

اسپینترونیک

ابوالفضل مرادی

کارشناس ارشد فیزیک ماده چگال، دبیر دبیرستان و مدرس دانشگاه آزاد، استان مرکزی، محلات

چکیده

فیزیکدان‌ها در سال‌های اخیر پژوهش‌های گسترده‌ای روی مواد انجام داده‌اند که مهندسان نتایج آن‌ها را تعمیم و در فناوری مورد استفاده قرار داده‌اند. یکی از این پژوهش‌ها در زمینه الکترونیک است که همراه با گسترش فناوری مبتنی بر مفاهیم حالت جامد و کوچک‌سازی قطعات الکترونیکی موجب پیدایش قلمرو تازه‌ای به نام «میکروالکترونیک» گردیده است. هدف اصلی در این قلمرو، تولید مدارها و قطعات الکترونیکی در مقیاس میکرو است که در عین حال از ضریب اطمینان بالایی برخوردار و از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشند. تلاش در جهت رسیدن به این هدف باعث به وجود آمدن حوزه‌های فناوری نوظهوری نظیر «فناوری نانو الکترونیک» شده است. بررسی‌های اخیر در نانو الکترونیک درباره الکترونیک مغناطیسی بوده است که الکترونیک اسپینی یا اسپینترونیک^۱ نیز نامیده می‌شود.

کلیدواژه‌ها: اسپینترونیک، برهم کنش اسپین - مدار

بررسی‌های اخیر در نانو الکترونیک درباره شاخه‌ای از الکترونیک مغناطیسی بوده است که به آن الکترونیک اسپینی یا اسپینترونیک گفته می‌شود. هدف اصلی اسپینترونیک درک برهم کنش اسپین ذرات و محیط اطرافشان و ساخت ابزار مناسب با استفاده از دانش به دست آمده است. مثلاً در اسپینترونیک جفت‌شدگی اسپین - مدار^۲ از اهمیت زیادی برخوردار است. جفت‌شدگی حرکت‌مداری الکترون با درجه آزادی اسپین آن، امکان کنترل و دست‌کاری اسپین را از طریق اعمال یک میدان الکتریکی خارجی با یک ولتاژ درجه^۳ فراهم می‌کند. [۲، ۳]. ریشه این علم جدید به سال ۱۹۲۰ برمی‌گردد که پل دیراک (۱۹۰۲-۸۴) فرضیه وجود اسپین یا تکانه زاویه‌ای مغناطیسی را برای الکترون ارائه کرد. در واقع، کمیت ذاتی اسپین تعیین‌کننده خواص مغناطیسی ماده است. در فلزات فرومغناطیسی تعداد الکترون‌های رسانشی با اسپین «پایین» با تعداد الکترون‌های با اسپین «بالا» متفاوت است و این امر باعث مغناطش (مغناطیسی شدن) خود به خودی می‌شود. به عبارتی سمتگیری اسپین‌ها در یک راستای خاص به گونه‌ای است که در حضور یک میدان مغناطیسی، الکترون‌های با اسپین «بالا» و «پایین» انرژی‌های متفاوتی

دارند، یعنی در نوار انرژی، شکافتگی اسپین وجود دارد. اسپینترونیک علم استفاده از درجه آزادی اسپین الکترون‌ها در کنترل ویژگی‌های ترابرد است. در اسپینترونیک دست‌کاری در درجات آزادی اسپین می‌تواند به افزایش سرعت پردازش اطلاعات، کاهش توان مصرفی و مجتمع‌تر شدن مدارها بینجامد. مزیت دیگر استفاده از درجه آزادی اسپین این است که می‌توان به یک هم‌دوسی، فازی فراتر از مقیاس ابزارهای الکترونیکی، رسید که نتیجه مهم این مطلب توانمندی قابل توجهی است که در ساخت بیت‌های کوانتومی^۴ ایجاد می‌شود. مطالعات اساسی در اسپینترونیک بر پایه بررسی ترابرد اسپین است که فراتر از دینامیک و واهلش اسپین است. در اسپینترونیک از حالت بالا و پایین اسپین به جای صفر و یک یا مثبت و منفی استفاده می‌شود و پیش‌بینی می‌شود در آینده تحولی در دستگاه‌های میکروالکترونیکی به وجود خواهد آورد. این ویژگی برای ساخت دستگاه‌های دودویی بسیار کوچک، یعنی در مقیاس اتمی، مورد استفاده قرار می‌گیرد که انرژی کمتری لازم خواهند داشت. به علاوه از طبیعت کوانتومی چنین برمی‌آید که اسپین غیر از بالا و پایین می‌تواند در حالت‌های بینابینی هم وجود داشته باشد، که با استفاده از این خاصیت در پردازش موازی، سرعت بالاتری برای رایانه‌های کوانتومی در دسترس خواهد بود. تمام قطعات اسپینترونیک بر مبنای سازوکار ساده زیر عمل می‌کنند [۱، ۲، ۳]:

۱. اطلاعات روی حالت کوانتومی اسپین‌ها متناظر با جهت اسپین (بالا و پایین) ذخیره می‌شوند؛
 ۲. اطلاعات ثبت شده توسط الکترون‌های متحرک، در سیم حمل می‌شوند؛
 ۳. اطلاعات در یک پایانه خوانده می‌شوند.
- حاکت کوانتومی اسپین (جهت اسپین) الکترون‌های انتقالی برای زمان نسبتاً طولانی ثابت می‌ماند. (در حد چند نانو ثانیه در مقایسه با ده‌ها فمتو ثانیه که طول می‌کشد تا تکانه الکترون از بین برود). این ویژگی باعث می‌شود قطعات اسپینترونیک به‌ویژه برای ذخیره اطلاعات، قطعات حسگر مغناطیسی و به‌طور بالقوه برای محاسبات کوانتومی، که در آن‌ها اسپین الکترون نشان‌دهنده یک بیت (که کیوبیت نامیده می‌شود) اطلاعات است، مناسب باشند.

پی‌نوشت‌ها

1. Spintronics
2. Spin-Orbit Coupling (SOC)
3. Gate Voltage
4. Quantum Bit (qb)

منابع

- [1] C. Zuozhong, "Nanostructure & nanomaterials: synthesis, properties & application" (Imperial college press, USA, 2004).
- [2] I. Zutic, J. Fabian, and S. Datta, Rev. Mod. Phys. 76, 323 (2004).
- [3] M. Johnson, J. Phys. Chem. B. 109, 14278: 14291 (2005).