

باشگاه فیزیک

اصفهان

جلسه نوزدهم

۷ آذر ۱۳۹۱

آشنایی با اسپینترونیک

سید جواد هاشمی فر

دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی اصفهان

Magneto - Electronics



Lodestone

ماگنتیت (نوعی سنگ آهن ربا)



Electricus

یک نوع ماهی الکتریکی

سابقه تاریخی الکترونیک

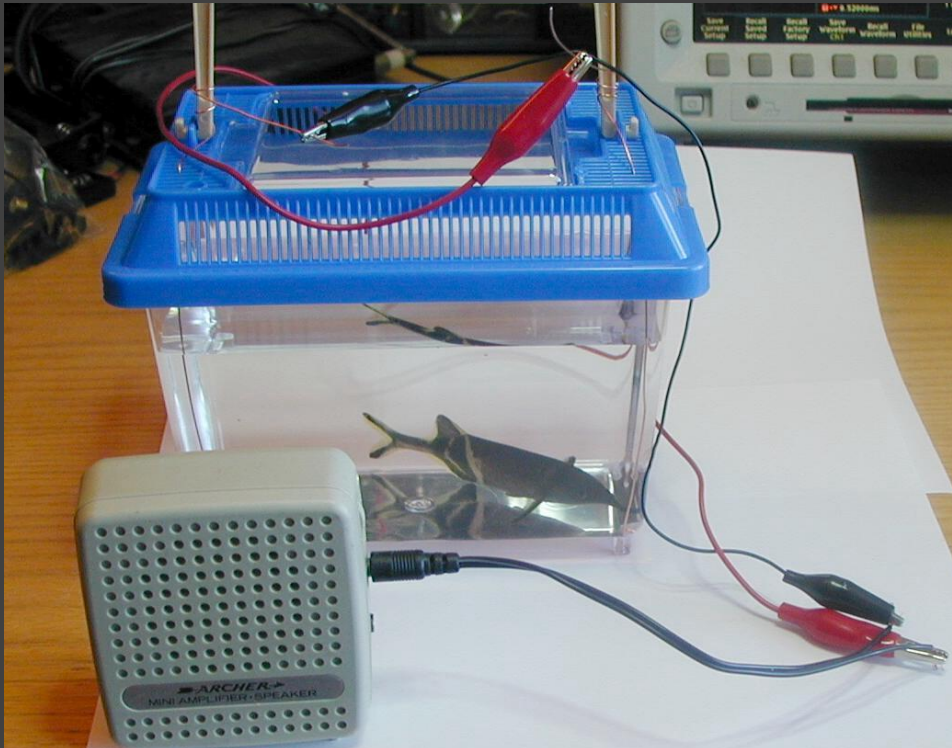
جلسه نوزدهم
آشنایی با اسپینترونیک

پاشگاه فیزیک
اصفهان



Electricus

یک نوع ماهی الکتریکی

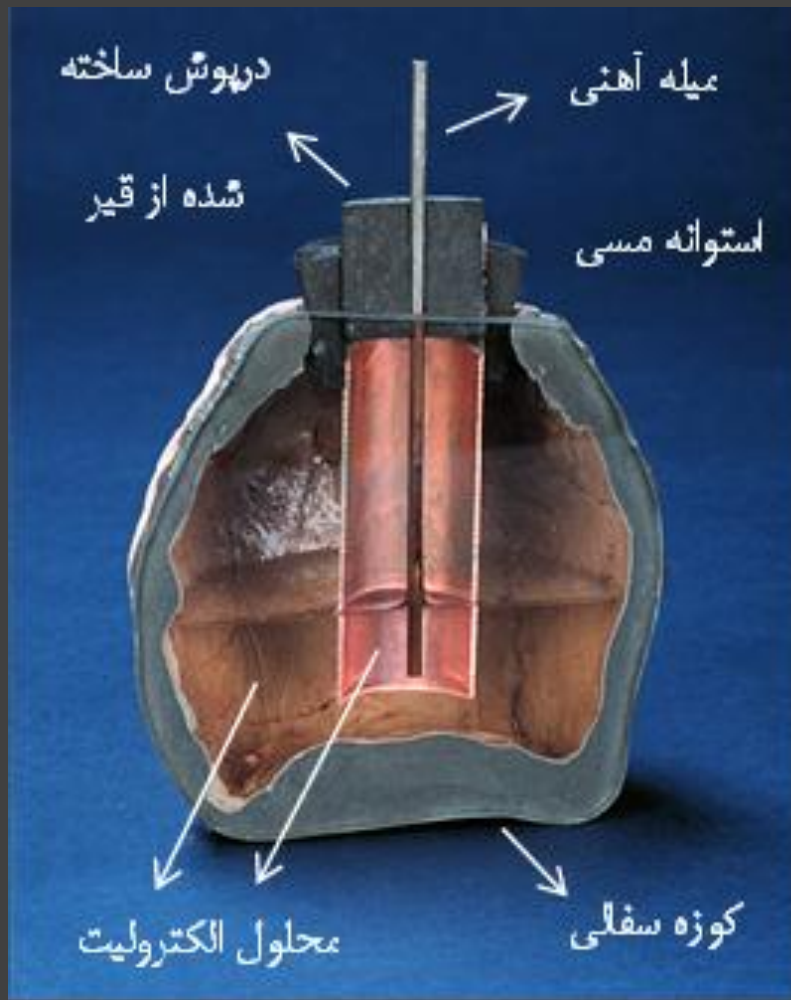


مورد استفاده پزشکان یونان
باستان و همچنین مورد استفاده
ابوعلی سینا برای شوک درمانی
بیماری هایی نظیر سردرد و نقرس

سابقه تاریخی الکترونیک

جلسه نوزدهم
آشنایی با اسپینترونیک

پاشگاه فیزیک
اصفهان

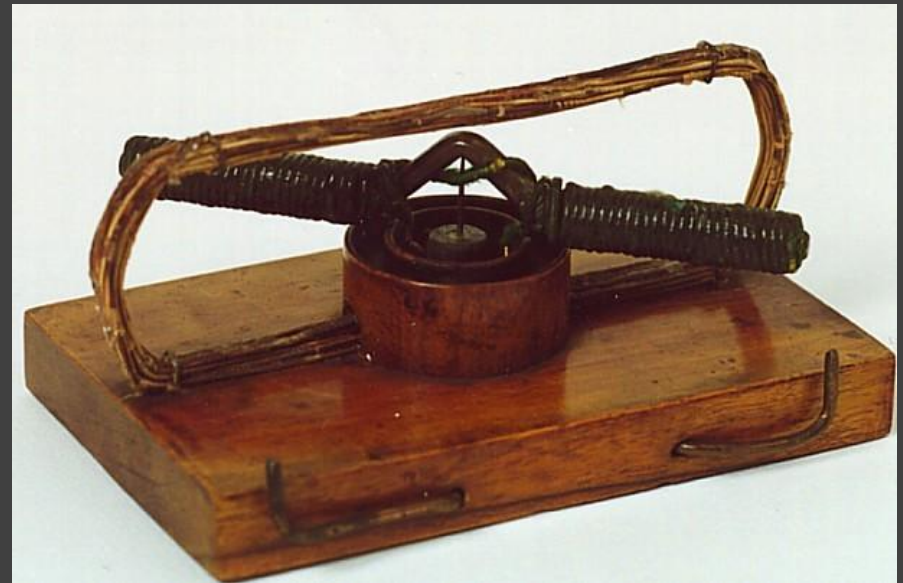


باتری بغداد (دوران اشکانیان)

کاربردهای احتمالی:
آب کاری فلزات و درمان بیماری ها



- شروع مطالعات جدید الکترونیک: ۱۶۰۰ میلادی
- در سال ۱۸۰۰ باتری ولتا کشف شد.
- در بین سالهای ۱۸۲۰ تا ۱۸۳۲ موتور الکتریکی کشف شد



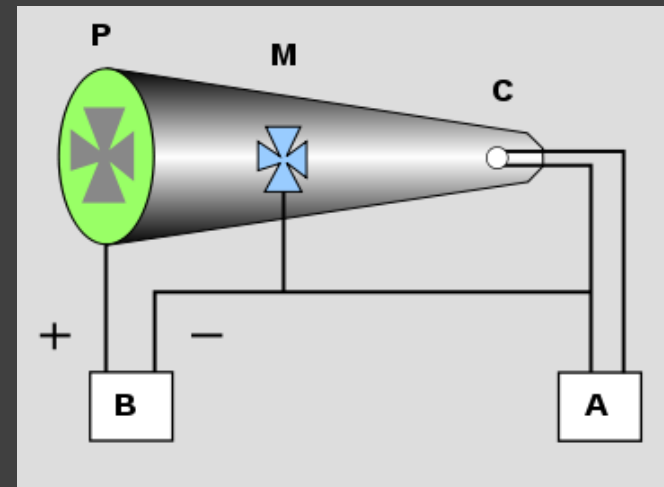
الکترونیک نوین

جلسه نوزدهم
آشنایی با اسپینترونیک

پاشگاه فیزیک
اصفهان

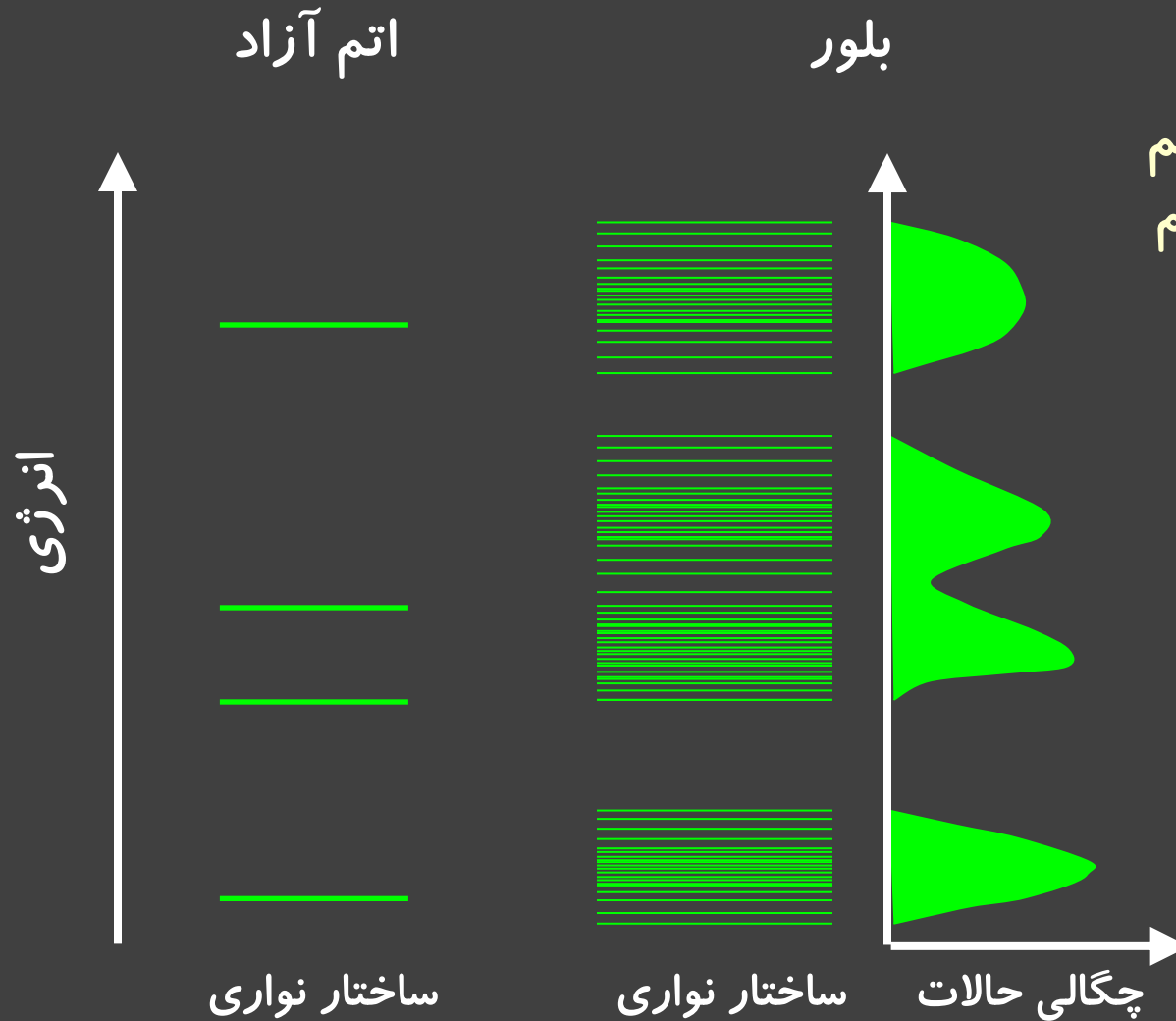


کشف اشعه کاتدی در سال ۱۸۶۹
(تخلیه الکتریکی در خلاء)



در سال ۱۸۹۷ میلادی تامسون نشان داد که اشعه کاتدی از ذرات بارداری تشکیل شده که حدود ۱۸۰۰ بار از هیدروژن سبک تر هستند (کشف الکترون)

ساختار الکترونی مواد



ظهور نظریه مکانیک کوانتم
در سه دهه اول قرن بیستم
میلادی:

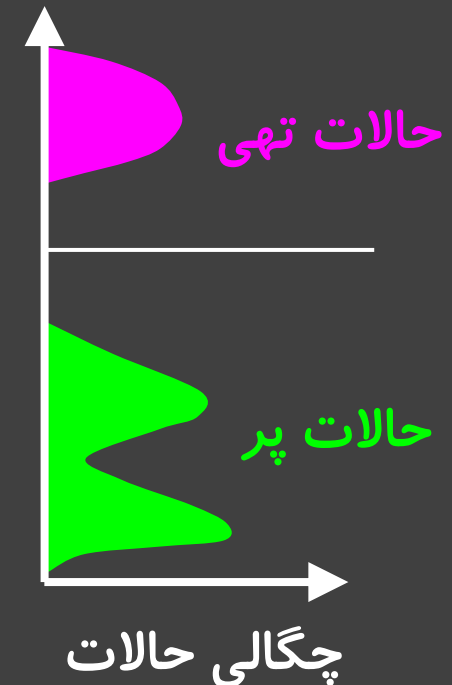
ساختار الکترونی مواد

خواص الکترونی مواد

فلز: رسانندگی الکتریکی
بالا (Cu, Ag)

نیم رسانا: رسانندگی الکتریکی پایین و قابل کنترل با
میدان الکتریکی و آلایش (Si, GaAs)

عایق: نارسانای الکتریکی
(SiO₂, diamond)

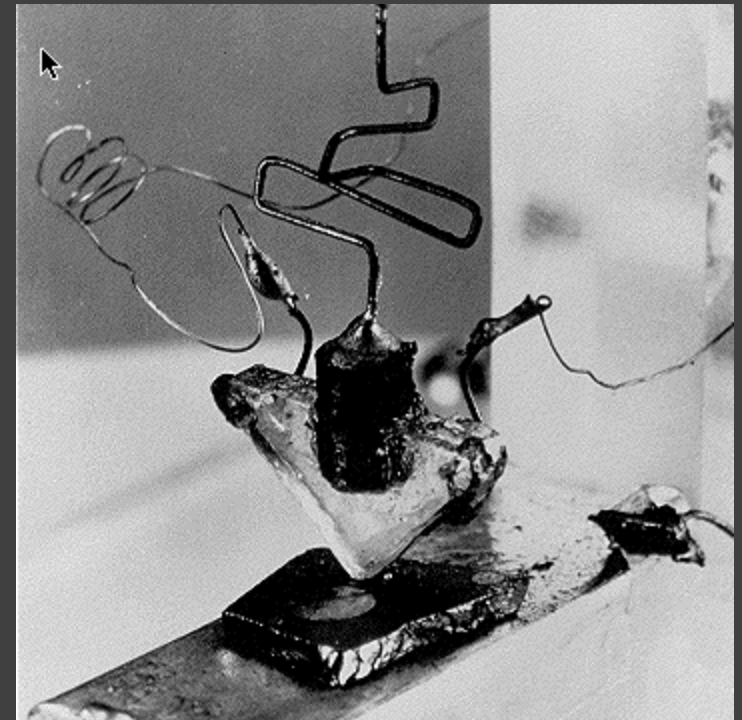
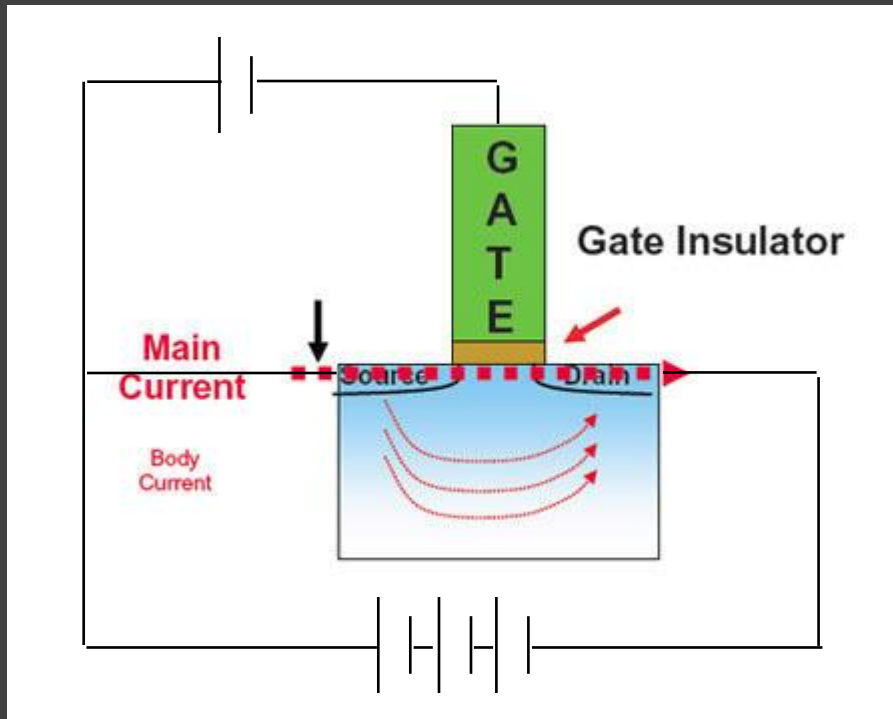


ترانزیستور

جلسه نوزدهم
آشنایی با اسپینترونیک

پاشگاه فیزیک
اصفهان

اختراع ترانزیستور در سال ۱۹۴۷ میلادی در آزمایشگاه بل:
آغاز دوره الکترونیک مدرن





کارایی این تجهیزات پیشرفته،
مبتنی بر جریان الکتریکی (بار الکترون)
و خواص الکتریکی مواد است

سابقه تاریخی مغناطیس

جلسه نوزدهم
آشنایی با اسپینترونیک

باشگاه فیزیک
اصفهان

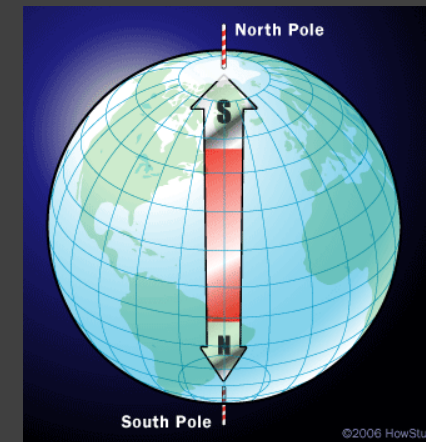
صخره های مغناطیسی در
ماگنیزیا (شمال یونان)



استفاده از قطب نما در
دریانوردی (چین باستان)



در سال ۱۶۰۰ میلادی ویلیام گیلبرت کشف کرد
که زمین یک مغناطیس بزرگ است



اُرستد (۱۸۲۰) و ماکسول (۱۸۶۹): ارتباط بین مغناطیس و جریان الکتریکی

$$\begin{aligned}\nabla \cdot D &= \rho \\ \nabla \cdot B &= 0 \\ \nabla \times E &= -\frac{\partial B}{\partial t} \\ \nabla \times H &= J + \frac{\partial D}{\partial t}\end{aligned}$$

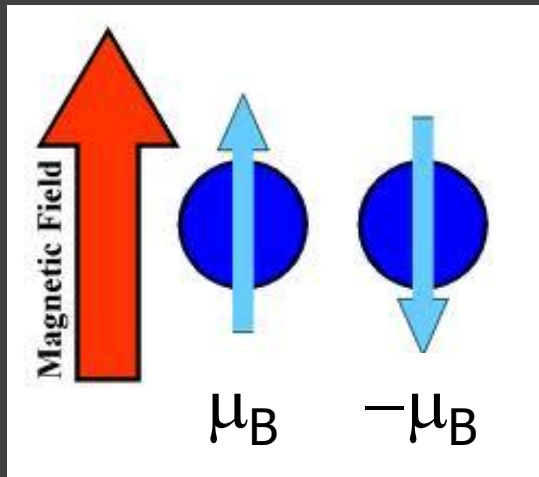
www.justinmullins.com



اسپین الکترون

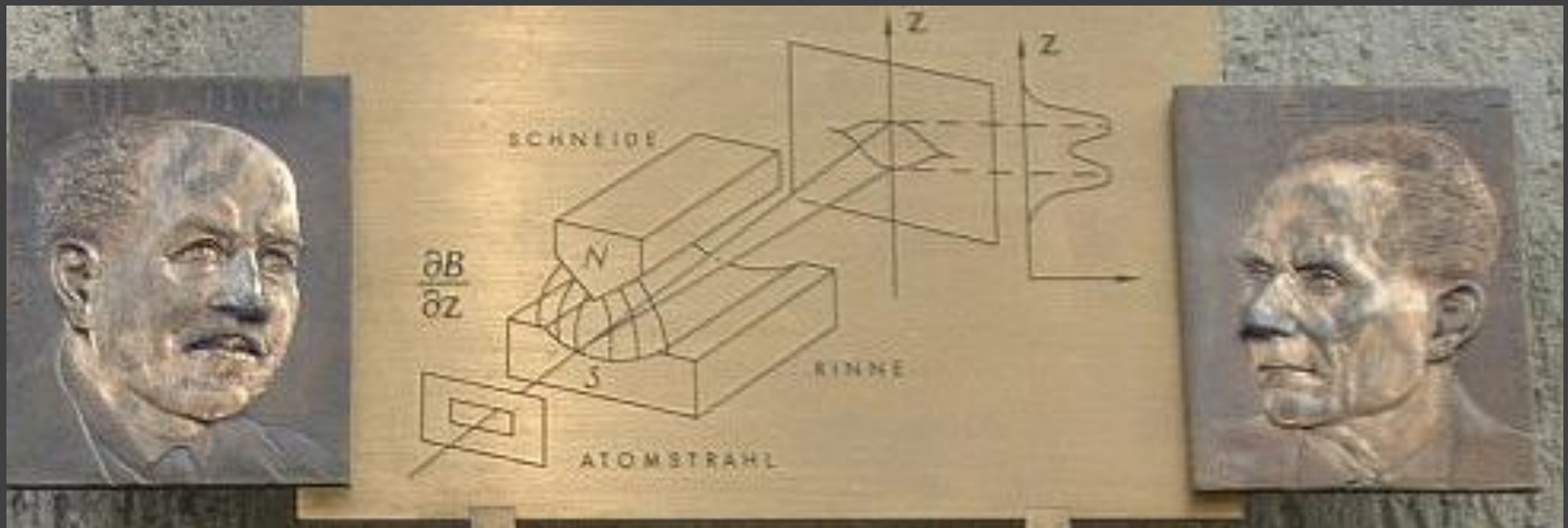
جلسه نوزدهم
آشنایی با اسپینترونیک

پاشگاه فیزیک
اصفهان



آزمایش اشترن-گرلاخ (۱۹۲۲):

کشف مغناطش ذاتی کوانتیده الکترون (اسپین)



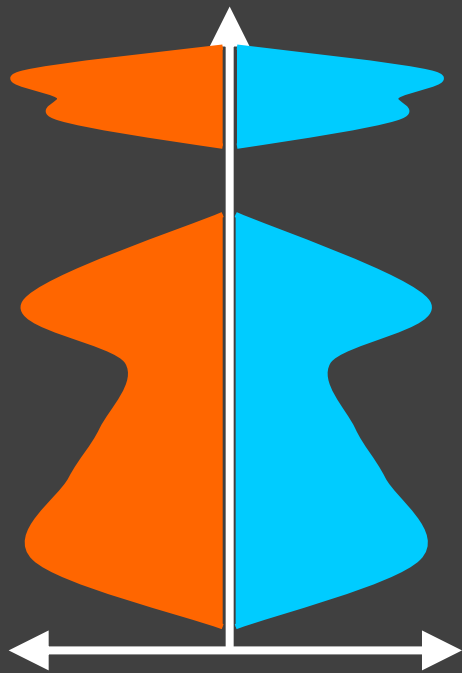
خواص مغناطیسی اسپینی

جلسه نوزدهم
آشنایی با اسپینترونیک

پاشگاه فیزیک
اصفهان

مواد غیر مغناطیسی:

Al, Cu, Ag, Si



اسپین پایین اسپین بالا

چگالی حالات اتمی

مواد مغناطیسی (برهم کنش تبادلی):

Fe, Co, Cr, Co_2MnSi



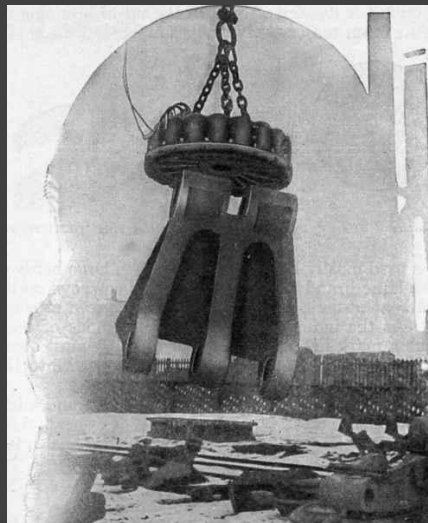
اسپین پایین اسپین بالا

چگالی حالات اتمی

کاربردهای مغناطیس اسپینی

جلسه نوزدهم
آشنایی با اسپینترونیک

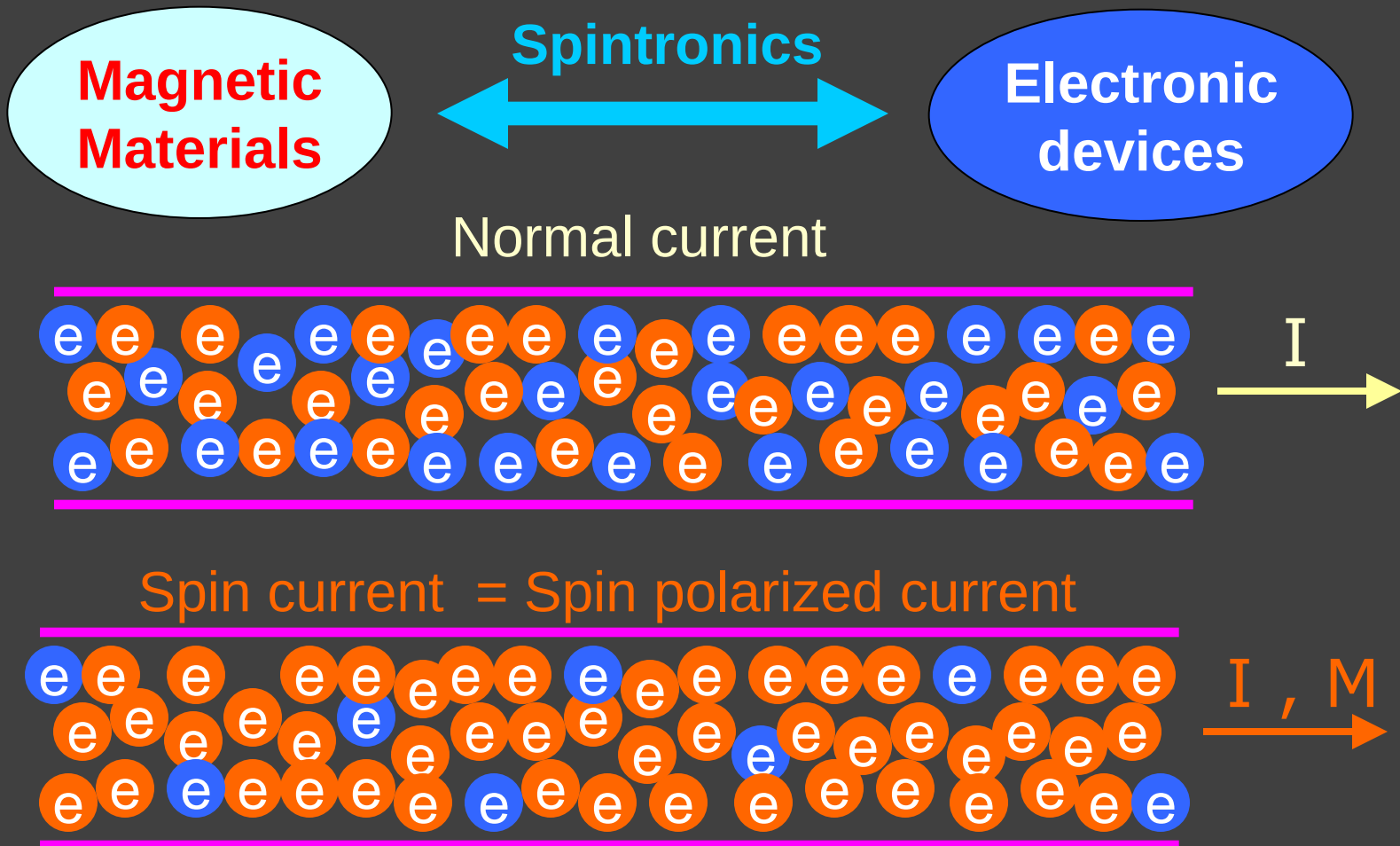
پاشگاه فیزیک
اصفهان



کارایی همه این تجهیزات پیشرفته، مبتنی بر
اسپین الکترون (یا هسته اتم) است:

اهمیت صنعتی مواد مغناطیسی اسپینی

الکترونیک اسپینی: استفاده از مواد مغناطیسی در قطعات الکترونیکی



GMR

جلسه نوزدهم
آشنایی با اسپینترونیک

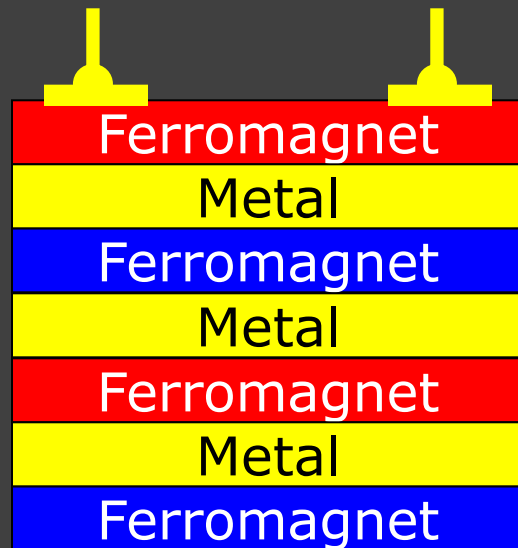
پاشگاه فیزیک
اصفهان



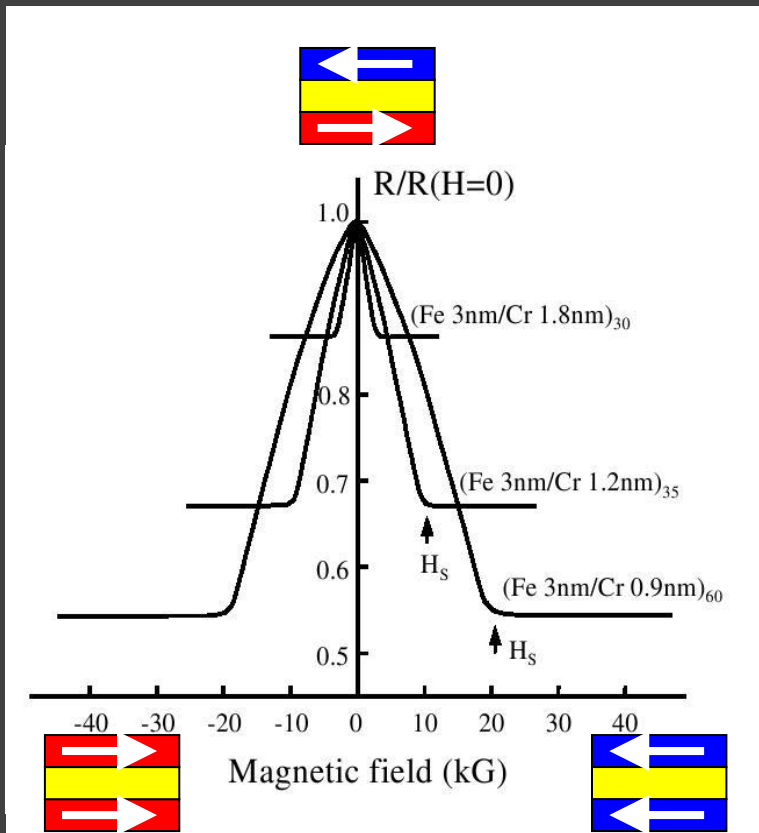
کشف GMR در سال ۱۹۸۸ توسط گرونبرگ و فِرت: نوبل ۲۰۰۷

اولین و تاکنون مهم ترین قطعه مغناطیسی-الکترونیکی

$$GMR = \frac{R_{\uparrow\downarrow} - R_{\uparrow\uparrow}}{R_{\uparrow\uparrow}}$$



Glass or GaAs or ...



Physical Review Letters 61 (1988) 2472 17

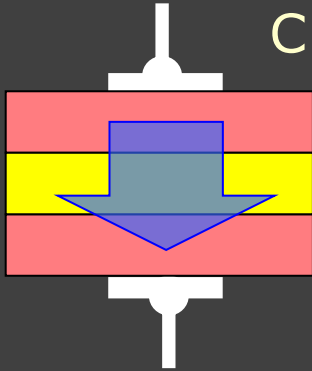
انواع GMR

جلسه نوزدهم
آشنایی با اسپینترونیک

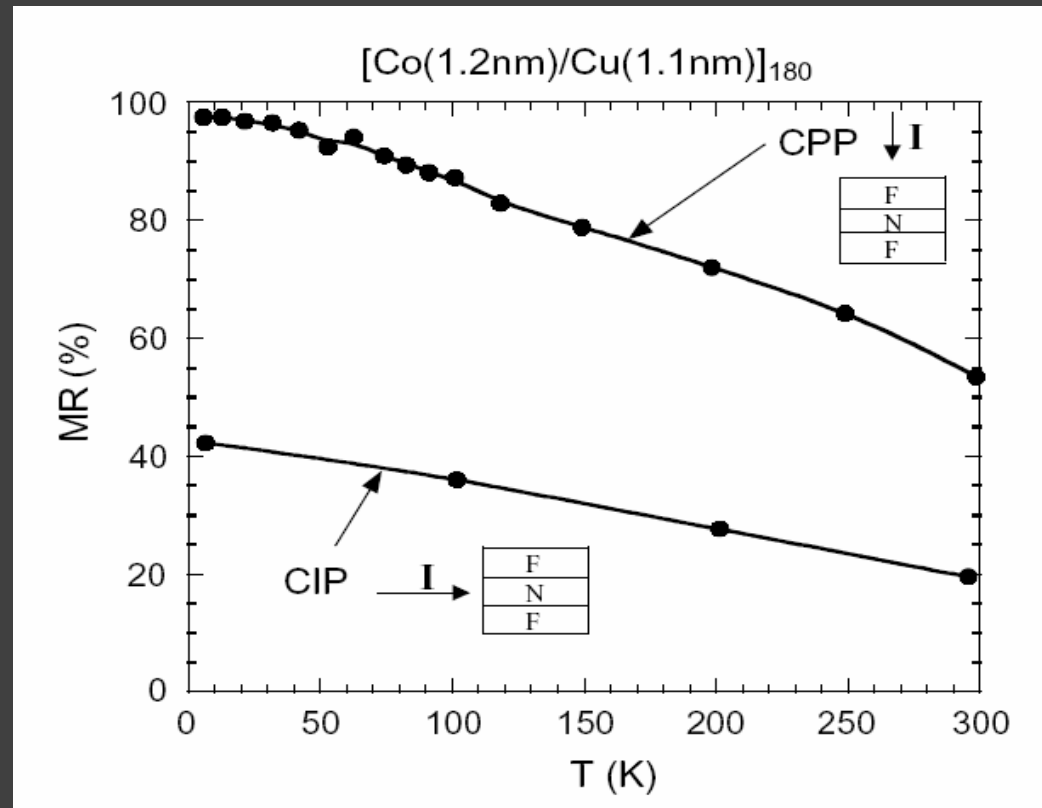
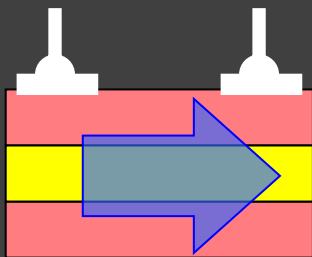
پاشگاه فیزیک
اصفهان

CPP: Current Perpendicular to the Plane

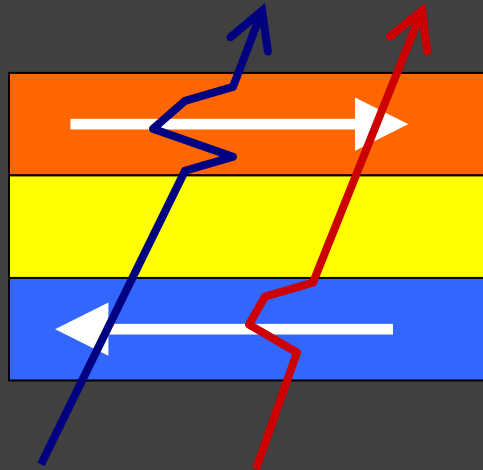
سیگنال قوی تر، ساخت مشکل تر



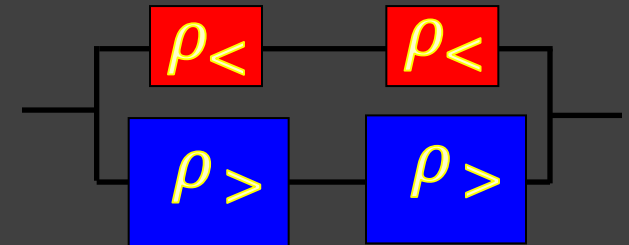
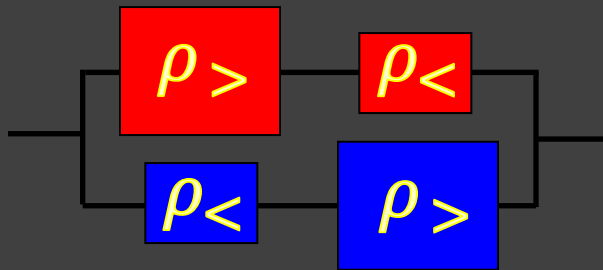
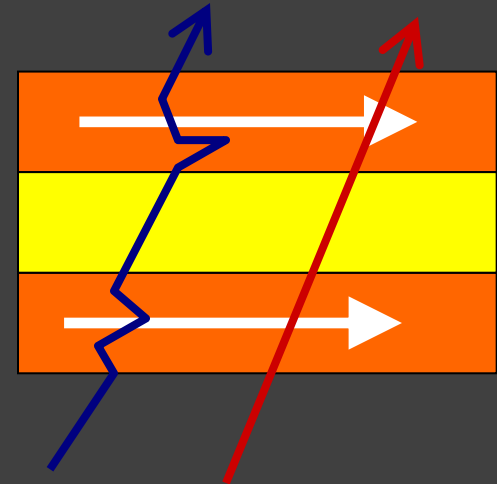
CIP: Current In the Plane



J. Appl. Phys. 75 (1994) 6709



مدل مات:
 $\sigma = \sigma_{\uparrow} + \sigma_{\downarrow}$

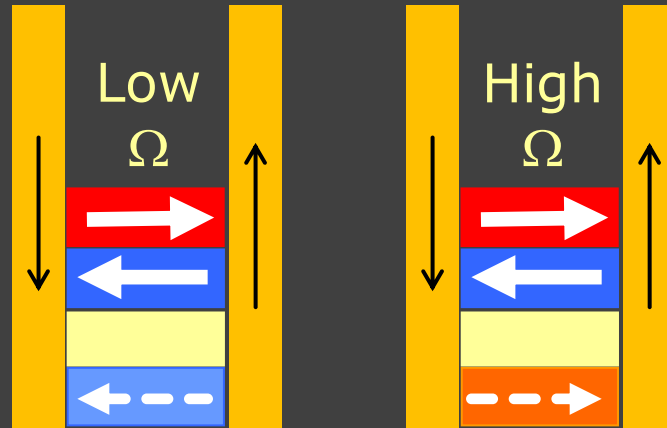
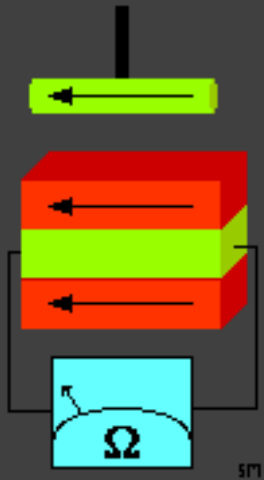


کاربرد GMR

جلسه نوزدهم
آشنایی با اسپینترونیک

پاشگاه فیزیک
اصفهان

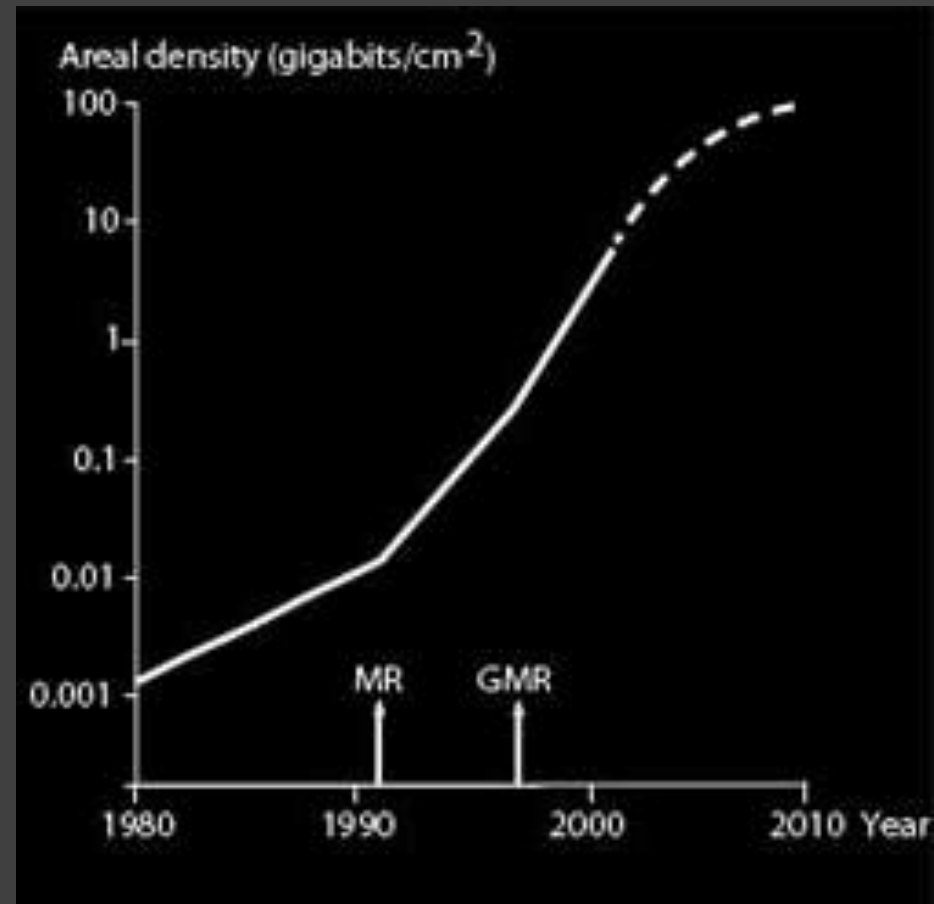
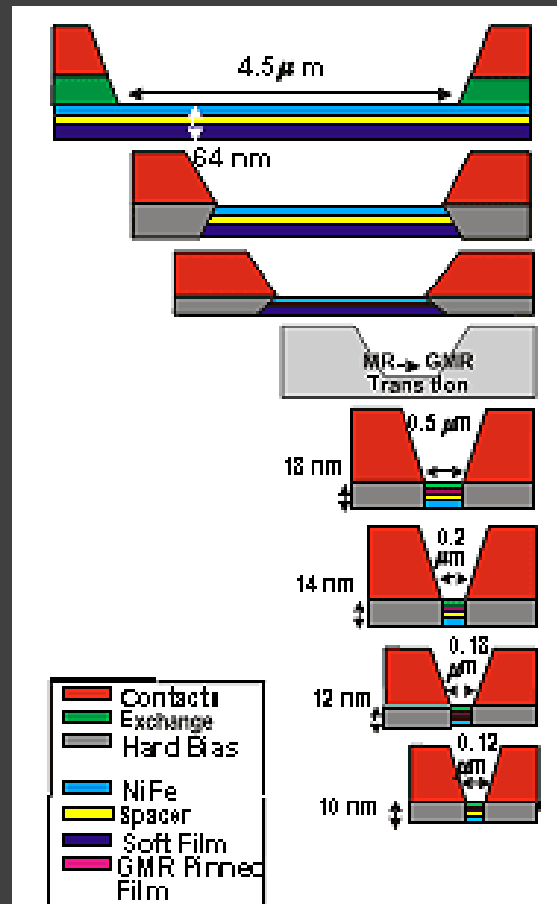
خواندن اطلاعات مغناطیسی



GMR تاثیر صنعتی

جلسه نوزدهم
آشنایی با اسپینترونیک

پاشگاه فیزیک
اصفهان

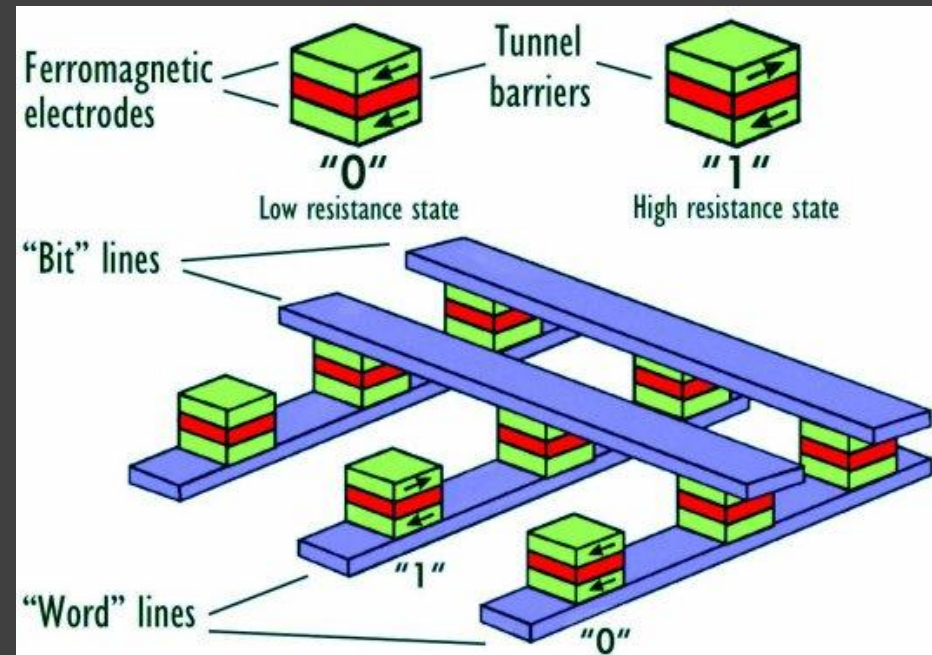
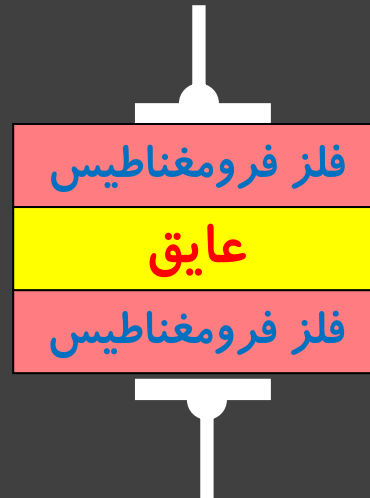


<http://www.physicscentral.com/explore/action/mr-research.cfm>

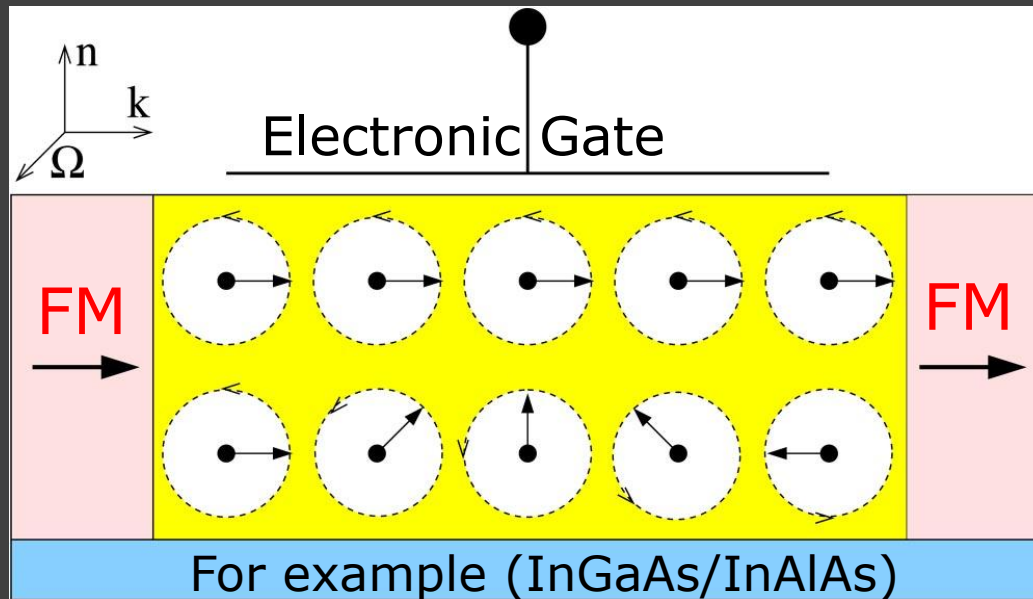
<https://www1.hgst.com/hdd/technolo/overview/chart09.html>

آخرین اخبار: ساخت MRAM با ظرفیت 64Mb

Tunneling Magneto Resistance



Datta-Das Spin Field Effect Transistor



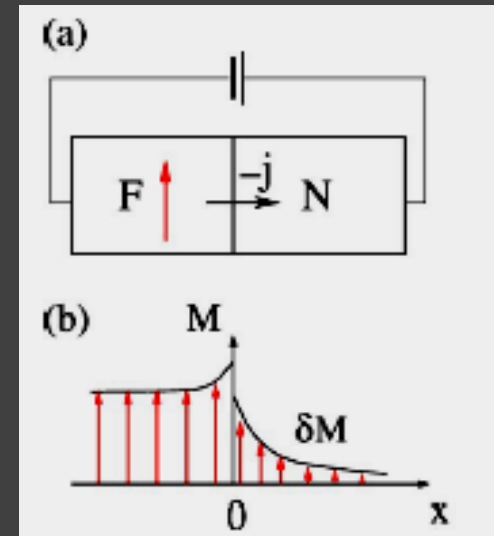
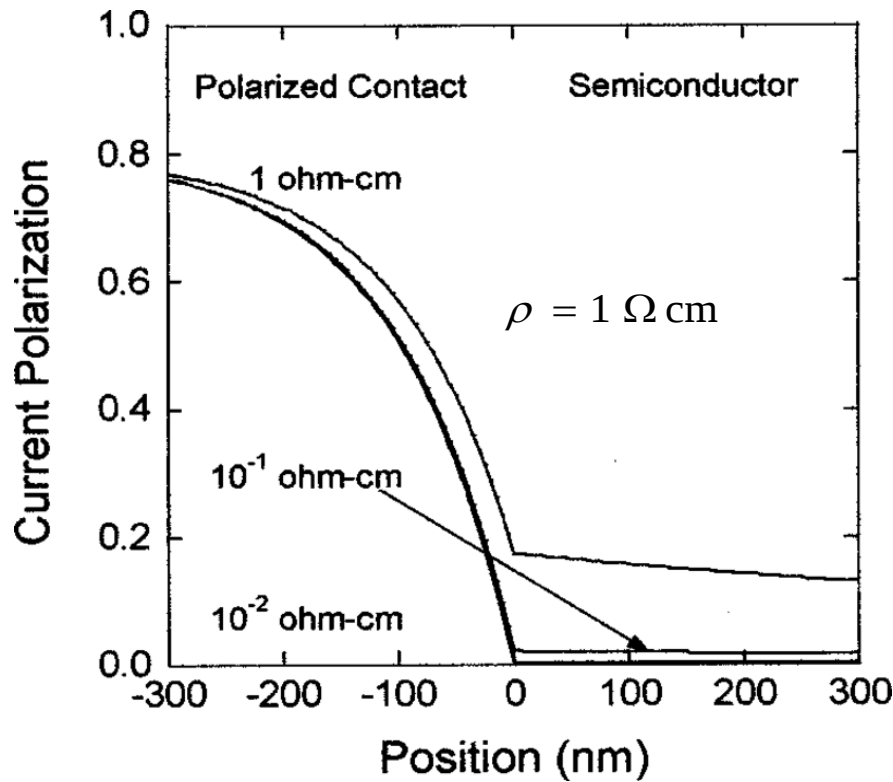
Rev. Mod. Phys. 76, 323 (2004) 323

1. تزریق اسپین
2. ترابرد اسپین
3. کنترل اسپین
4. آشکار سازی اسپین

تزریق اسپین

جلسه نوزدهم
آشنایی با اسپینترونیک

پاشگاه فیزیک
اصفهان



مشکل اصلی:
عدم تطابق رسانندگی

فرومغناطیس

نیم رسانا

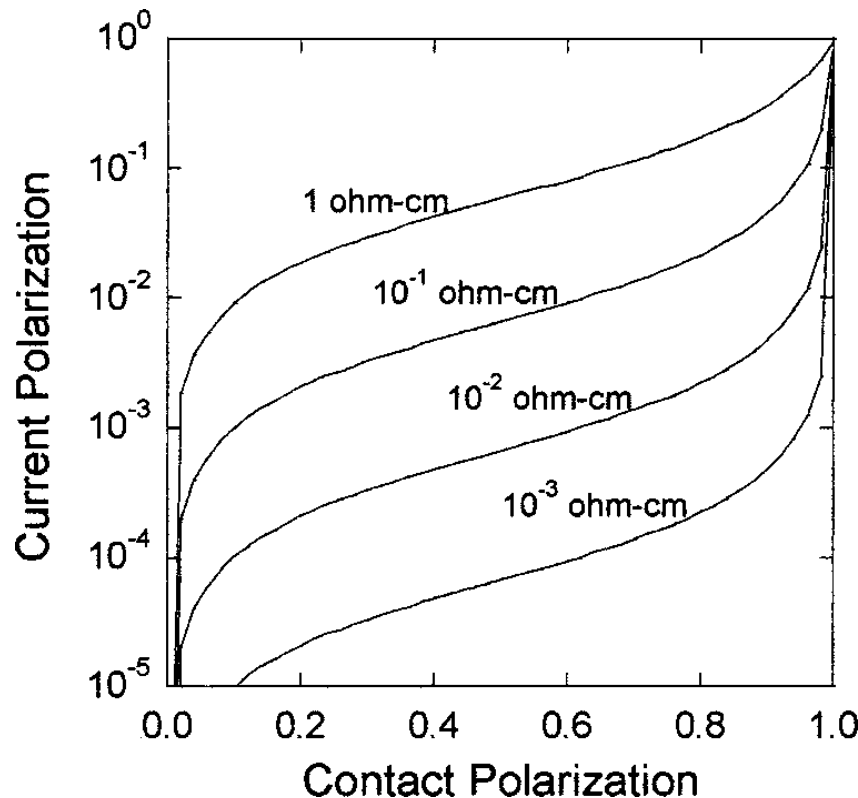
تزریق اسپین

جلسه نوزدهم
آشنایی با اسپینترونیک

پاشگاه فیزیک
اصفهان

اگر قطبیدگی فرومغناطیس
به حدود ۱۰۰٪ برسد مشکل
عدم تطابق رسانندگی رفع
می شود

فرومغناطیس های نیم فلز



فرومغناطیس

نیم رسانا

فرومغناطیس نیم فلز

جلسه نوزدهم
آشنایی با اسپینترونیک

پاشگاه فیزیک
اصفهان

فرومغناطیس معمولی:

Fe, Co, Ni



فرومغناطیس نیم فلز:

Co_2MnSi , CrO_2 , CrAs , Fe_3O_4



Silicon spin transistors heat up and spins last longer

1 year ago

Beyond the high-speed hard drive: Topological insulators open a path to room-temperature spintronics

27 weeks ago

Magnetic vortex reveals key to spintronic speed limit

12 weeks ago

Graphene and 'spintronics' combo looks promising

1 year ago

NRL scientists achieve high temperature milestone in silicon spintronics

1 year ago

با تشکر از توجه شما

