

## ساخت گیت نوری NOR

حمید شاکر قراملکی

دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

E-mail: h\_eleka\_63@yahoo.com

چکیده - در این مقاله یک طراحی برای پردازش دیجیتالی تمام نوری با سرعت بسیار زیاد، به ویژه برای گیت‌های NOR پیشنهاد شده است که براساس انتقالات در *Interband* و *Intersubband* در چاههای کوانتومی نیمه هادی بیان شده است. همچنین اسناد ابتدائی که حاوی نتایج آزمایشات و آنالیز آنها می باشد نشان می دهند که استفاده از چاههای کوانتومی دوبل با ساختارهای *InGaAs-AlAsSb* اجازه عمل کردن بر روی طول موجهای مخابراتی را نیز می دهد.

کلید واژه- انتقال *Intersubband* (ISB-T)، پردازش سیگنال نوری، سوئیچینگ نوری با سرعت بالا، موجبر.

## ۲- انتقالات در *Interband* و *Intersubband* برای

### ۱- مقدمه:

#### اپراتورهای منطق تمام نوری:

انتقال *Intersubband* در چاههای کوانتومی نیمه هادی که در عرض باند رسانش اتفاق می افتد، یک مکانیسم قابل اجرا برای منطق تمام نوری است. این مکانیسم چندین ویژگی جالب دارد مانند زمان استراحت خیلی کم، گشتاور دو قطبی انتقال بزرگ و محدوده گسترده‌ای از طول موجهای انتقالی که قابل تنظیم است [5].

همچنین یافته شده که ISB-T می تواند به طور همزمان با انتقال در *Interband* به کار برده شود. [6].

به عنوان مثال وقتی الکترونهای ایجاد شده با دوپینگ نوع n در یک subband هدایت پایینتر به وسیله نور تشدید کننده ISB-T یک subband بالاتر را تحریک می کنند به طور موقتی چگالی الکترون کاهش می یابد و بنابراین جذب IB افزایش می یابد. بنابراین، نور تشدید کننده IB-T می تواند با نور تشدید کننده ISB-T مدوله شود.

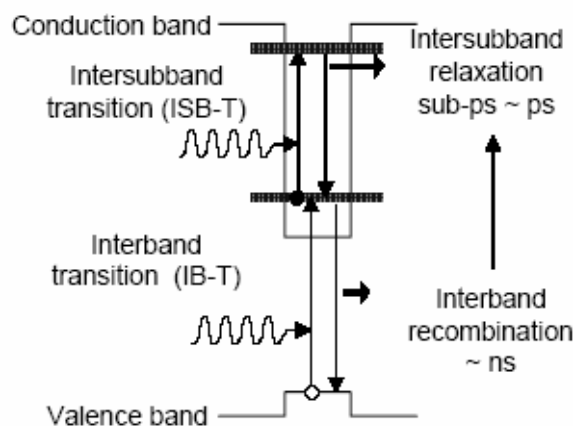
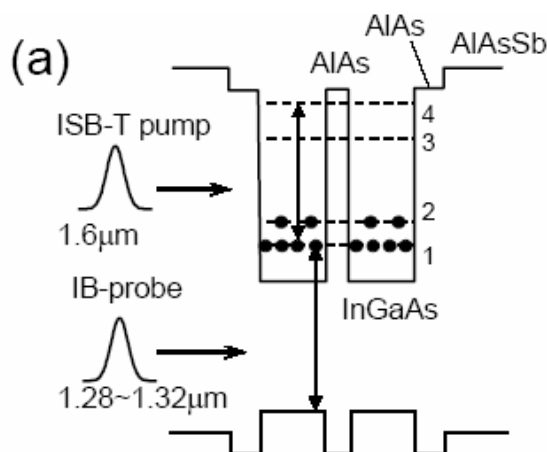
پردازش سیگنال با استفاده از وسایل نوری با سرعت بالا در حوزه زمانی، مزایای قابل توجهی را ارائه می دهد که بزرگترین مزیت، کاهش مقادیر زیادی از ترافیک در شبکه های نوری  $10^{12}$  بیتی است [1]. برای تهیه این سیگنال پردازش شده به طور دیجیتالی به یک ست کامل از اپراتورهای منطقی نیاز داریم و عمل کننده NOR نیز یکی از این اپراتورها است. علاوه بر این اجرای monitoring به عنوان مشخص کننده خطا با گیت های NOR امکان پذیر است [2]. گیت های NOR تمام نوری استفاده شده، به عنوان مثال فیبرهای نوری [3] یا تقویت کننده های نوری نیمه هادی (SOA) [4] با موفقیت اثبات شده اند. با این وجود اینها اشکالاتی دارند، اشکالاتی از قبیل دوره نهانی بزرگ به خاطر وجود غیر خطی کوچک در مورد فیبرهای دی اکسید سیلیکونی (سیلیکایی) و سرعت عمل کم به خاطر وجود دوره بزرگ انتقال در مورد SOA های رایج.

ورودیهای B,A صفر یا  $E_{in}$  است، انرژی تابشی به دستگاه می‌تواند صفر یا  $E_{in}$  یا  $2E_{in}$  باشد. سیگنال خروجی که توسط نور تشدید کننده ISB-T مدوله شده است باید وقتی که انرژی نور تابش شده  $E_{in}$  و  $2E_{in}$  است در درجه کمتر باشد، بنابراین گیت NOR به دست می‌آید. این عملیات وقتی با موفقیت انجام می‌گیرد که میزان سیگنال به طور متناسب انتخاب شده باشد، زمانی که ISB-T باعث جذب اشباع می‌شود ممکن است تعداد ورودیها بیشتر از 2 ورودی باشد. بنابراین دیده می‌شود که فقط وقتی همه ورودیها صفر است خروجی دستگاه یک می‌شود. این رفتار NOR می‌تواند به طور عملی برای آشکار ساختن یک جزء خاص از بین N کانال مجزا، مثل یافتن یک بافر خالی از بین N کانال و غیره به کار برده شود.

## ۲-۱- آزمایش استفاده از چاههای کوانتومی

### کوبل با ساختارهای InGaAs-AlAsSb

یک جنبه مهم که در نظر داشتیم آنرا رعایت کنیم عمل کردن در طول موجهای مخابراتی ( $1.55 \mu m$  و  $1.3 \mu m$ ) بود که در CDQ-W ساختارهای با ساختار InGaAs-AlAsSb این کار ممکن شده است و این ساختار در شکل ۳(a) نشان داده شده است جایی که ISB-T در  $1.5 \mu m$  و IB-T در  $1.3 \mu m$  اتفاق می‌افتد. یک موجبر به طول 3.5mm با وجوه پولیش شده  $45^\circ$  که لایه فعالی روی آن ترکیب شده در این آزمایش به کار رفته است. دستگاه در حالت بازتابی چند جانبه با زاویه  $45^\circ$  که در داخل شکل ۳(b) نشان داده شده است، به کار گرفته شده است. یک تقویت کننده پارامتری نوری به وسیله



شکل ۱: شماتیک مدوله شدن نور تشدید کننده IB-T بوسیله نور تشدید کننده ISB-T

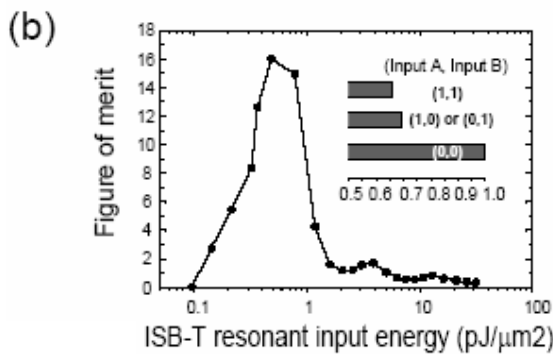
یک گیت نوری NOR با ارائه کردن یک سیگنال ورودی به نور تشدید کننده ISB-T در زمانی هماهنگ با تابش نور تشدید کننده IB-T امکان پذیر می‌شود. سیگنال خروجی توسط نور تشدید کننده IB-T مدوله شده است.

وقتیکه سیگنال ورودی تحریک می‌شود. نور تشدید کننده IB-T جذب می‌شود و بنابراین سیگنال خروجی ظاهر نمی‌شود. وقتیکه هیچ نور تشدید کننده ISB-T ورودی وجود نداشته باشد دستگاه برای نور تشدید کننده IB-T قابل عبور است و بنابراین سیگنال خروجی در درجه بالا قرار دارد. بنابراین جدول درستی NOR کامل می‌شود.

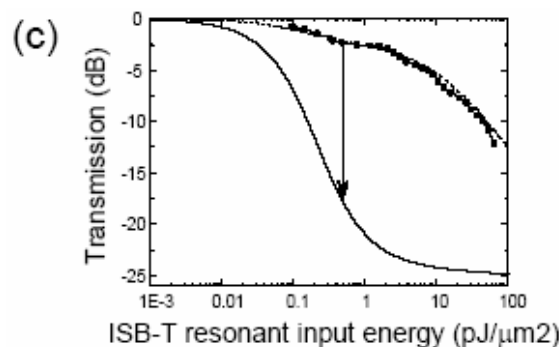
Input A (ISB-T)	Input B (ISB-T)	Output (NOR) (IB-T)
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

جدول ۱: جدول درستی گیت NOR

علاوه بر این اپراتور NOR هم می‌تواند به وسیله چارچوب ساده نشان داده شده در شکل ۲ به مرحله عمل درآید در این دستگاه دو سیگنال ورودی B,A ابتدا به طور غیر همسان با هم جمع شده و سپس به عنوان نور تشدید کننده ISB-T برای دستگاه عمل می‌کند. نور تشدید کننده IB-T نیز به طور همزمان تابش یافته است. اگر انرژی پالس



شکل ۴: انتقال نور تشدید کننده IB-T به عنوان یک تابع چگالی از انرژی ورودی ISB-T. FOM-b تعریف شده برای نسبت نابودی

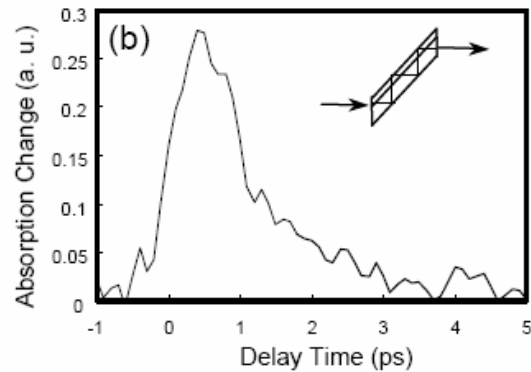


شکل ۴: c- میزان بهبودی انتقال در ساختارهای موجبری.

همچنین انرژی تابشی ISB-T،  $E_{in}$ ، باید به اندازه‌ای کوچک باشد که نسبت نابودی کافی بدست آید. بنابراین یک رابطه به صورت زیر تعریف می‌کنیم.

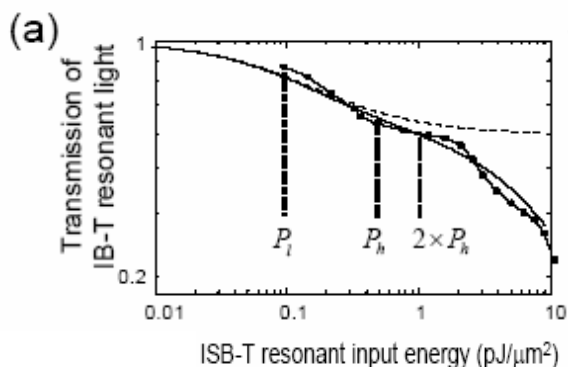
$$FOM = \frac{T(E_L) - T(E_h)}{E_h \times (T(2 \times E_h) - T(E_h))} \quad (1)$$

جائیکه  $T(E)$  ارسال IB-T در انرژی ISB-T را نشان می‌دهد،  $E_L$  و  $E_h$  به ترتیب انرژیهای ISB-T کم و زیاد را نشان می‌دهد. خط توپر با نقاط نشان داده شده در شکل 4(b) FOM را بر پایه نتایج یک آزمایش نشان می‌دهد. یک نقطه ماکزیمم برای انرژی ISB-T در نقطه  $0.49 \text{ pJ}/\mu\text{m}^2$  وجود دارد که در این نقطه عملی میزانهای سیگنال خروجی خلاصه شده‌اند که در شکل 4(c) پیوست شده است. که در حقیقت جدول درستی به دست آمده برای NOR می‌باشد. نسبت نابودی هم خیلی کم (در حدود 20db) است. با استفاده از یک موجبر تیغه‌ای یا (mesa) که دارای محدودیت نوری نسبتاً بالایی است می‌توان برای افزایش



شکل ۳: a- ساختار باندی چاههای کوانتومی دوبل شده InGaAs- AlAsSb. b- تغییرات میزان جذب با پیشرفت زمان.

تقویت کننده باز تولیدی پمپ شده است که این عمل برای تولید پالسهای تشدید کننده ISB-T در حد 150-fs انجام گرفته است. پالسهای تشدید کننده IB-T طول موجهای با رنجهای 1.1 تا  $1.32 \mu\text{m}$  را در برمی‌گیرد. تغییر میزان جذب IB نتیجه شده بوسیله نور تشدید کننده ISB-T مجموعه‌ای از طول موجهای رنج 1.28 تا  $1.32 \mu\text{m}$  می‌باشد که یک زمان واپاشی بسیار سریع با سرعت 880fs ایجاد کرده است. ارسال نور تشدید کننده IB-T که در شکل 4(a) نشان داده شده است به عنوان یک تابع چگالی انرژی از پالسهای تشدید کننده ISB-T می‌باشد. وقتیکه دستگاه در معرض دو فوتون جذبی قرار می‌گیرد، مقدار جذب در ورودیهای با انرژی بالا، بیشتر افزایش می‌یابد. برای منطق NOR، انتقال باید برای هر دو انرژی ورودی  $E_{in}$  یا  $2 \times E_{in}$  در مرتبه خروجی به طور یکسان کم باشد تا صفر ثابت تولید کند.



T به صورت انتگرال زمانی از تولید ورودیهای تشدید کننده IB-T که پالسهای مستطیلی 100fs هستند و انتقال القایی دستگاه در نظر گرفته شده است.

### ۳- نتیجه گیری:

خلاصه، یک طرح برای پردازش دیجیتالی تمام نوری با سرعت بالا به ویژه گیت‌های NOR بر پایه IB-T و ISB-T در چاه‌های کوانتومی نیمه هادیها پیشنهاد شده بود. نتایج آزمایشها و اسناد ابتدایی و آنالیز آنها همچنین نشان می‌دهند که استفاده از ساختارهای CDQ-W به فرم InGaAs - AlAsSb اجازه عملیات در طول موجهای مخابراتی را نیز می‌دهد.

### مراجع:

[1] S. A. Hamilton and B. S. Robinson, ">100Gbit/s time-domain processing techniques for optical packet switching," in *Optical Fiber*

*Communication Conference on CD-ROM* (The Optical Society of America, Washington, DC, 2004), WD1.

[2] L. Y. Chan, K. K. Qureshi, P. K. A. Wai, B. Moses, L. F. K. Lui, H. Y. Tam, and M. S. Demokan, "All-optical bit-error monitoring system

using cascaded inverted wavelength converter and optical NOR gate," *IEEE Photon. Technol. Lett.* **15**, 593-595 (2003).

[3] M. N. Islam, "All-optical cascable NOR gate with gain," *Opt. Lett.* **15**, 417-419 (1990).

[4] A. Sharaiha, H. W. Li, F. Marchese, and J. Le Bihan, "All-optical logic NOR gate using a semiconductor laser amplifier," *Electron. Lett.* **33**,

323-325 (1997).

[5] E. Rosencher, B. Vinter, and B. Levine, eds., "Intersubband transitions in quantum wells," Plenum Press, New York (1991).

[6] S. Noda, T. Uemura, T. Yamashita, and A. Sasaki, "Analysis on interband-resonant light modulation by intersubband-resonant light in ndoped

quantum wells," *IEEE J. Quantum Electron.* **28**, 493-500 (1992).

راندمان مدوله کردن به جای هندسه بازتابی چند طرفه ۴۵° استفاده کرد. راندمان انتقال به وسیله معادلات دیفرانسیل پایین برآورد می‌شود:

$$\frac{dI_{ISBT}(Z)}{dZ} = - \left( \frac{\Gamma \partial_{ISBT} I_{sat}}{I_{ISBT}(Z) + I_{sat}} + \beta I_{ISBT}(Z) \right) I_{ISBT}(Z)$$

$$\frac{dI_{IBT}(Z)}{dZ} = - \left( \frac{\Gamma \partial_{IBT} I_{ISBT}(Z)}{I_{ISBT}(Z) + I_{sat}} + \beta I_{ISBT}(Z) \right) I_{IBT}(Z)$$

I(Z) چگالی توان را در وضعیت Z در طول موجبر نشان می‌دهد. I<sub>sat</sub> چگالی توان جذبی اشباع را نشان می‌دهد.  $\beta, \alpha$  به ترتیب ضریب جذب و ضریب جذب دو فوتونی را ارائه می‌دهد و  $\Gamma$  فاکتور محدودیت نور است. اندیسهای ISBT و IBT در I و  $\alpha$  نور تشدید کننده ISBT و IBT را نشان می‌دهد. در اینجا یک چگالی توان به عنوان چگالی پالس انرژی تعریف شده که در مدت زمان 130fs به وسیله یک پالس تقسیم شده در نظر می‌گیریم. منحنی موجود در شکل 3(a) و 3(c) منحنی‌های پر شده را که از مدل بالا استنتاج شده ارائه می‌دهد که به خوبی با نتایج آزمایش موافقت می‌کند. با یک موجبر بطول 200  $\mu m$ ، انتقال IB-T که به وسیله  $I_{IBT}(200\mu m) / I_{IBT}(0)$  داده شده ممکن است تا حد 15dB در یک ISBT با چگالی انرژی ورودی  $0.49 \text{ pJ} / \mu m^2$  بهبود یابد که در شکل 3(c) نشان داده شده است. دو نوع skew در یک سیستم دو ورودی وجود دارد:

۱) skew بین سیگنالهای تشدید کننده ISBT و IBT

۲) skew بین خود سیگنالهای ISBT

که اینها به صورت شماتیک به ترتیب با  $t_1$  و  $t_2$  در شکل 4(a) نشان داده شده‌اند. اینجا ما در مورد مقدار مورد قبول skew بر اساس یک مدل ساده بحث می‌کنیم و قتیکه دو ورودی در حالت High (one) هستند. تغییر انتقال در نور تشدید کننده IB-T به وسیله کانولوشن منحنی نور حاصل از ISB-T و پاسخ ضربه دستگاه مدل شده است. نور تشدید کننده ISB-T حاصل در دستگاه بوسیله جمع یک پالس مستطیلی با عرض 100fs مدل‌سازی شده است. پاسخ ضربه دستگاه بر پایه نتایج آزمایشات نشان داده شده در 2(b) با  $\exp(-t/880 \text{ fs})$  مدل شده است. میزان خروجی IB-