

به نام خدا

آشنایی با اسپینترونیکس و کاربردهای کوانتومی آن

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکده مهندسی برق

سمینار درس کوانتوم الکترونیک (۱)

استاد مربوطه: پروفسور شهرام محمد نژاد

دی ۱۳۹۲



معرفی

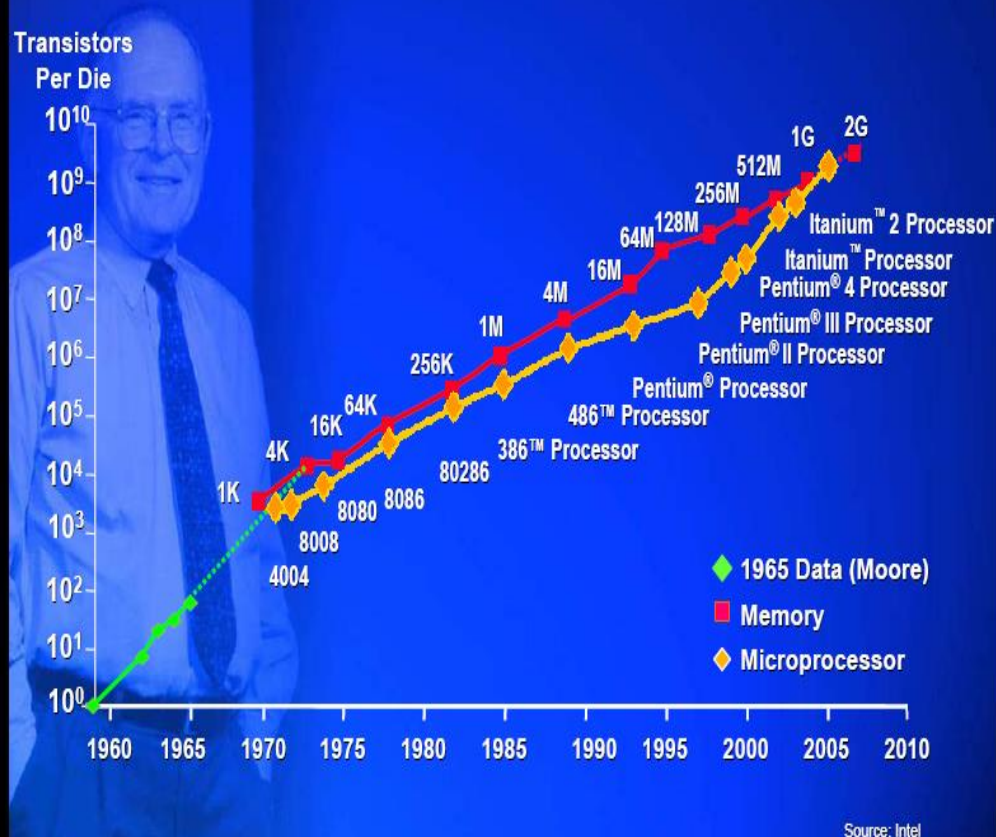


- اسپینترونیکس که تحت عنوان الکترونیک مغناطیسی نیز شناخته میشود، یک تکنولوژی بوجود آمده بر مبنای مغناطیس لحظه ای الکترون است.
- قطعات الکترونیکی متعارف بر مبنای انتقال بار الکتریکی الکترونها کار میکنند و خواص اسپینی آنها نادیده میگیرند.
- در نظر گرفتن اثرات اسپینی منجر به ایجاد ظرفیت های جدیدی در قطعات الکترونیکی میشود.



تقاضاهای آینده

Moore's Law - 2005



- قانون مور بیان میکند که تعداد ترانزیستورها روی یک تراشه سیلیکونی باید هر ۱۸ ماه ۲ برابر شود.

- همینطور که ابعاد ترانزیستورها کوچک میشود، خواص کوانتومی الکترونها مانند ماهیت موجی آنها بیشتر خود را نشان میدهد و باید در طراحیها آنها را در نظر گرفت.

- تمایل تکنولوژی به سمت بهبود عملکرد، سرعت بالاتر و کاهش توان مصرفی است که قطعات اسپینترونیکس این خواص را از خود نشان داده اند.



امتیازات اسپینترونیکس

امتیازات اسپینترونیکس

اطلاعات در اسپین الکترون
بعنوان دو حالت ممکن
ذخیره میشود.

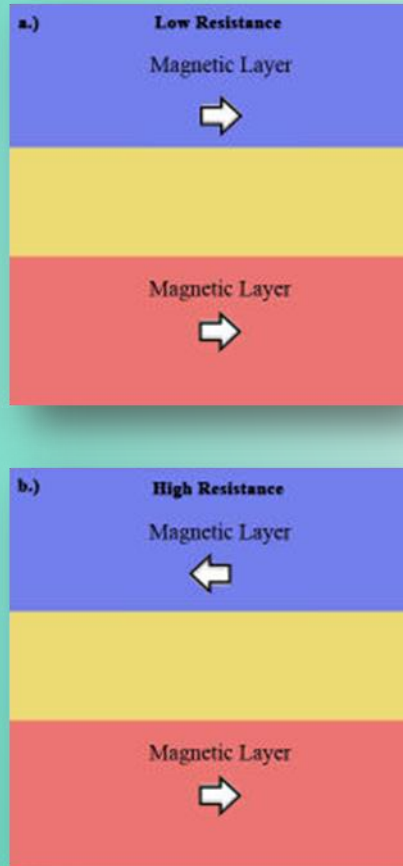
قطعات اسپینی میتوانند
عملیاتهای منطقی و ذخیره
سازی اطلاعات بدون
جداسازی اجزاء انجام دهند.

پلاریزاسیون اسپینی باینری
میتواند بعنوان کیوبیتها در
کامپیوترهای کوانتومی مورد
استفاده قرار گیرد.

ذخیره سازی مغناطیسی
انجام شده بوسیله خواص
اسپینی غیرقرار هستند.



مقاومت مغناطیسی غول پیکر (GMR)

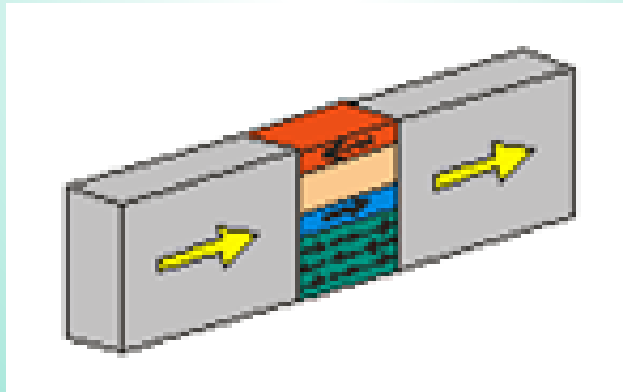


- در سال ۱۹۸۸ GMR بوسیله دو دانشمند در فرانسه اختراع شد که آن را بعنوان تولد اسپینترونیکس در نظر گرفتند.
- یک مقاومت مغناطیسی غول پیکر حداقل بصورت دولایه فرومغناطیس ساخته میشود که یک لایه حدفاصل بین آنها قرار گرفته است.
- وقتی بردار مغناطیسی دو لایه بصورت هم تراز قرار میگیرند، قطعه کمترین مقاومت را داراست.
- متقابلاً، زمانی که بردارهای مغناطیسی کاملاً برعکس باشند، مقاومت بزرگ حاصل میشود.
- میدانهای کوچک میتوانند اثرات بزرگی تولید کنند.
- اثرات جریان موازی و عمودی نیز وجود خواهد داشت



GMR جریان موازی

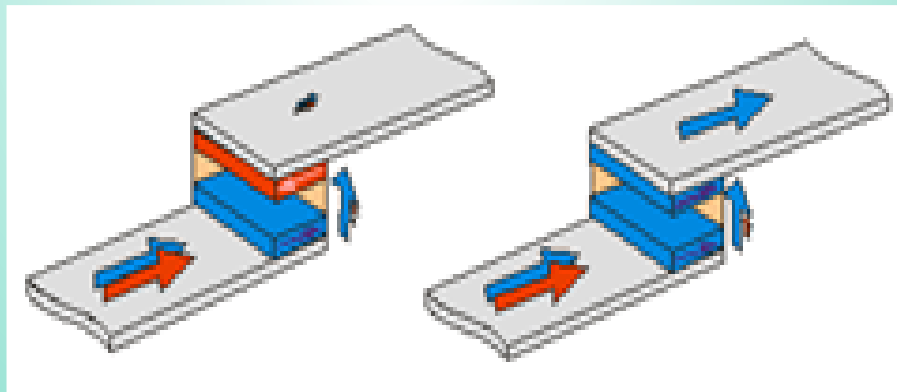
- جریان بصورت موازی بین لایه های فرومغناطیس برقرار میشود.
- اغلب در خواندن مغناطیسی هاردها استفاده میشود.
- بین نقطه صفر و حالت های ضدموازی اختلاف سطح مقاومتی ۲۰۰٪ وجود دارد.





GMR جريان عمودی

- در این حالت لایه مغناطیس آزاد بعنوان پلاریزگر اسپین و دیگری بعنوان آشکارساز استفاده میشود.
- بین نقطه صفر و حالت‌های ضدموازی اختلاف مقاومتی ۷۰٪ وجود دارد.
- این ساختار بعنوان پایه ای برای مقاومت مغناطیسی تونلی (TMR) محسوب میشود.

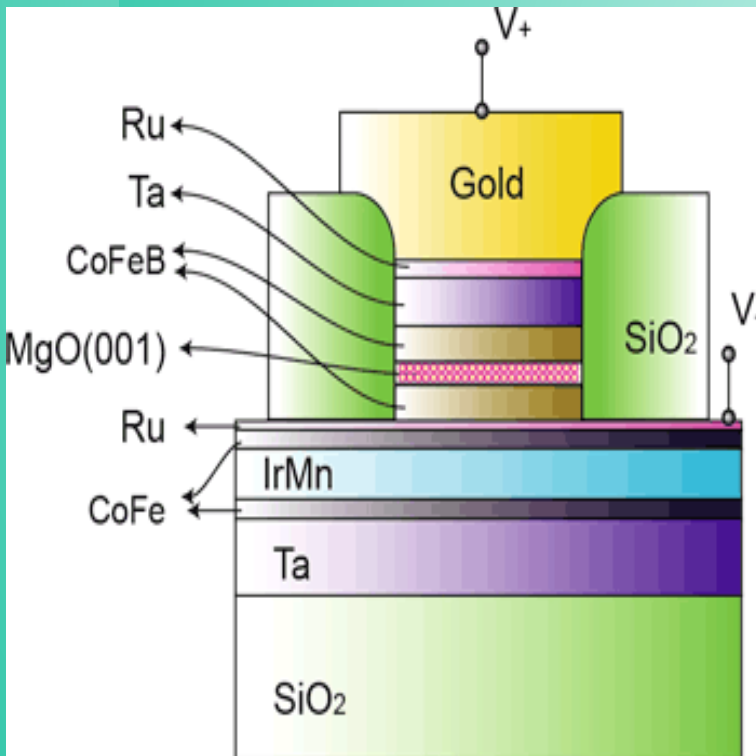




مقاومت مغناطیسی تونلی (TMR)

- اثر مقاومت مغناطیسی تونلی دو کانال اسپینی در مواد فرومغناطیسی و اثر تونل‌زنی کوانتومی را ترکیب میکند.
- پیوندهای TMR نسبت مقاومت حدود ۷۰٪ را دارا میباشند.

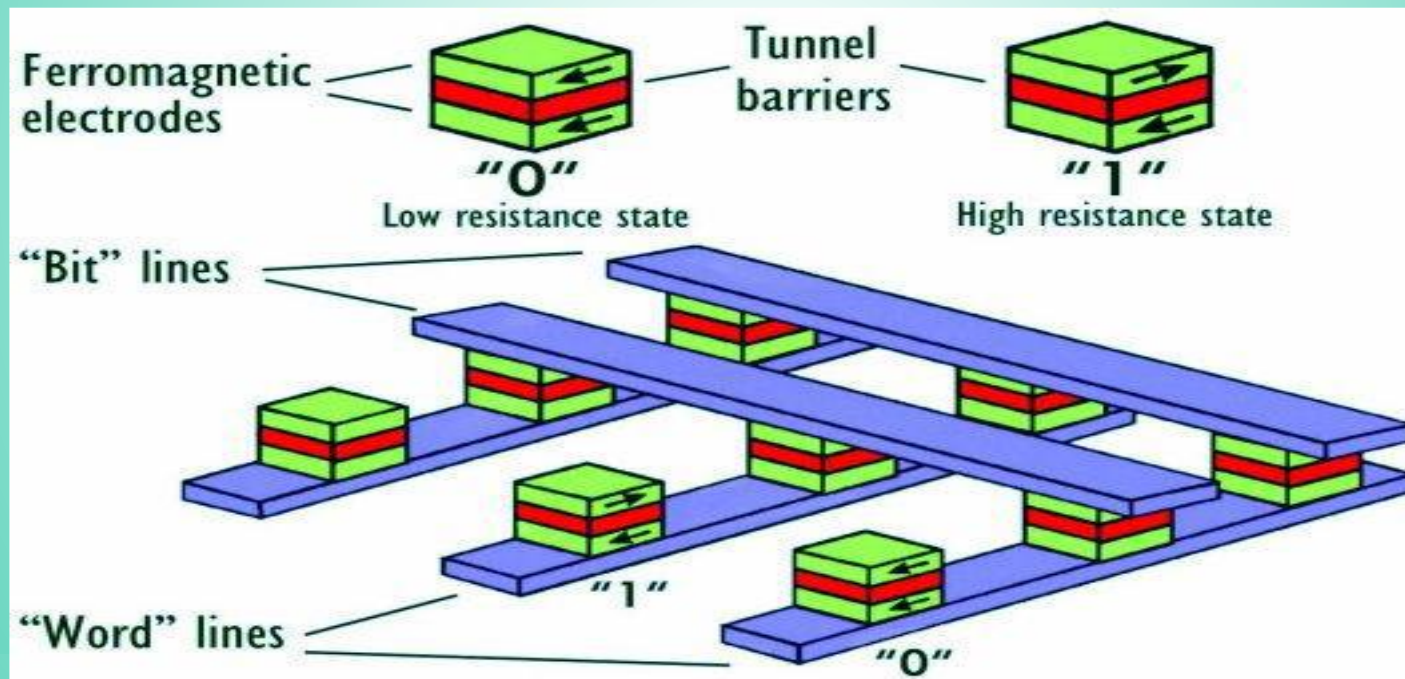
- پیوندهای سد منیزیم اکسید (MgO) در حدود ۲۳۰٪ مقاومت مغناطیسی دارند.



حافظه با دسترسی تصادفی مقاومت مغناطیسی (MRAM)



- MRAM از عناصر ذخیره سازی مغناطیسی بجای عناصر الکتریکی استفاده میکند که در RAM های معمول استفاده میشود.
- پیوندهای تونلی برای خواندن اطلاعات ذخیره شده در MRAM ها استفاده میشود، که بطور معمول "0" برای حالت مغناطیسی نقطه صفر و "1" برای حالت غیرموازی استفاده میشود.





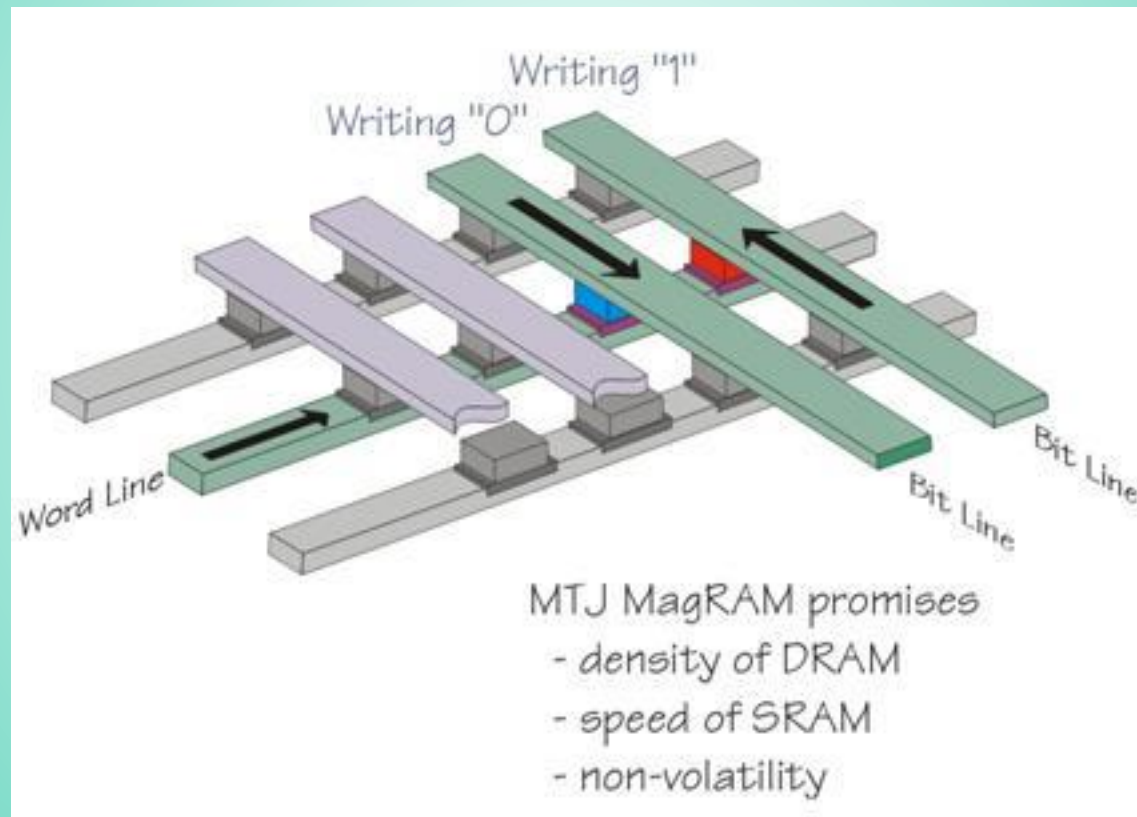
انتقال اسپینی

- جریان از طریق یک میدان مغناطیسی که پلاریزاسیون اسپینی شده است عبور میکند.
- این اسپینهای مغناطیسی یک گشتاور نسبی بزرگی را به بردار مغناطیسی داخل ماده مغناطیسی خارجی اعمال میکند.
- این گشتاور انرژی به بار مغناطیسی بصورت تپش وارد میکند که منجر میشود مغناطیس لحظه ای آن به سمت محور جسم گردان تغییر جهت دهد.
- اگر نیروی میراکننده خیلی کوچک باشد، تکانه جریان اسپینی به نانومغناطیس منتقل خواهد شد که موجب میشود بردار مغناطیسی دچار تغییرات اندک و ناگهانی شود.
- این عامل یکی از اثرات ناخواسته در شیرهای اسپینی است.
- از این مورد کاربردهایی اخیرا برای نوشتن حافظه پدیدار شده است.



حافظه با دسترسی تصادفی مقاومت مغناطیسی (MRAM)

- مکانیسم انتقال اسپینی میتواند برای نوشتن در سلولهای حافظه مغناطیسی مورد استفاده قرار گیرد.
- جریانهای اسپینی در این حالت دارای سرعت تقریباً یکسان با حالت خواندن هستند، اما مصرف توان کاهش یافته است.

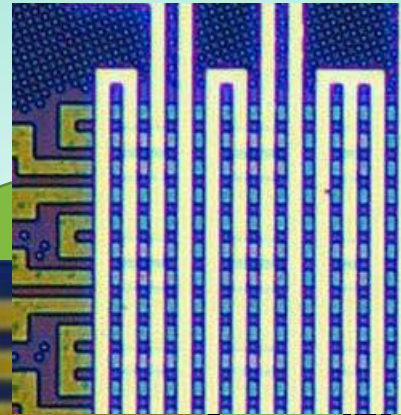




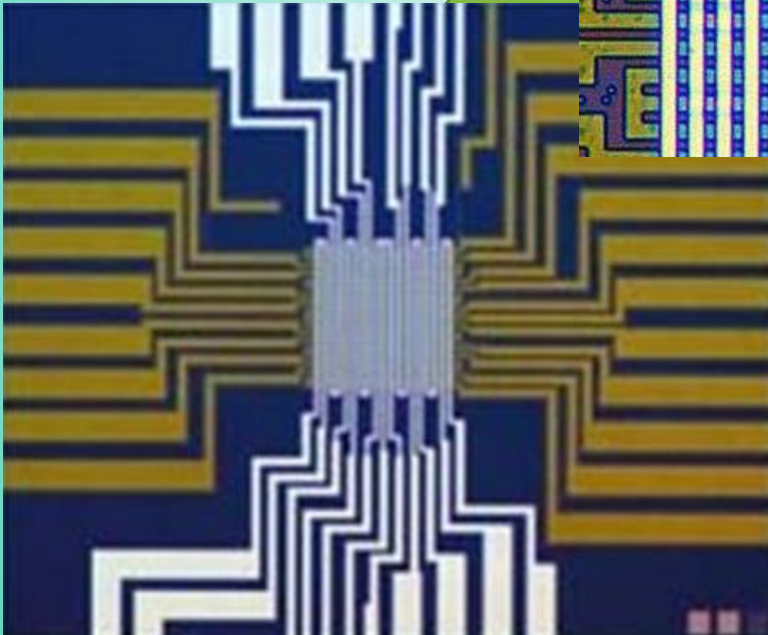
حافظه با دسترسی تصادفی مقاوم مغناطیسی (MRAM)

شبیه حافظه های
falsh غیر فرار
است.

چگالی DRAM ها
را داراست.



مغناطیسی



سرعت
SRAM
میک

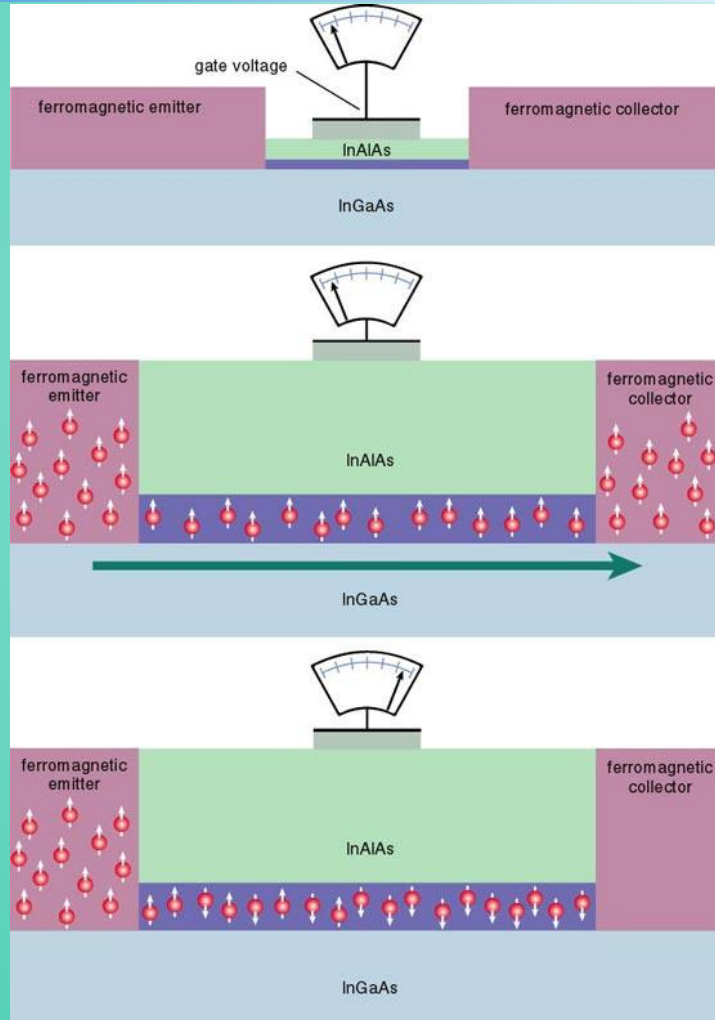


ترانزیستورهای اسپینی

- با استفاده ایده آل از MRAM ها میتوان جریان کانالهای اسپینی را کنترل کرد.
- ترانزیستور اسپینی روشی را پیشنهاد میدهد که با استفاده از آن میتوان جریان اسپینی را همانند ترانزیستورهای مرسوم که جریانهای بار الکتریکی را کنترل میکنند، کنترل کرد.
- با استفاده از آرایه هایی از این ترانزیستورهای اسپینی امکان ترکیب عملیتهای منطقی، آشکارسازی، ذخیره سازی و مخابراتی روی یک تراشه واحد را ممکن میشود.
- این عمل تمایز بین حافظه در حال کار و ذخیره سازی را حذف کرده و کارهای زیادی را موازی با هم روی یک تراشه واحد میتوان انجام داد.



ترانزیستور اسپینی DATTA DOS



- این ترانزیستور اولین قطعه اسپینی پیشنهاد شده برای هندسه فلز-اکسید است که در سال ۱۹۸۹ معرفی شد.
- امیتر و کلکتور مواد فرومغناطیس با بردارهای مغناطیسی موازی هستند.
- گیت مولد میدان مغناطیسی است.
- جریان بوسیله درجه انحراف مسیر در اسپین الکترون تعیین میگردد.



نیمه رساناهای مغناطیسی

- موادی که دارای خواص مغناطیسی صریح هستند و میتوان از آنها بعنوان نیمه رسانا در قطعات الکترونیکی استفاده کرد، نیمه رساناهای مغناطیسی نامیده میشوند.
- در الکترونیک مرسوم کنترل روی حاملهای بار الکتریکی انجام میگردد، درحالیکه، در نیمه رساناهای مغناطیسی میتوان خواص اسپینی کوانتومی را هم کنترل کرد.
- گرچه نیمه رساناهای مغناطیسی بطور معمول همچون آهن مغناطیسی (Fe_3O_4) هستند، اما دانشمندان بدنبال موادی تحت عنوان نیمه رساناهای مغناطیسی رقیق (DMS) هستند که قابل ناخالص سازی باشند.
- گروه دکتر اهنو در دانشگاه توهو کو اولین گروه برای اندازه گیری حالت فرومغناطیس در نیمه رساناهای ترکیبی ناخالص شده فلزی گذرا همچون GaMnAs بودند.



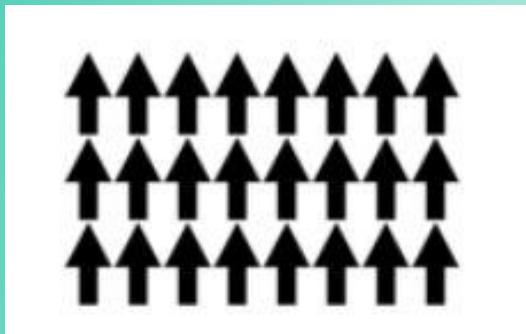
نیمه رساناهای مغناطیسی

Material	Curie temp.	Year
GaMn _{0.05} As	110 K	(1998)
	250 K	(2004)
GaMn _{0.05} Sb	25 K	(1999)
	80 K	(2003)
Mn _x Ge	25-116 K	(2002)
Co _x TiO ₂	600 K	(2001)
GaMn _x N	400 K	(2001)
MnGeP ₂	340 K	(2001)
Co _x SnO _{2-δ}	600 K	(2003)
La _{0.5} Sr _{0.5} Ti _{0.985} Co _{0.015} O ₃	450 K	(2003)
Cr _x ZnTe	>300 K	(2003)
Zn _{0.978} Mn _{0.022} O	~300 K	(2003)
In _{1.7} Sn _{0.2} Mn _{0.1} O _{3-δ}	~300 K	(2004)
Al _x Ga _{1-x} Cr _y N	800-900 K	(2002-2004)



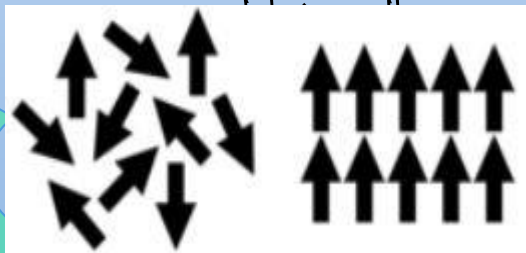
نیمه رساناهای مغناطیسی

• دمای کوری (Curie temperature):



زیر دمای کوری، اسپینهای مغناطیسی
در نبود یک میدان

به دمایی اطلاق میشود که در آن ماده
فرومغناطیس از حالت مغناطیس دائم در



Applied Magnetic
Field Absent

Applied Magnetic
Field Present

زیر دمای کوری
القایی در بالای
برگشتن به ح
باید میدان

بالای دمای کوری، اسپینهای
مغناطیسی در نبود و حضور یک
میدان



نتیجه گیری

- تمایلات به سمت تکنولوژی اسپینترونیक्स از وجود محدودیت های موجود در الکترونیک مرسوم سرچشمه گرفته است.
- به هر حال، بازسازی صنعت آنچنان مورد قبول نیست، و اسپینترونیक्स یک تغییر برای تکنولوژی حاضر محسوب میشود.
- طراحی بر مبنای اسپینترونیक्स برتری هایی همچون ترکیب عملکردهای منطقی، ذخیره سازی و سنسوری بر تکنولوژی حال حاضر دارد، که منجر به جلب شدن تحقیقات به سمت آن شده است.
- از مهمترین دستاوردهای قطعات اسپینترونیक्स میتوان به کامپیوترهای کوانتومی و مخابرات کوانتومی است، که تکنولوژی ارتباطات و فناوری اطلاعات قرن ۲۱ را دچار انقلابی وسیع خواهد کرد.



با تشکر از توجه شما

