

آخرین دستاوردهای ادوات کوانتومی مورد استفاده در محاسبات کوانتومی

سمینار درس الکترونیک کوانتومی



استاد:

پروفسور محمدنژاد



دی ماه ۹۵



مقدمه



▶ کوانتوم دیجیتال را میتوان در دو دسته طبقه بندی نمود:

▶ نرم افزارهای کوانتومی:

شامل محاسبات، الگوریتم های پردازشی و کاربردهای آن
در بخش هایی همچون مخابرات، رمزنگاری و ...

▶ سخت افزارهای کوانتومی:

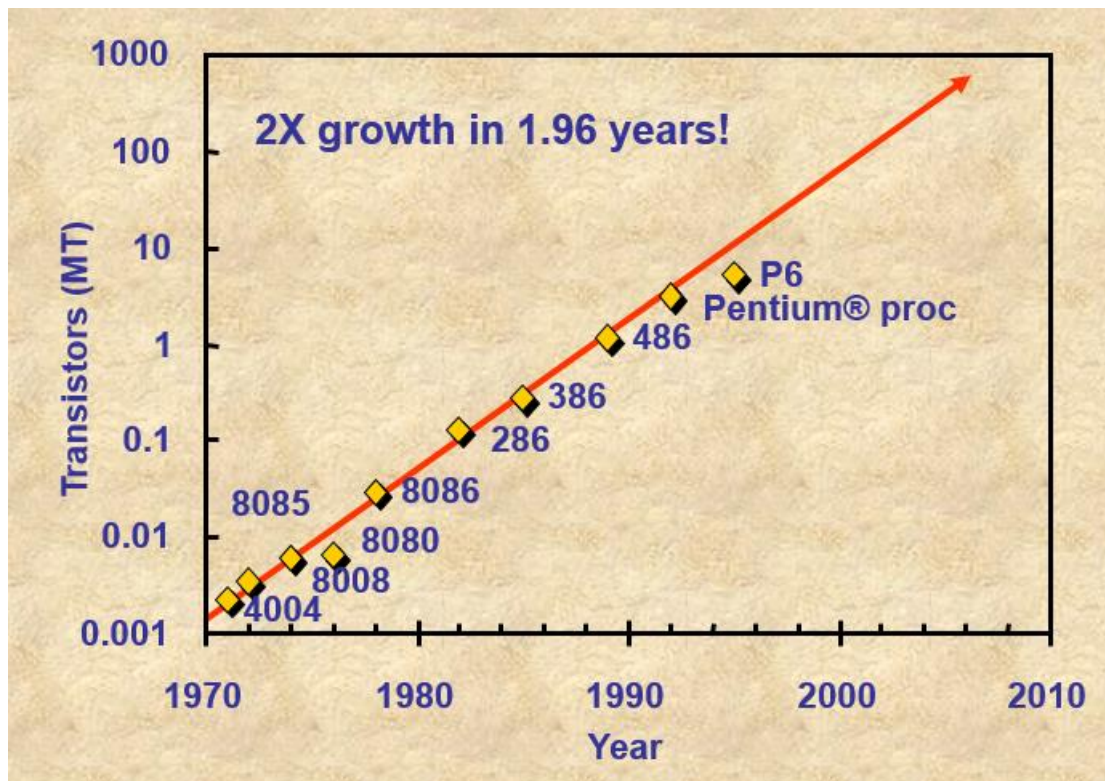
شامل ادوات نوری و ترکیبی



قانون مور (Moore's law)



► مور پیش‌بینی کرد که تعداد ترانزیستورهای مدارهای مجتمع هر دو سال تقریباً دو برابر می‌شود.



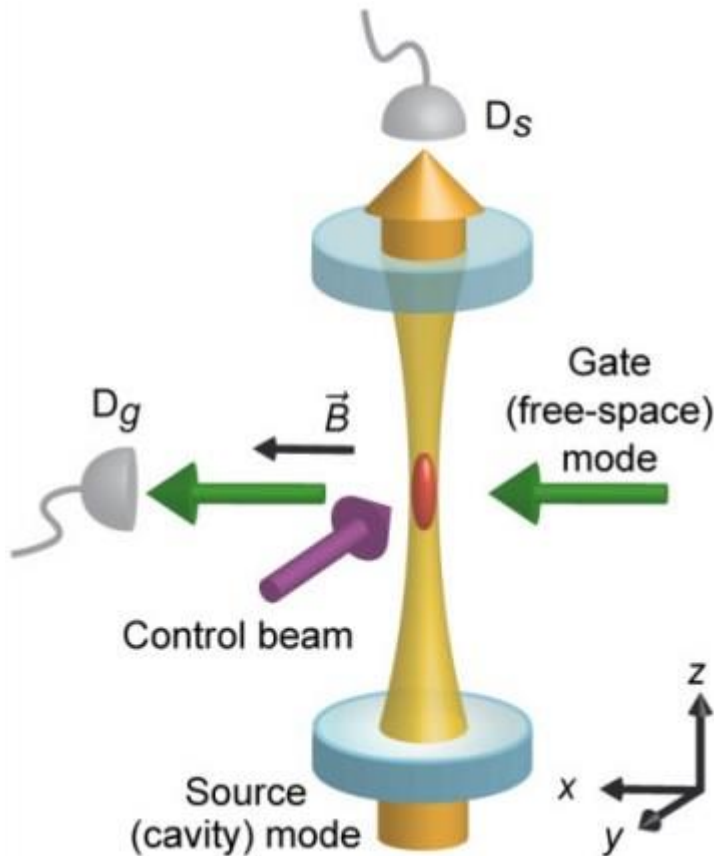


پایان کار قانون مور؟؟

- اخیرا مور اعلام کرد که این پیشبینی دیگر درست نخواهد بود.
- تکنولوژی ساخت ترانزیستورها به اندازه‌های اتمی رسیده است.
- اگر ترانزیستورها از حد کنونی حال حاضر کوچک‌تر شود، اثرات کوانتومی حاصل از خاصیت موجی ماده پدیدار می‌شود.
- مهمترین اثری که باعث ایجاد اختلال در رفتار ترانزیستورها در ابعاد کوچک می‌شود، تونل زدن الکترون‌ها است.



ترانزیستورهای نوری



▶ همانند ترانزیستورهای الکترونیکی از سه قسمت درین، سورس و گیت تشکیل شده است.

▶ در گیت این نوع ترانزیستورها بجای استفاده از ولتاژ، از فوتون برای کنترل آن استفاده می شود.

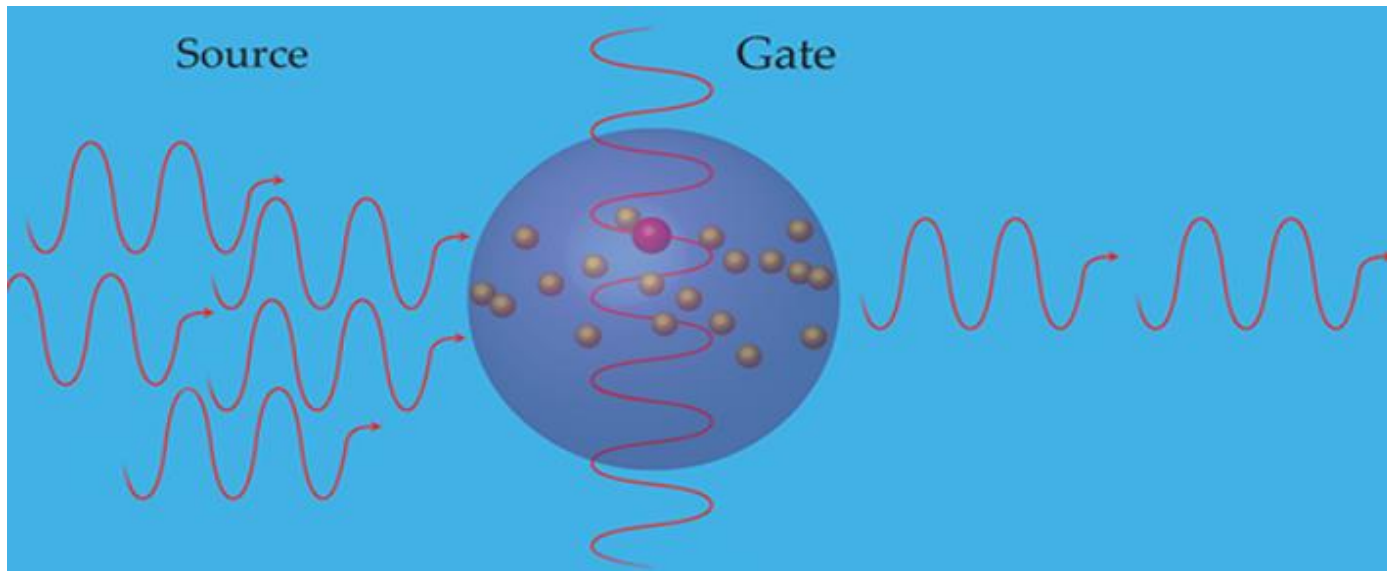
▶ ویژگی اصلی این نوع ترانزیستورها کنترل بر روی میزان عبور نور است که باعث می شود تنها به دو مفهوم صفر و یک اکتفا نشود.



ترانزیستورهای تک فوتونی نوری



- ▶ گیت این ترانزیستورها از ابر اتمی ساخته شده است که توسط یک فوتون برانگیخته می‌شود. در این حالت ابر اتمی مانع از عبور نور می‌شود. در حالت عادی این ابر اجازه عبور تمامی نور ورودی را می‌دهد.
- ▶ در سال ۲۰۱۴ در آموزشگاه اپتیک کوانتومی Max Planck و در دانشگاه اشتوتگارت
- ▶ در سال ۲۰۱۳ در دانشگاه MIT





ترانزیستورهای تک فوتونی نوری



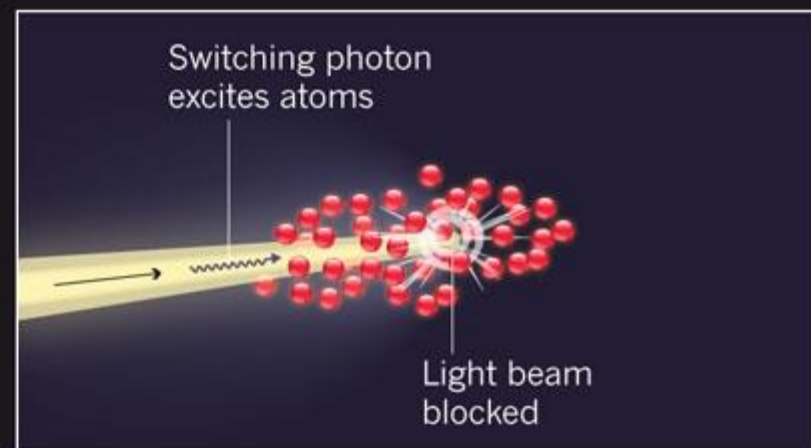
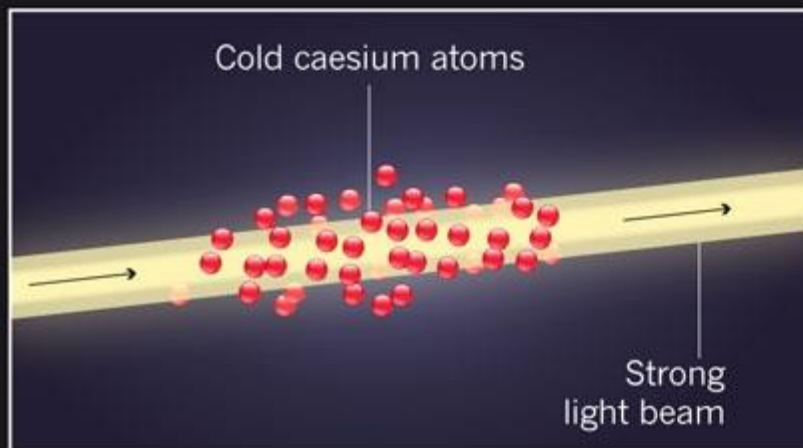
➤ وضعیت Rydberg

➤ فضای ابری سرد شده متشکل از روبیدیم یا سزیم (حدود ۰/۴ درجهی کلوین)

➤ فوتون برانگیخته کننده (با طول موجی حدود ۸۰۰ نانومتر)

TURN OFF THE LIGHT

Researchers have succeeded in using a single photon to switch off a beam of light, a key step in demonstrating an optical transistor.

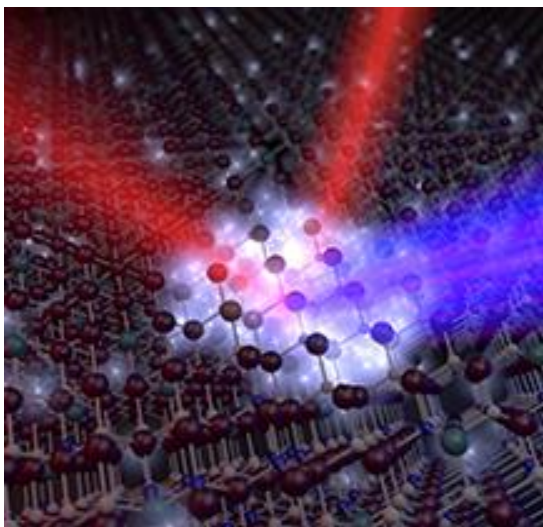




ترانزیستورهای سیلیکونی سریع



- ▶ برای افزایش سرعت ترانزیستورهای سیلیکونی از تابش نور برای سرعت بخشیدن به تولید حفره و الکترون و باز ترکیب این دو در سیلیکون استفاده می‌شود.
- ▶ دانشمندان در دانشگاه پوردو (Purdue) در آزمایشات خود مشاهده کردند که با استفاده از اکسید روی که با آلومینیم پوشانده شده (AZO) میتوان سرعت جذب نور و در نتیجه سرعت تولید و باز ترکیب حامل‌ها را تا ۵۰۰ برابر افزایش داد. در نتیجه‌ی این آزمایش سرعت ترانزیستور ۱۰ برابر افزایش یافت.
- ▶ مهمترین مزیت این ترانزیستور در این است که پروسه ساخت آن با پروسه ساخت CMOS تطابق دارد.

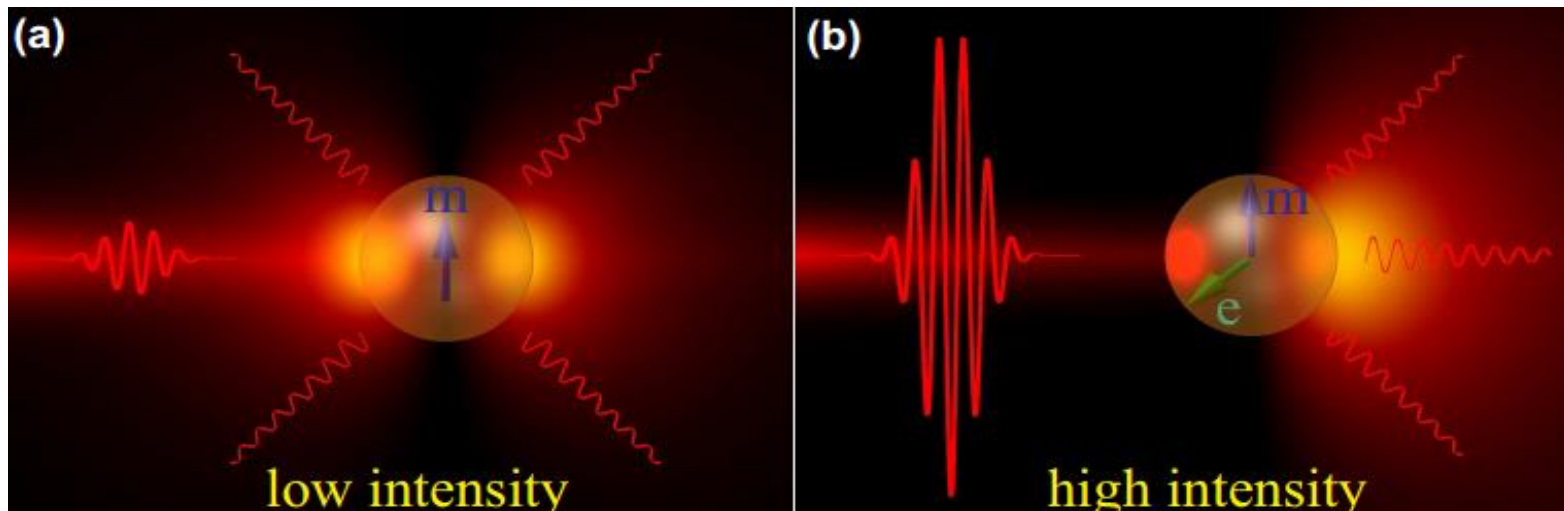




ترانزیستورهای نوری نانو



- ▶ در سال ۲۰۱۵ در دانشگاه ITMO در آزمایشگاه نانوفوتونیک و متامتریال در روسیه
- ▶ مشاهده شد جهتهایی که یک مادهی سیلیکونی نانو ابعاد، نور را پراکنده می کند با استفاده از لیزر فمتوثانیه ای با طول موج ۴۰۰ تا ۹۰۰ نانومتر قابل کنترل است.
- ▶ کنترل جهت های پراکندگی به شدت پرتوهای لیزر وابسته است.
- ▶ با استفاده از این تکنولوژی به ترانزیستورهای با قدرت سوئیچینگ پیکوثانیه دست می یابیم.

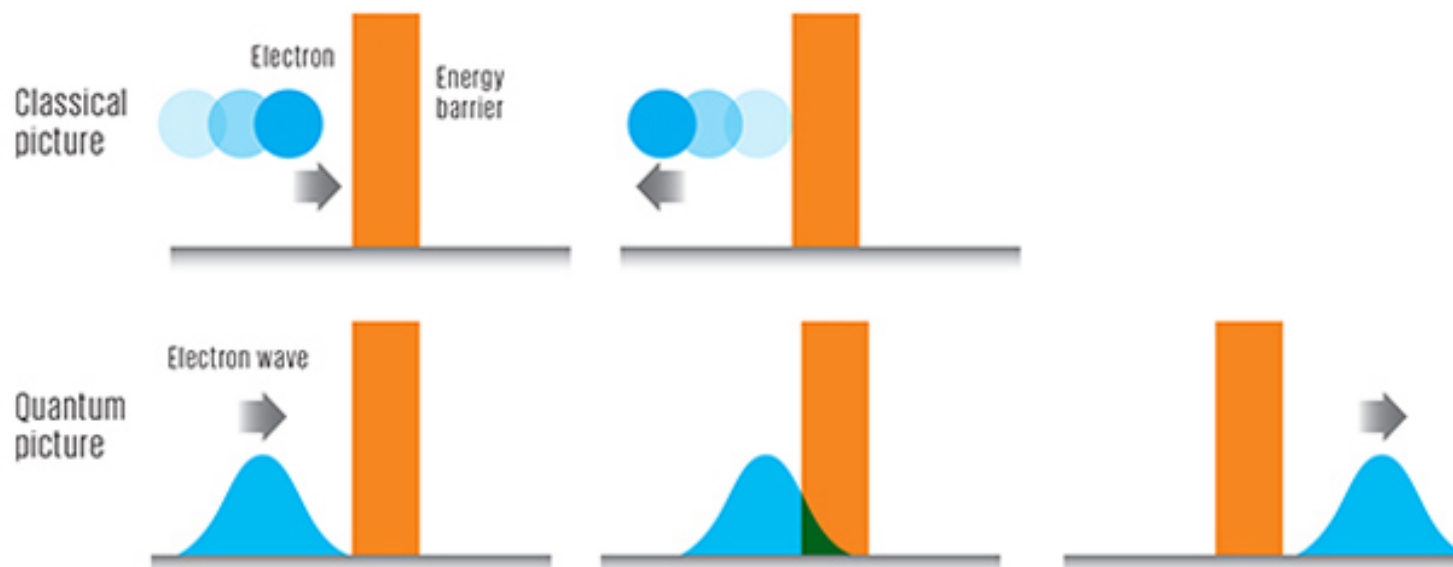




ترانزیستورهای تونل زنی

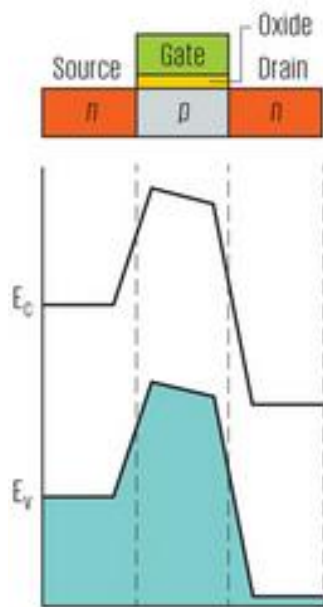


▶ در فیزیک کلاسیک اگر انرژی الکترون‌ها از سد کمتر باشد نمیتواند از سد عبور کند اما در فیزیک کوانتومی...

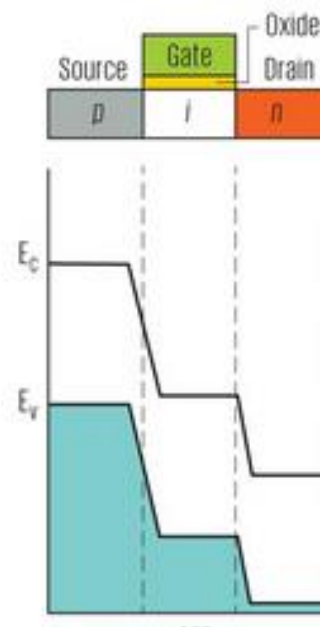
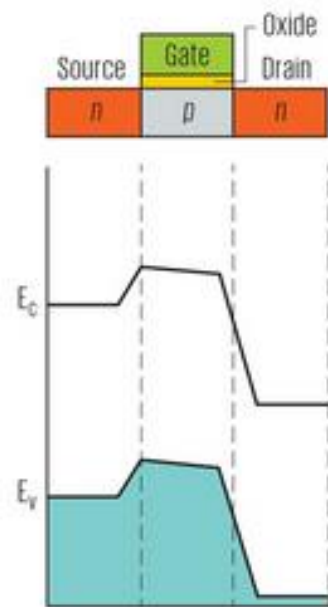




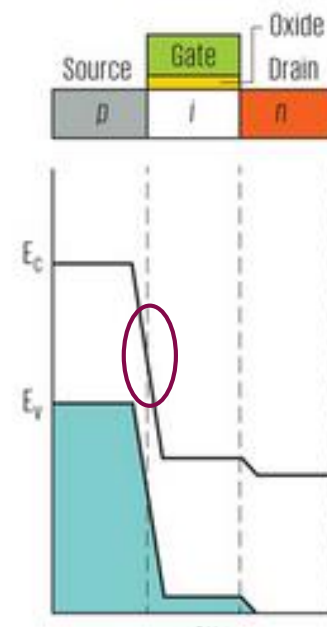
ترانزیستورهای تونل زنی



n-channel MOSFET



OFF



ON

n-channel TFET



ترانزیستورهای تونل زنی



▶ تونل زدن الکترون‌ها به میزان حامل‌ها بستگی ندارد، بنابراین با اعمال ولتاژ بسیار کوچکی میتوان ترانزیستور را روشن نمود.

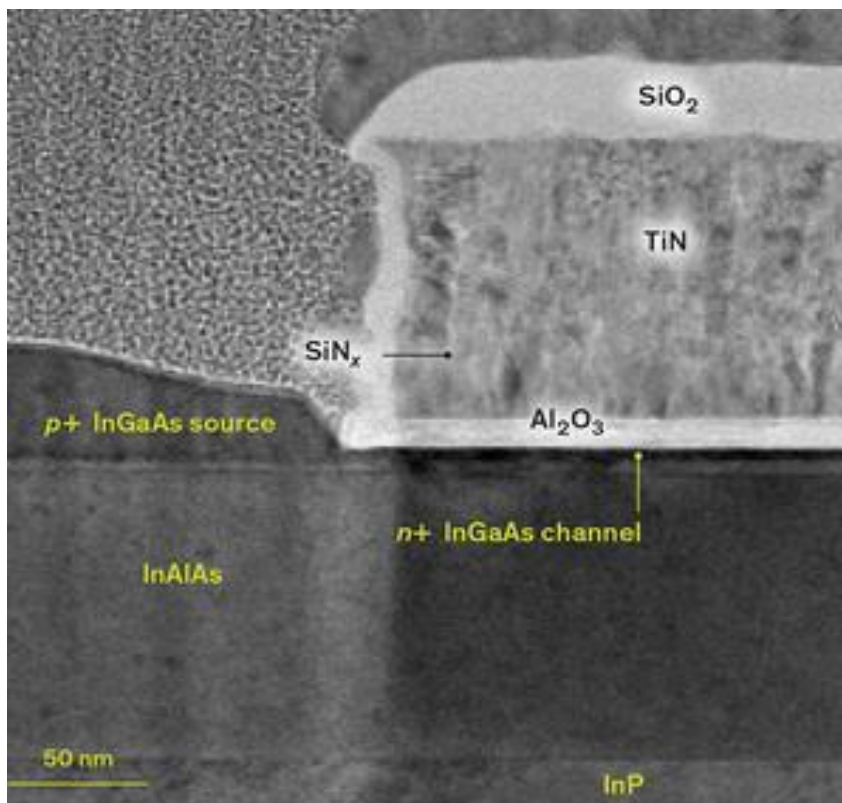
▶ استفاده از عناصر ستون ۳ و ۵ جدول مندلیفوف

▶ Aluminum Gallium Antimonide

▶ Indium Arsenide

▶ Indium Gallium Arsenide

▶ ولتاژ آستانه مابین ۰/۲ تا ۰/۶

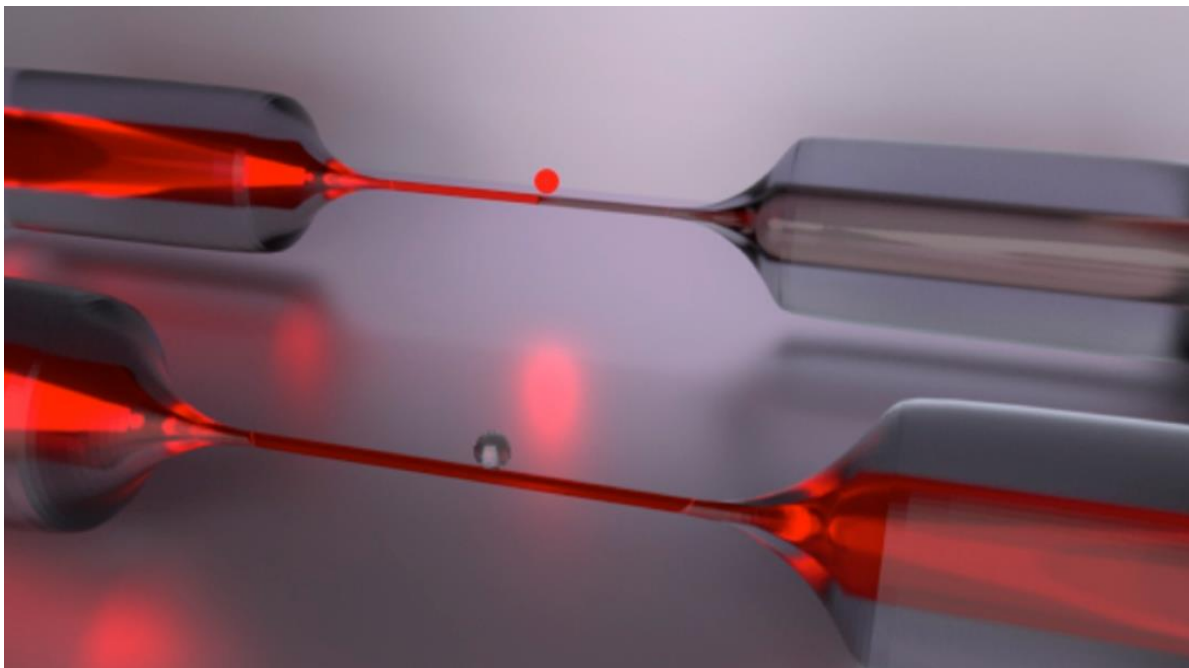




دیودهای نوری

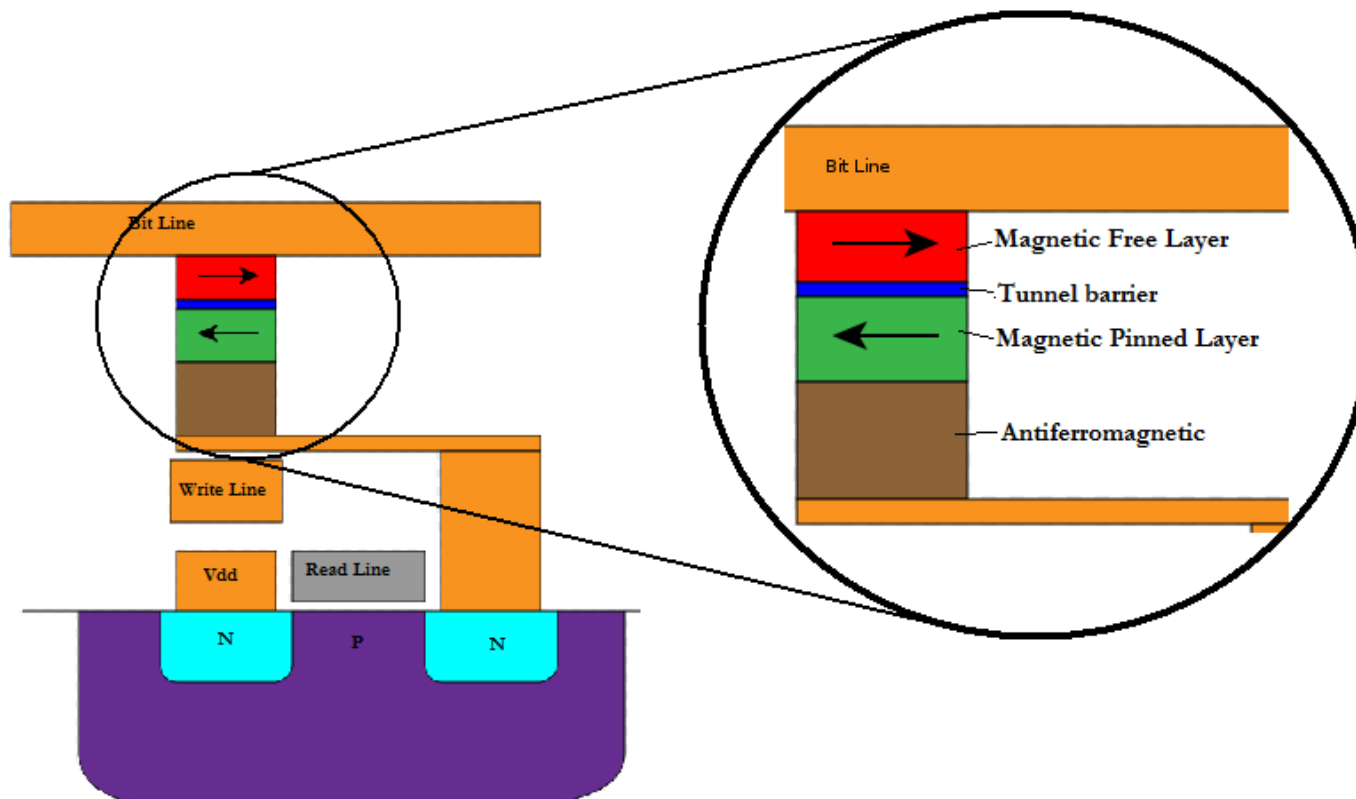


- ▶ در سال ۲۰۱۴ توسط دانشمندان اتریشی
- ▶ استفاده از اتم‌های سزیم و روبیدیم سرد شده (۰/۴ درجه‌ی کلوین)
- ▶ تطبیق فرکانس فوتون‌های ارسالی و اسپین آن با استفاده از پالس‌های لیزری و فیبر نوری با اتم‌های سزیم و روبیدیم





Magneto-resistive Random Access Memory (MRAM)

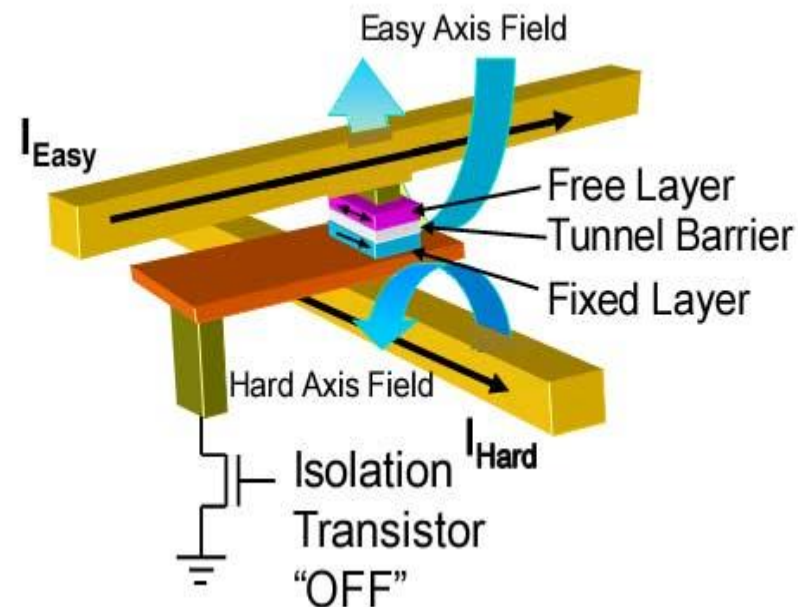
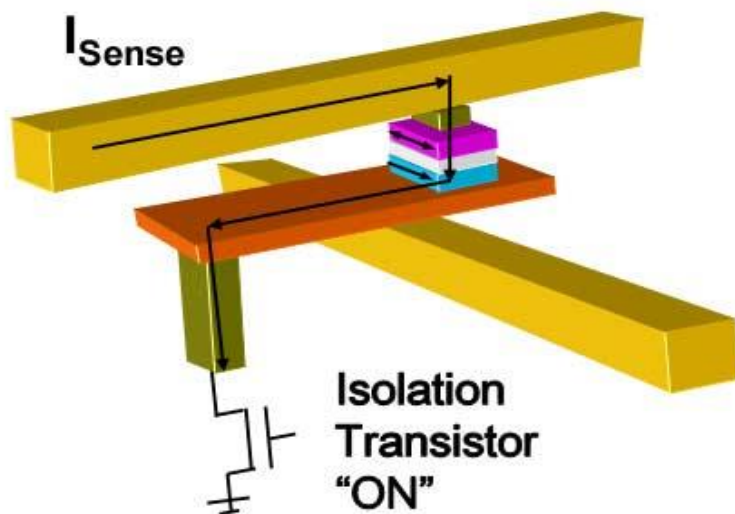




فرایند نوشتن و خواندن



- ▶ نوشتن: با اسفاده از میدان مغناطیسی
- ▶ خواندن: با استفاده از مقاومت مغناطیسی

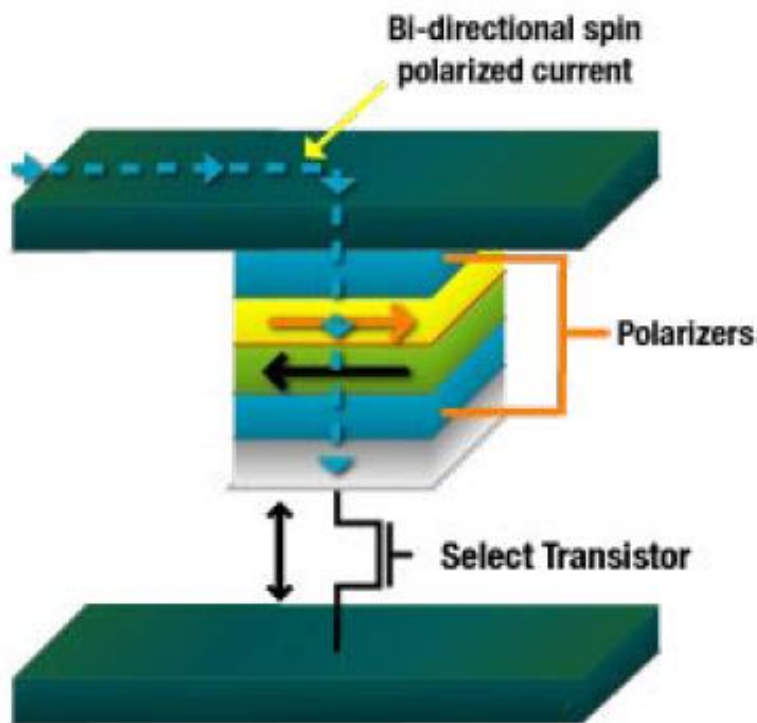




فرایند نوشتن و خواندن



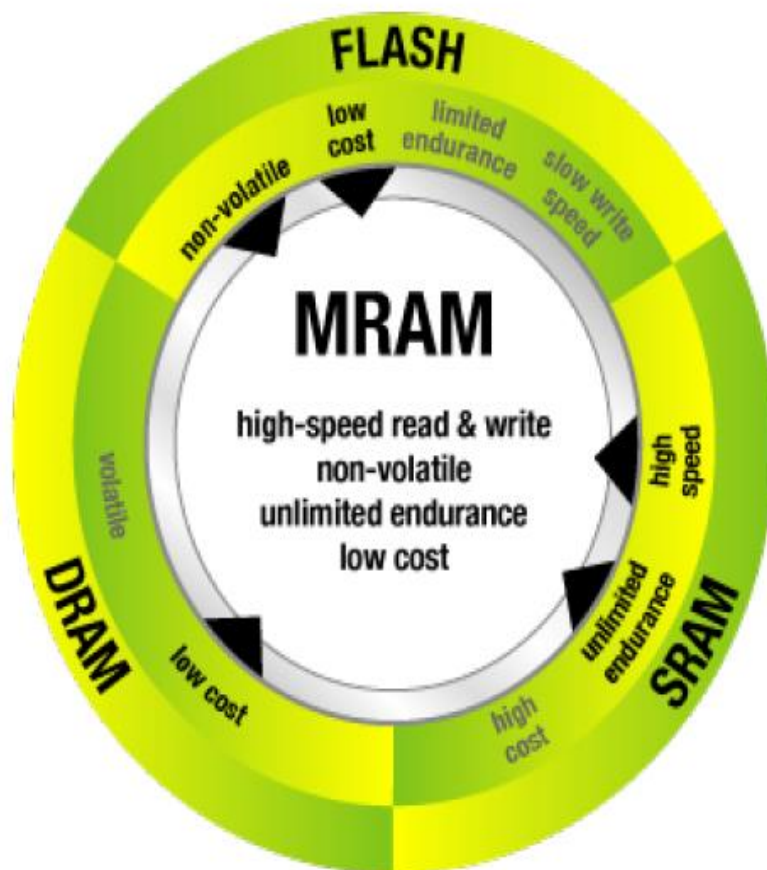
با استفاده از جریان الکتریکی با اسپین یکسان و ایجاد گشتاور توسط این اسپین‌ها



Spin Torque – Current Induced
Magnetic Switching



ویژگی های MRAM



▶ سرعت بالا در خواندن و نوشتن

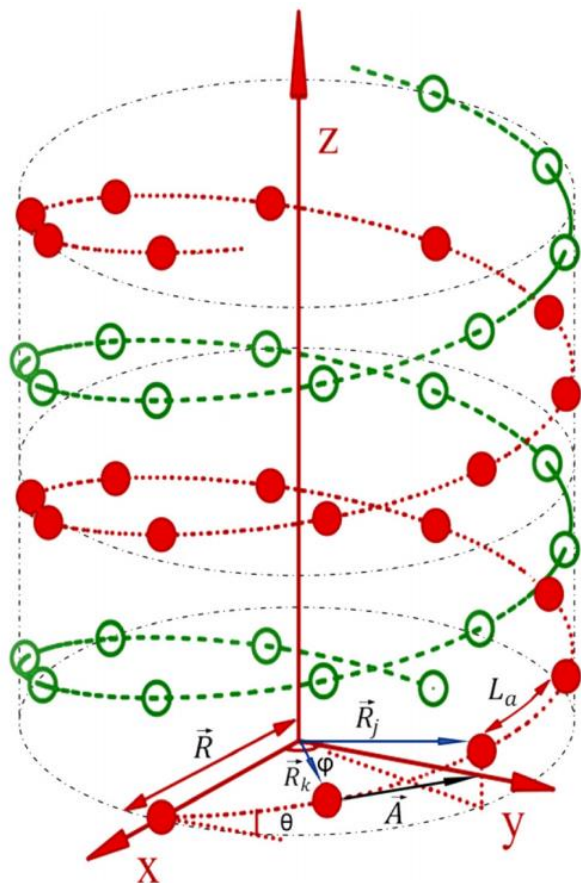
▶ غیر فرار

▶ کم هزینه

▶ پایداری بسیار بالا



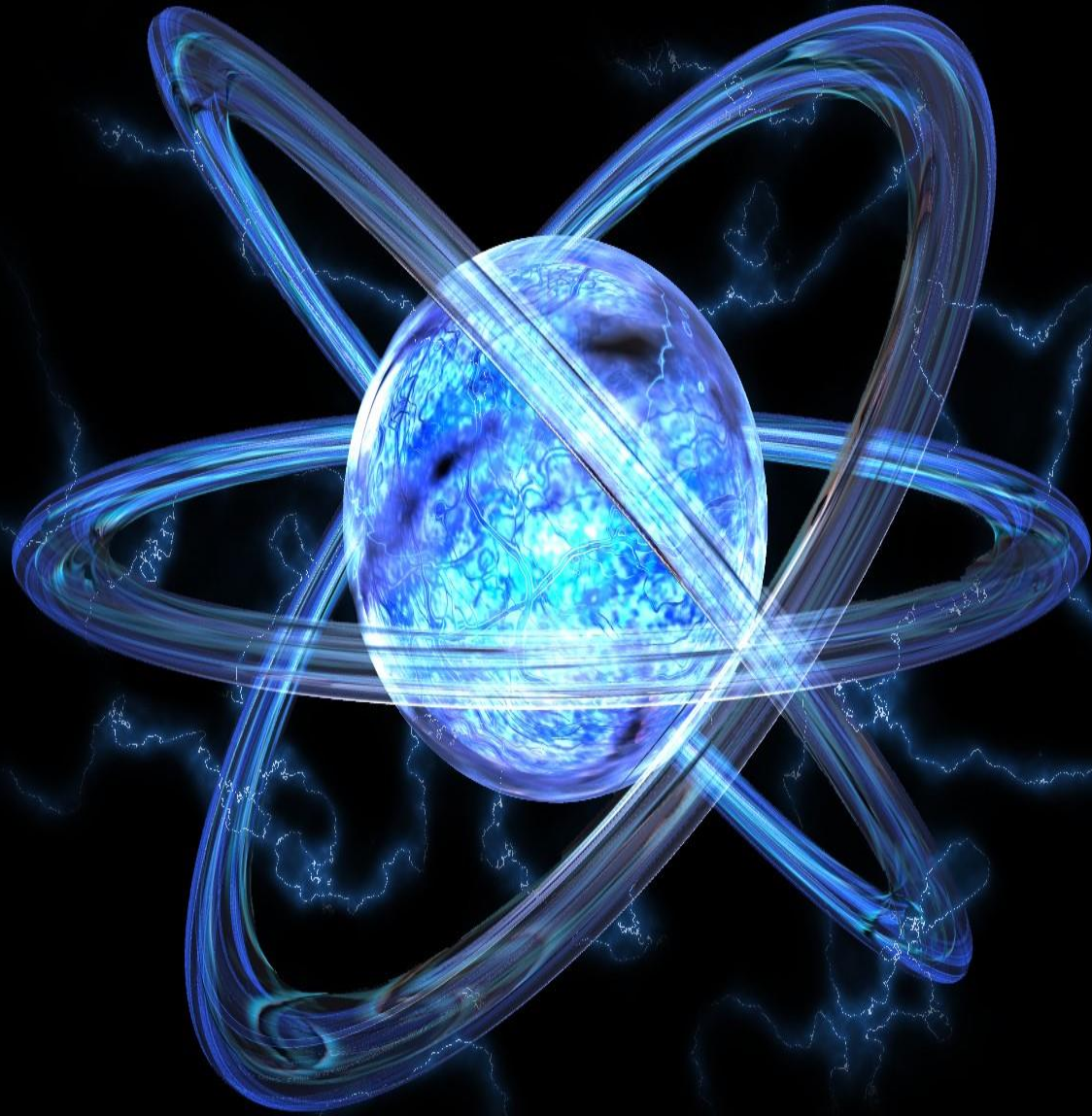
کوانتوم مولکولی



▶ دانشمندان در سال ۲۰۱۴ با آزمایشی بر روی رشته‌های DNA دو رشته‌ای به این نتیجه رسیدند که با استفاده از میدان مغناطیسی میتوان اسپین این رشته را جهت دهی کرد.

▶ از نتایج این آزمایش میتوان در ساخت ادوات بیو برای ساخت ترانزیستور و یکسو کننده‌های اسپینی استفاده کرد.

▶ با توجه به سازگاری دی‌ان‌ای با بدن انسان این قطعه همچنین می‌تواند از نظر بیوالکترونیکی نیز حائز اهمیت باشد.



با تشکر از توجه شما