بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده علوم پایه
گروه فیزیک

عنوان:

محاسبه خواص اسپینترونیکی سیستم الکترود فرومغناطیس– پلی‌استیلن – الکترود فرومغناطیس (FM / *trans*-PA / FM)

ارائه شده جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
رشته فیزیک گرایش حالت جامد

اساتید راهنما :
دکتر ناصر شاه طهماسبی- دکتر محمود رضایی رکن آبادی

استاد مشاور:
دکتر سید احمد کتابی

نگارش:
داود واحدی فخرآباد

شهریور ۱۳۸۸

تقدیم

به خانواده‌ام

تشکر وقدردانی

اکنون که به یاری خداوند این تحقیق به پایان رسیده، بر خود می دانم از اساتید راهنمای بزرگوارم آقایان دکتر ناصر شاه طهماسبی و دکتر محمود رضایی رکن آبادی و استاد مشاورم آقای دکتر سید احمد کتابی به پاس زحمات بی شائبه شان در طی انجام این تحقیق، سپاسگزاری نمایم. همچنین از اساتید گرانمایه آقایان دکتر حسینی و دکتر عربشاهی که زحمت داوری این پایان نامه را بر عهده داشتند نهایت تشکر را دارم.

از دوستان خوبم آقایان مصطفی عسکری فرسنگی، مجتبی اشهدی و محمد رضا کاملان کافی که در انجام این کار مرا یاری کردند، کمال تشکر را دارم و اگر مساعدت و همکاری آنها نبود شاید این کار به سرانجام نمی‌رسید. در پایان از سایر عزیزانی که مرا در مراحل مختلف پایان نامه یاری رساندند، سپاسگزاری می‌کنم. برای همه این مهربانان از پیشگاه پروردگار، سلامت و سعادت آرزومندم.

چکیده :

در ایـن پـروژه بـا اسـتفاده از روش تـابع گـرین غیرتعـادلی و فرمـول‌بنـدی لانـداور- بـوتیکر (Landauer-Büttiker)، احتمـال سـاخت یـک قطعـه اسـپینترونیک (spintronic) مولکـولی متشکل از مولکول پلی‌استیلن ترانس متصل شده به دو الکترود فرومغناطیس با سطح مقطـع محـدود، مورد مطالعه قرار-می گیرد. نتایج مـا نشـان مـی‌دهـد کـه رسـانندگی بـه اتصـال مولکـول/ الکتـرود فرومغناطیس حساس است و با افزایش طول مولکول به طور نمایی کاهش می‌یابد. با مطالعـه ترابـرد وابسته به اسپین همدوس از میان ترازهای انرژی مولکول نشان دادیم که مقاومـت مغناطیسـی تـونلی (tunnel magnetoresistance) پیوندگاه مولکولی به ولتاژ تغذیـه وابسـته اسـت. ولتـاژ گیـت ترازهای مولکولی را انتقال می‌دهد و جریان‌های موازی و پادموازی و مقاومـت مغناطیسـی تـونلی را کنترل می‌کند. مطالعات ما فهم ترابرد وابسته به اسپین را ارتقاء می‌دهد و پیشنهاد می‌کند که مولکـول پلی‌استیلن ترانس نامزد جالبی برای بکاربردن در سلول‌های حافظه مغناطیسی و وسایل اسـپینترونیکی در مقیاس نانو می‌باشد.

کلید واژه: پلی‌استیلن ترانس، تابع گرین، مقاومت مغناطیسی تونلی، لانداور- بوتیکر

فهرست

- پیش‌گفتار ۱
- **فصل اول: اسپینترونیک آلی**

۱-۱ مقدمه ۸

۱-۲ مفاهیم اسپینترونیک ۱۳

۱-۲-۱ تاریخچه ۱۳

۱-۲-۲ مقاومت مغناطیسی تونلی ۱۶

۱-۲-۳ مقاومت مغناطیسی عظیم ۱۸

۱-۲-۳-۱ *GMR* جریان در سطح ۱۹

۱-۲-۳-۲ *GMR* جریان عمود بر سطح ۲۱

۱-۳ واهلش اسپین ۲۳

۱-۳-۱ جفت‌شدگی اسپین- مدار ۲٤

۱-۳-۲ برهم‌کنش فوق ریز ۲۵

۱-٤ کاربردهای اسپینترونیک ۲٦

۱-٤-۱ دیودهای اسپینی ۲۷

مراجع ۳۰

- **فصل دوم: پلیمرهای رسانا**

۲-۱ مقدمه ۳۳

۲-۲ دوپارش..... ۳٤

۲-۳ برانگیختگی‌های غیرخطی، سالیتون‌ها..... ۳٦

۲-٤ پلی‌استیلن، ساده‌ترین پلیمر همیوغ..... ۳۸

۲-۵ آلایش پلیمرهای رسانا و رسانندگی الکتریکی..... ٤۳

مراجع..... ٤۵

- **فصل سوم: مدل‌های نظری پلی‌استیلن**

۳-۱ ساختار نواری و برهم‌کنش‌های مهم..... ٤۷

۳-۲ مدل بستگی قوی با برهم‌کنش الکترون- فونون..... ۵۰

۳-۳ حالت پایه پلی‌استیلن..... ۵۲

۳-٤ برانگیختگی‌های سالیتونی..... ۵۷

مراجع..... ٦۱

- **فصل چهارم: تابع گرین**

٤-۱ مقدمه..... ٦۳

٤-۲ توابع گرین و برخی کاربردها..... ٦٤

٤-۲-۱ کاربردهای ساده..... ٦٦

٤-۲-۲ توابع گرین در تقریب بستگی قوی..... ۷۲

٤-۲-۲-۱ توابع گرین یک بعدی..... ۷۲

٤-۲-۲-۲ شبکه مربعی..... ۷۵

٤-٢-٢-٣ شبکه مکعبی ساده..... ٧٧

مراجع..... ٨٠

- **فصل پنجم: فرمول‌بندی سامانه** $FM/trans-PA/FM$

٥-١ مقدمه..... ٨٢

٥-٢ مبانی نظری و دیدگاه‌ها..... ٨٣

٥-٣ مدل و فرمول‌بندی..... ٨٦

مراجع..... ٩٥

- **فصل ششم: نمودارها و نتایج.**

٦-١ بررسی نقش طول مولکول در رسانندگی اسپینی سامانه..... ٩٩

٦-٢ جریان‌های اسپینی..... ١٠٦

٦-٣ اثر قدرت پیوندگاه مولکول/الکترود در رسانندگی..... ١٠٩

٦-٤ محاسبه مقاومت مغناطیسی تونلی *TMR*..... ١١٠

٦-٥ تاثیر ولتاژ گیت بر جریان و *TMR*..... ١١٣

جمع‌بندی..... ١١٥

مراجع..... ١١٧

پیش‌گفتار

اشتیاق جهانی برای فنآوری نانو پیش از قرن ۲۱ آغـاز شـده و یافتـه‌هـای آن از۱۹۹۷ تـا ۲۰۰۹ رشـد چشمگیری داشته است. فنآوری فوق ریز در دو دهه‌ی اخیر، پیشرفت‌هایی را در فنآوری وسایل و مـواد با ابعاد بسیار کوچک بدست داده است و بسوی تحولی شگرف که تمدن بشری را تا پایان قرن دگرگون خواهد کرد، پیش می‌برد. فنآوری و مهندسی در قرن ۲۱ با وسـایل، انـدازگیری‌هـا و تولیـداتی سـروکار خواهد داشت که ابعاد فوق ریزی دارند. در حال حاضر فرایندهایی در ابعـاد مولکـولی قابـل طراحـی و کنترل است. همچنین خواص مکانیکی، مغناطیسی، شیمیایی، الکتریکی، نوری، ... مواد در لایـه‌هـای در حدود ابعاد نانومتر قابل درک و تحلیل و سنجش است. فنآوری نو در قرن حاضر مسیری را طی می‌کند که در آن مواد فوق ریز را باید ترکیب کرد تا دانه‌های بزرگتر کار آمد بوجود آید، درست همـان روشـی

که در طبیعت برای تکثیر و بازسازی حاکم است. مواد طبیعی، ترکیبی از دانه‌های فوق ریز با خواص مشابه و یا متفاوت با اندازه‌های در حدود نانو هستند. اثر تحقیقات در فنآوری فوق ریز هم‌اکنون در درمان بیماری‌ها و یا دست یافتن به مواد جدید به ظهور رسیده است. اکنون ساخت کامپیوترهای بسیار کوچکتر و میلیون‌ها بار سریعتر در دستور کار شرکت‌های تحقیقاتی و صنعتی قرار دارد.

فنآوری نانو توانمندی تولید مواد ، ابزارها و دستگاه‌های جدید با در دست گرفتن کنترل در سطوح مولکولی و اتمی و استفاده از خواصی است که در آن سطوح ظاهر می‌شود. در بیانی کوتاه فنآوری نانو یک فرآیند تولید در ابعاد مولکولی است. از ویژگی‌های خاص آن توانایی دستکاری اتم‌های منفرد به سبک کنترل شده‌ای مثل روش میکروسکوپ روبشی[1] است.

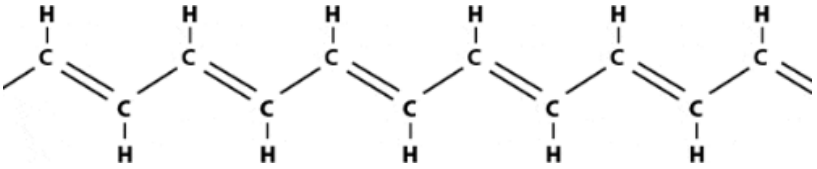
در ۳۰ سال گذشته، کوچک سازی قطعات الکترونیکی باعث تحول چشمگیری شده است. در حال حاضر چگونگی کاربرد مواد جدید در الکترونیک یکی از مهمترین موضوعات تحقیقاتی روز است. یک پیامد چنین پژوهش‌هایی در دهه‌های گذشته، دو برابر شدن سرعت کامپیوترها هر۱۸ ماه است. این فرآیند را اصطلاحاً قانون مور[2] می‌نامند. آقای مور از بنیان گذاران شرکت اینتل، این پیش بینی را در سال ۱۹٦۵ مطرح کرد[۱]. انتظار می‌رود این قانون با آهنگ کندتری تا چند سال آینده معتبر باشد. البته این فرآیند نیاز به کاهش روز افزون اندازه قطعات دارد. امروزه پیش بینی‌های مبتنی بر نتایج تجربی نشان می‌دهند که فنآوری نیمرسانای متکی بر استفاده از سیلیکان محدود خواهد شد[۲]. در نتیجه برای داشتن کامپیوترهای سریعتر باید چیز دیگری جایگزین فنآوری سیلیکان نماییم. چون کوچک شدن اندازه قطعه معادل افزایش سرعت پاسخ‌دهی آن است، پژوهشگران کوشش کرده‌اند کوچکترین ساختمان مادی قابل

[1] Scanning Probe Microscopy
[2] Moore's law

تصور را برای کاربردهای الکترونیکی بیابند. امروزه این چیزی جز مولکول‌ها نیستند. پژوهش‌هایی مبتنی بر طراحی قطعاتی بصورت ساختار فلز- پلیمر- فلز انجام می‌شود که در آن از مولکول‌های منفرد پلیمری (معمولاً همیوغ[۳]) برای اتصال با سیم‌های فلزی استفاده می‌شود. روش ساخت نیز متنوع و معمولاً تکنیک‌های لیتوگرافی با میکروسکوپ روبشی و یا براساس روش‌های خود- سامانی[٤] می‌باشد. در حال حاضر مهمترین قطعات الکترونیکی که از مولکول‌ها ساخته شده، دیودها و ترانزیستورهای مولکولی هستند[۳].

از بین موادی که در دهه‌های گذشته در فناوری نانو توجه قابل ملاحظه‌ای معطوف آنها گردیده، پلیمرهای رسانا و نانوله‌های کربنی هستند که بتدریج جایگزینی آنها با نیمرساناهای سرامیکی در قطعات الکترونیکی در حال وقوع است. یک پلیمر نوعی معمولاً بعنوان یک ماده عایق مورد توجه است. اما در دهه‌ی ۷۰ میلادی، شیراکاوا[٥]، مکدیارمید[٦] و هیگر[۷] یک پلیمر رسانای الکتریکی هنگام سنتز پلی‌استیلن در فاز ترانس ($trans-PA$) کشف کردند[٤] و آزمایش نشان داد که نمونه ساخته شده شبیه فلز است بطوری که لایه‌های نازک پلیمری سنتز شده فلزی دارای سطوح بازتابی بودند. بخاطر این کشف مهم سه پژوهشگر فوق جایزه نوبل شیمی سال ۲۰۰۰ را برای کشف پلیمرهای رسانا دریافت نمودند[٥]. قسمت اصلی ساختار شیمیایی $trans-PA$ در شکل۱ نشان داده شده است.

[3] Conjugated
[4] Self-assembly
[5] Hideki Shirakawa
[6] Alan G.MacDiarmid
[7] Alan J.Heeger



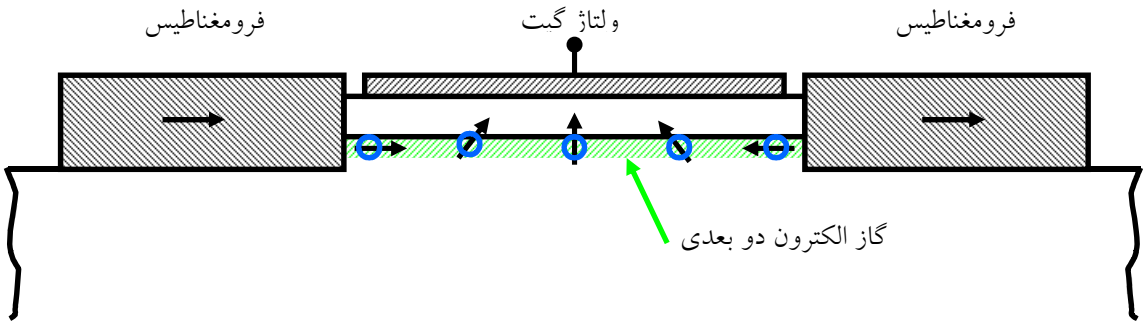
شکل۱ : ساختار شیمیایی $trans-PA$

تحقیقات نشان زیادی که بعد از کشف پلی‌استیلن ، PA ، صورت گرفت نشان داد کـه رسـانایی آن بـا افزایش سطح آلایندگی به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد. حتـی در بعضـی مـوارد نتـایج آزمایشـات حاکی از این بود که میزان رسانایی در $trans-PA$ آلایش شده، قابل مقایسه با رسانایی مس است[٦].

با کشف GMR[8] در ۱۹۸۸، برای اولین بار انتقال اسپین- قطبیده[9] از میان یک فلز غیر مغناطیسی نشـان داده شد. اثر GMR به طور مستقل توسط فرت[10] [۷] و همکاران، گرونبرک[11] و همکـاران کشـف شـد و مقدار زیادی تحقیق در زمینه دستگاههای اسپینترونیک[12] آغاز شد. اولین بار در ۱۹۹۰ داتا و داس[13] یـک ترانزیستور اثر میدانی[14](FET) براساس یک گاز الکترون دو بعدی با اتصـالات فرومغنـاطیس پیشـنهاد کردند[۱۳]، که به صورت طرح‌وار در شکل۲ نمایش داده شده است.

دستگاه‌های الکترونیکی اسپینی یا اسپینترونیکی، که براساس اسپین الکترون‌ها علاوه بـر بـار آنهـا کـار می‌کنند، یک افق کاملاً جدیدی را از الکترونیک باز کرده‌اند. به علت اینکه اسپین می‌تواند سـریعتر و بـا انرژی کمتری از بارها منتقل شود.

[8] Giant Magnetoresistance
[9] Spin- polarized
[10] Fert
[11] Grünberg
[12] Spintronic
[13] Datta and Dos
[14] Field Effect Transistor



شکل۲: نمایش طرح‌واری از ترانزیستور داتا وداس[۱۳]

در ترابرد اسپینی علاوه بر نیمرسانای غیرآلی[۸و۹]، مواد نیمرسانای آلی به علت ساختار قابل کنترلشان، قوی بودن جفت‌شدگی الکترون- فونون[۱۰] و طول همدوسی اسپینی بزرگ نوید دهنده‌ی سامانه‌های جدید برای اسپینترونیک می‌باشند[۱۱و۱۲]. همچنین پژوهش‌هایی در مورد خواص اسپینترونیکی پلی‌استیلن خالص و آلایش شده در سال‌های اخیر انجام شده است[۱٤و۲۲].

هدف از پژوهش حاضر افزایش درک ما از، ویژگی‌های اصلی رسانندگی اسپینترونیکی سامانه $FM/trans-PA/FM$ است و همچنین طول و قدرت اتصال بر روی این سامانه بالا چه تاثیری دارد، و چگونه می‌توان با اعمال ولتاژ گیت جریان اسپینی را کنترل نمود.

مرجع‌ها

[1] http://eniwikipedia.org/wili/Moore's_law.
[2] M. A. Reed, J. M. Tour, *Scientific American*, **282** (2000) 86.
[3] C. Joachim, J. K. Gimzewski and A. Aviram, "Electronics using hybrid-molecular and mono-molecular devices", *Nature*, **408** (2000) 541.
[4] H. Shirakawa, E. J. Louis,A. G. Macdiarmid, C. K. Chiang and A. J. Heeger, *J. Chem. Soc.,* **579** (1977).
[5] Nobel Foundation Web-page: http://www.noble.se/.
[6] J. Tusukamoto, A. Takahashi and K. Kawasaki, *J. Appl. Phys.*, **29** (1990) 125.
[7] M. N. Baibich and et al., "Giant Magnetoresistance of (001)Fe/(001)Cr Magnetic Superlattices", *J. Phys. Rev. Lett.,* **61** (1988) 2472.
[8] J. M. Kikkawa and D. D. Awschalom, "Lateral drag of spin coherence in gallium arsenide", *Nature*, **397** (1999) 139.
[9] S. S. Yan, C. Ren, X. Wang, Y. Xin, Z. X. Zhou, L. M. Mei, M. J. Ren, Y. X. Chen, Y. H. Liu and H. Garmestani. *Appl. Phys. Lett.*, **84** (2004) 2376.
[10] S. J. Xie and et al., "Ground-state properties of ferromagnetic metal/conjugated polymer interfaces", *Phys. Rev. B*., **67** (2003) 125202.
[11] V. Dediu and et al., "Room temperature spin polarized injection in organic semiconductor", *Solid State Com.*, **122** (2002) 181.
[12] Z. H. Xiong, D. Wu, Z. V. Vardeny and J. Shi, "Giant magnetoresistance in organic spin-valves ", *Nature*, **427** (2004) 821.
[13] S. Datta, and B. Das, *Appl. Phys. Lett*., **56** (1990) 665.
[14] J. H. Wei and et al., "Charge-transfer polaron induced negative differential resistance and giant magnetoresistance in organic spin-valve systems", *N. J. Phys*., **8** (2006) 82.
[15] H. Caldas, "Asymmetrically Doped Polyacetylene", *http://arxiv.org/cond-mat/* 0809.0722v2.
[16] G. Hu, K. He, S. Xie, and A. Saxena, *J. Chem. Phys*., **129** (2008) 234708.
[17] K. Mizoguchi, *Makromol. Chem., Macromol. Symol. Symp*., **37** (1990) 53.
[18] G. Hu, Y. Guo, J. Wei and S. Xie, *J. Chem. Phys*., **75** (2007) 165321.
[19] S. Jeremy Evans, C. L. Cheng, and T. V. Voorhis, "Spin-charge separation in molecular wire conductance simulations", *Phys. Rev.B*., **78** (2008) 165108.
[20] T. Masui, T. Ishiguro, "Spin gap behavior and electronic separation in doped polyacetylene" *Synthetic Metals*, **117** (2001) 15.
[21] Z. Fang and Z. L. Liu and K. L. Yao, "Theoretical model and numerical calculations for a quasi-one-dimensional", *Phys. Rev. B.,* **49** (1994) 3916.
[22] S. J. Xie and et al., "Ground-state properties of ferromagnetic metal/conjugated polymer interfaces", *Phys. Rev .B*., **67** (2003) 125202.

فصل اول

اسپینترونیک آلی

۱-۱ مقدمه

در این فصل اسپینترونیک[1] آلی را که زمینه جدیدی است مرور می‌کنیم، که در آن مواد آلی به عنوان یک واسطه برای انتقال و کنترل سیگنال‌های اسپین- قطبیده[2] بکار می‌رود. ابتدا مفاهیم اساسی اسپینترونیک عنوان می‌شود و پدیده‌هایی که مخصوصاً مربوط به اسپینترونیک آلی هستند مورد بحث قرار می‌گیرند. سپس بعضی از کاربردهای اسپینترونیک، خصوصاً دیودهای اسپینی را مطرح می‌کنیم. با نتیجه گیری و بحث در مورد سؤالات و مسائل حل نشده این فصل را به پایان می‌رسانیم.

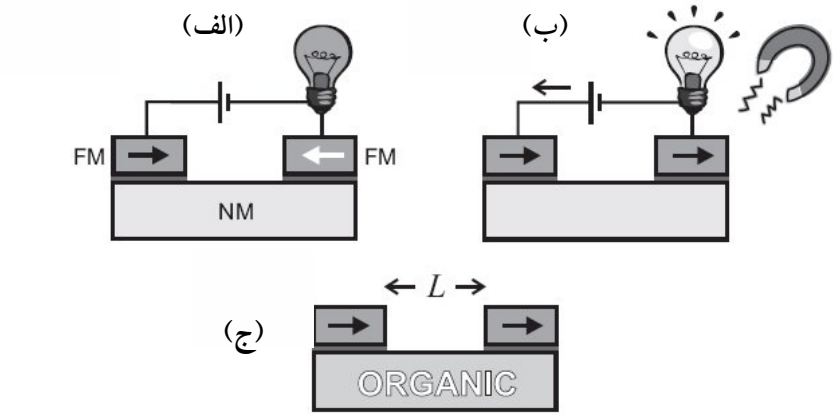
[1]Spintronic
[2]Spin-polarized

اسپینترونیک آلی زمینه تحقیقی جدید و امید بخشی است که در آن مواد آلی به عنوان واسطه یا کنترل یک سیگنال اسپین- قطبیده استفاده می‌شوند. بنابراین اسپینترونیک ترکیبی از الکترونیک آلی[۱-۳] و الکترونیک اسپینی (اسپینترونیک) است[٤-۹]. مواد آلی از یک طرف راهی به سوی الکترونیک ارزان، سبک، از لحاظ مکانیکی انعطاف‌پذیر، از لحاظ شیمیایی فعل و انفعالی و از پایین به بالا[۳] ساخته شده، می‌گشاید. از طرف دیگر کاربرد اسپین الکترون (به جای بار آن) اجازه بررسی دستگاه‌های غیر فرار[٤] را می‌دهد. دستگاه‌های اسپینترونیکی همچنین بطور بالقوه سریعتر هستند و توان الکترکی کمتری مصرف می‌کنند، به خاطر اینکه انرژی لازم برای تغییر در سطوح انرژی اسپینی از انرژی لازم برای دستکاری سطوح انرژی بارهای الکتریکی کمتر است.

شکل۱-۱ الف بطور طرح‌وار نمونه متعارفی از یک دستگاه اسپینترونیکی را نشان می‌دهد (دریچه اسپینی[۵] (SV)). دو اتصال فرومغناطیسی (FM) با میدان‌های اعمالی متفاوت (H_C)، بعنوان تزریق کننده و آشکارساز اسپین بکار رفتند، به ترتیب با یک جداکننده غیرمغناطیسی[٦] (NM) جدا شده‌اند. نقش جداکننده، جداکردن الکترودهای FM از همدیگر است. مقاومت الکتریکی بستگی به جهتگیری نسبی مغناطش دو اتصال FM دارد. جهتگیری نسبی می‌تواند بوسیله‌ی یک میدان مغناطیسی خارجی بین وضعیت پادموازی (AP) و وضعیت موازی (P) تنظیم شود (شکل۱-۱ ب). مقاومت برای حالت AP معمولاً بیشتر است، که این اثر بعنوان مقاومت مغناطیسی عظیم[۷] (GMR) نامیده می‌شود. جداکننده معمولاً شامل یک فلز NM ، یا یک لایه جداکننده عایق نازک (در مورد یک پیوندگاه تونلی

[3] Bottom-up
[4] Non-volatile
[5] Spin valve
[6] Non-Magnetic
[7] Giant

مغناطیسی[8]، MTJ) است. اثر مقامت مغناطیسی (MR) با جداکننده عایق بعنوان مقاومت مغناطیسی تونلی (TMR) نامیده می‌شود. فقط بتازگی لئو[9] و همکاران[۱۱] تزریق و آشکارسازی اسپین را نشان دادند که در آن از نیمرسانای غیرآلی $GaAs$ بعنوان جداکننده NM استفاده می‌شود.



شکل ۱-۱: نمایش طرح‌وار یک دریچه اسپینی. دو اتصال فرومغناطیس (FM) (مغناطش بوسیله پیکان‌ها مشخص شده) با یک جدا کننده غیر مغناطیسی (NM) مجزا شده است. یکی از اتصال‌ها بعنوان تزریق کننده اسپین و دیگری آشکارساز اسپین استفاده می‌شود. یک سد تونلی بین اتصال FM و جدا کننده NM می‌تواند سیگنال اسپینی را افزایش دهد. لامپ بطور طرح‌وار (الف) رسانایی کم را در نمونه مغناطش غیر موازی، و (ب) رسانایی زیاد برا ی مغناطش موازی را نشان می‌دهد. (ج) دریچه اسپین با جداکننده آلی می‌باشد[٤٥].

در یک دستگاه اسپینترونیکی آلی، جداکننده NM شامل یک ماده آلی است (شکل۱-۱ ج را ببینید). دستگاه شکل۱-۱ ج در واقع یک دستگاه پیوندی است، چون مواد غیرآلی (اتصالات FM) و آلی (جداکننده‌ی NM) ترکیب شده‌اند. اصولاً، اتصالات FM هم می‌توانستند از مواد آلی بدست آورده شوند (یعنی فرومگنت‌های آلی)، که منجر به یک دستگاه اسپینترونیکی تمام آلی می‌شود. اگر چه مواد آلی با خواص FM وجود دارند، براساس دانسته‌های ما دستگاه‌های اسپینترونیکی تمام آلی تا کنون محقق نشده است.

[8] Magnetic Tunnel Junction
[9] Lou

زمینه اسپینترونیک آلی نه تنها مزیت‌های فوق الذکر الکترونیک و اسپینترونیک آلی را ترکیب می‌کند، بلکه بطور ویژه به خاطر زمان‌های واهلش[۱۰] اسپینی خیلی طولانی، در مواد آلی جلب توجه کرده است. با استفاده از اندازه‌گیری‌های تشدید پارامغناطیسی الکترون[۱۱] (EPR)، زمان‌های واهلش اسپینی در دمای اتاق در بازه‌ی $10^{-5}-10^{-7}\,s$ بدست آورده شده است (در مقابل $10^{-10}\,s$ در فلزات). زمان واهلش اسپینی، τ_s ، یا عمر اسپینی، بوسیله رابطه زیر بدست می‌آید؛

$$\frac{1}{\tau_s}=\frac{1}{\tau_{\uparrow\downarrow}}+\frac{1}{\tau_{\downarrow\uparrow}} \qquad (۱-۱)$$

با زمان عکس‌شدن اسپین[۱۲] $\tau_{\uparrow\downarrow}$ که زمان میانگین برای اینکه یک اسپین بالا به اسپین پایین تبدیل شود، را نشان می‌دهد، و $\tau_{\downarrow\uparrow}$ برای فرآیند معکوس می‌باشد. زمان واهلش اسپینی در دستگاه‌های اسپینترونیک یک پارامتر کلیدی است، بطوری که مقیاس زمانی را - و بنابراین مقیاس طول را- برای از دست دادن قطبش اسپین تعیین می‌کند. طول واهلش اسپین، l_s، به زمان واهلش اسپین وابسته وابسته است بطوری که؛

$$l_s=\sqrt{\frac{\tau_s}{4e^2N(E_F)\rho_N}} \qquad (۲-۱)$$

مربوط به یک فلز NM یا یک نیمرسانای گاز فرمی تبهگن[۱۲و۱۳] است. در اینجا $N(E_F)$ چگالی حالت‌ها (DOS) در تراز فرمی است، و ρ_N مقاومت ویژه‌ی ماده جداکننده‌ی NM است. برای یک نیمرسانا در رژیم غیر تبهگن، l_s با رابطه زیر مشخص می‌شود[۱۲و۱۳]؛

$$l_s=\sqrt{\frac{k_BT\tau_s}{2ne^2\rho_N}} \qquad (۳-۱)$$

[10] Relaxation times
[11] Paramagnetic resonance
[12] Spin-flip

که k_B ثابت بولتزمن است، T دما، و n تعداد کل حامل‌ها است.

برای دستگاه SV شکل۱-۱ برای اینکه درست کار کند، فاصله L بین اتصالات FM باید کوچکتر از طول واهلش اسپین باشد: $L << l_s$. در مواد غیرآلی، ساز و کارهای واهلش اسپینی غالب برهم‌کنش جفت‌شدگی اسپین- مدار و فوق ریز[۱۳] می‌باشند، که هر دو در مواد آلی ضعیف می‌شوند، بطوری که در بخش۱- ۳ بررسی می‌شود. هندسه شکل۱-۱ می‌تواند برای تعیین l_s بوسیله تغییر فاصله اتصال L استفاده شود. چنین تعیین تمام الکتریکی l_s مخصوصاً برای رساناهای آلی جالب توجه است. توجه کنید که اتصالات FM پادموازی(AP) برای دیودهای گسیلنده نوری آلی و $OLED$ها پیشنهاد داده شده است تا بازده گسیلی آنها افزایش دهد[۱۷-۱۹]. تزریق حامل‌های اسپین- قطبیده از دیگر عناصر FM گادولینیوم[۱۴]، که یک فلز واسطه نیست، داخل نیمرساناهای آلی، همچنین $OLED$های کاربردی به منظور تولید لومینیسانس[۱۵] وابسته به میدان مغناطیسی، آزموده شده است[۲۰].

غیر از زمان واهلش اسپینی، بنابراین رسانایی رسانای آلی باید بقدر کافی بزرگ باشد. چون زمان واهلش اسپینی طولانی، یک مزیت آشکار مواد آلی است، رسانایی نسبتاً کم بیشترین رساناهای آلی، یک نکته مهم مورد توجه است. به هر حال پیشرفت مهمی در سالهای اخیر صورت گرفته است. توجه کنید که در دستگاه‌های TMR[۱۶] آلی، جداکننده آلی یک سد تونلی را تشکیل می‌دهد، که در آن ماده آلی بوضوح باید عایق‌بندی شود.

[13] Hyperfine
[14] Gadolinium
[15] Iuminescence
[16] Tunnel magnetoresistance