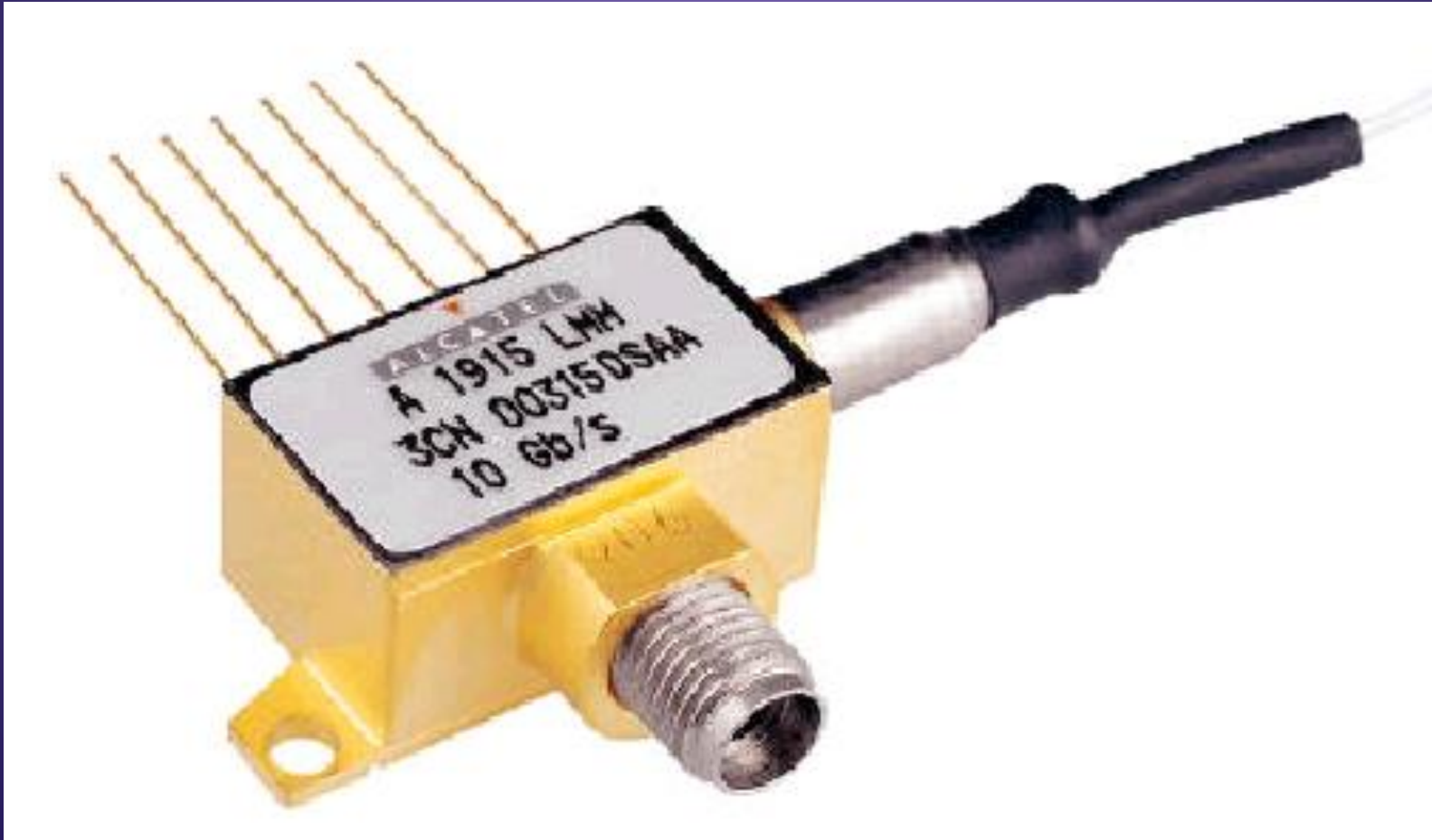
- شاخص مدولاسیون را میتوان با بکارگیری مواد انعکاسی به جای مود انتقال در قطعه ای که نور به طور عمودی به آن تابیده می شود افزایش داد .



### Alcatel Electro Absorption integrated laser modulator



Source: Alcatel Optonics



با تشکر از توجه شما

