کنترل الکتریکی میدان بازدارندگی مغناطیسی در ساختار دولایه‌ای PZT/Co

شافعی ، مهدی[۱] ؛ طهرانچی، محمد مهدی[۲و۱] و سیده مهری حمیدی[۱]

[۱] پژوهشکده لیزر و پلاسما دانشگاه شهید بهشتی ، اوین، بلوار دانشجو، تهران

[۲] گروه فیزیک، دانشگاه شهید شهید بهشتی ، اوین، بلوار دانشجو، تهران

چکیده

خواص مغناطیسی یک ساختار دولایه‌ای پیزوالکتریک-مغناطوتنگش، با استفاده از چیدمان مغناطو اپتیکی کر مورد مطالعه قرار گرفته است. به این منظور ترکیب دو لایه ای Co/PZT با استفاده از روش کندوپاش ایجاد شده و با اعمال ولتاژ خارجی، منحنی پسماندکر نمونه ثبت گردیده و به ازای اعمال ولتاژ معین، تغییرات میدان وادارندگی ثبت گرددیه است. در این بررسی مشاهده شده است که میدان وادارندگی فاز مغناطیسی را می‌توان با تغییر ولتاژ اعمالی به فاز پیزوالکتریک تغییر داد و این تغییرات با منحنی تنش تولید شده در پیزوالکتریک بر حسب ولتاژ توافق کامل دارد.

Tunable Magnetic Coercive Field in a Co/PZT Bilayer

Shafei, Mehdi[1]; Tehranchi, Mohammad Mehdi[2,1], Seyyedeh Mehri Hamidi[1]

[1]Laser and plasma institute,Shahid Beheshty University , Tehran,
[2] Department of Physics, Shahid Beheshty University,Tehran

Abstract

Magnetic properties of a piezoelectric-magnetostrictive bilayer is studied using magneto-optical Kerr setup. for this purpose, Co/PZT bilayer has been prepared by sputtering method and then, the magneto-optical coercive force has been recorded as a function of applied voltage. In this study it was found that the coercive field of magnetic phase can be changed by changing the applied voltage to the piezoelectric phase and this change is in full agreement with the stress-voltage curve of a piezoelectric.

PACS No. 68.35, 77.65

مقدمه

کنترل حافظه‌های مغناطیسی با استفاده از ولتاژ الکتریکی به جای جریان امکان کاهش انرژی مصرفی چنین حافظه‌ای را تا حد بسیار زیادی فراهم می‌کند [۱]. به منظور دستیابی به این امکان بس‌فروها یکی از گزینه‌های بسیار امیدوار کننده محسوب می‌شوند و مطالعات زیادی روی آنها صورت گرفته است [۲]. در این مطالعات بس‌فروهای چند سازه‌ای متشکل از مواد پیزولکتریک و مغناطوکشسان، به علت داشتن خواص مغناطو الکتریک در دمای اتاق و داشتن ضریب مغناطوالکتریکی بالا یکی از گزینه‌های متداول به شمار می‌آیند [۳]. در چنین ساختارهایی جفت شدگی بین فازهای مغناطیسی و الکتریکی از طریق تبادل کرنش بین فازهای پیزوالکتریک و مغناطوکشسان حاصل می‌شود.

بررسی منحنی پسماند مغناطیسی در یک ساختار بس‌فرو دو سازه‌ای یکی از روش‌های مناسب برای بررسی اثرات مغناطوالکتریکی در چنین ساختاری به شمار می‌رود. یکی از روش‌های دقیق و غیر تماسی بررسی منحنی پسماند، استفاده از چیدمان مغناطواپتیکی کر است. در این چیدمان با اعمال ولتاژ به فاز پیزوالکتریک، در صورتی که خواص فاز مغناطیسی تغییر کند،

منحنی پسماند نیز تغییر می‌کند. بنابراین به بررسی منحنی پسماند در ولتاژهای اعمالی مختلف به فاز پیزوالکتریک خواهیم پرداخت.

روش‌های تجربی:

ساختار دو لایه‌ای مورد بررسی در این آزمایشات از یک زیرلایه PZT با ضخامت ۰/۲ میلی‌متر تشکیل شده است. با استفاده از روش طیف سنجی پراش انرژی پرتو ایکس[۱] عناصر موجود در زیرلایه مورد بررسی قرار گرفتند. به منظور بررسی منحنی پسماند الکتریکی PZT از یک مدار استاندارد ساور- تاور[۲] استفاده شده است.

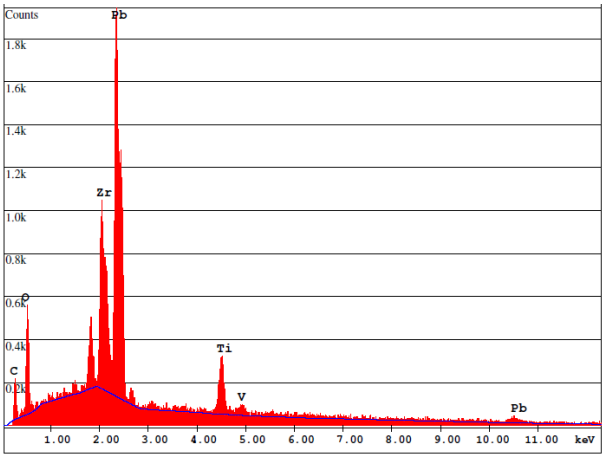
سپس یک لایه کبالت با ضخامت ۱۰۰ نانومتر روی آن با روش کند و پاش، لایه نشانی شده است. در این لایه نشانی ابتدا فشار محفظه خلا تا حد 10^{-5} میلی‌بار پایین آورده شده سپس لایه نشانی با استفاده از گاز آرگون با فشار 10^{-3} میلی‌بار انجام شده است.

رفتار مغناطیسی این لایه با استفاده از یک چیدمان استاندارد کر طولی مورد بررسی قرار گرفته است. در این چیدمان از نور مدوله شده لیزر حالت جامد با طول موج ۶۵۰ نانومتر به عنوان چشمه نور استفاده شده و برای دستیابی به دقت لازم از منشورهای گلن- تیلور[۳] و ولستون[۴] برای قطبیده کردن و سپس جدا کردن قطبش‌های متعامد در یک چیدمان تفاضلی استفاده شده است.

به منظور بررسی اثرات مغناطواپتیکی نمونه و برای تعیین شرایط اولیه در آزمایش، ابتدا ولتاژی بیش از ولتاژ مورد نیاز برای قطبی کردن نمونه در جهت مشخصی به آن اعمال شده و سپس ولتاژ اعمالی به صفر کاهش داده می‌شود و منحنی پسماند لایه کبالت ثبت می‌شود. سپس با ایجاد تغییر در جهت ولتاژ اعمالی به نمونه، ولتاژ را با گام‌های معینی افزایش داده و منحنی پسماند نمونه اندازه‌گیری می‌شوند. این کار تا رسیدن به بیشینه ولتاژ ۳۰۰ ولت ادامه می‌یابد.

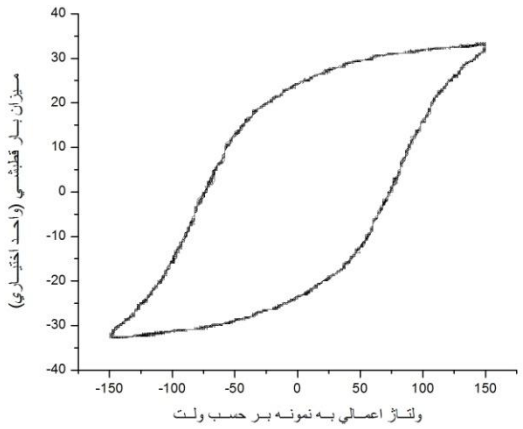
نتایج:

منحنی حاصل از طیف سنجی پراش انرژی پرتو ایکس در شکل ۱ نشان داده شده است. همان گونه که در تصویر دیده می‌شود عناصر تشکیل دهنده زیرلایه شامل عناصر سرب، زیرکونیوم، تیتانیوم و اکسیژن و هستند و تنها شاهد مقدار ناخالصی کربن و وانادیوم در نمونه هستیم.



شکل۱ : نتیجه تحلیل عنصری نمونه PZT به روش طیف سنجی پراش انرژی پرتو ایکس

منحنی پسماند الکتریکی نمونه در شکل ۲ نشان داده شده است. همان گونه که در این شکل مشاهده می‌شود تغییر قطبش الکتریکی نمونه در ولتاژ حدود ۱۰۰ ولت مشهود است که معادل میدان وادارندگی ۵۰۰ وات بر میلی‌متر در فاز فروالکتریک است.



شکل۲ : منحنی پسماند الکتریکی فاز الکتریکی

منحنی پسماند مغناطیسی نمونه به دست آمده از چیدمان کر طولی در ولتاژ اعمالی صفر ولت پس از قطبیده شدن نمونه و تغییر قطبش میدان الکتریکی در شکل ۳ آمده ست (منحنی مشکی

---

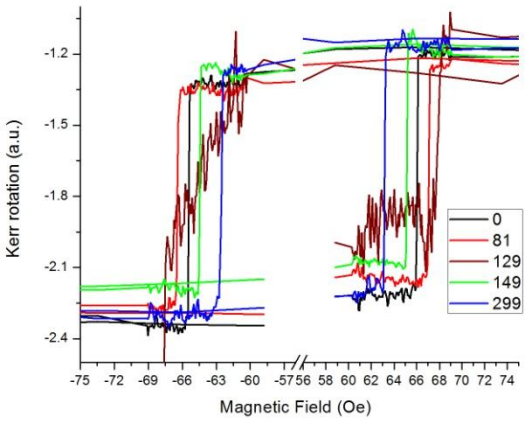
[۱] EDAX

[۲] Sawyer Tower circuit

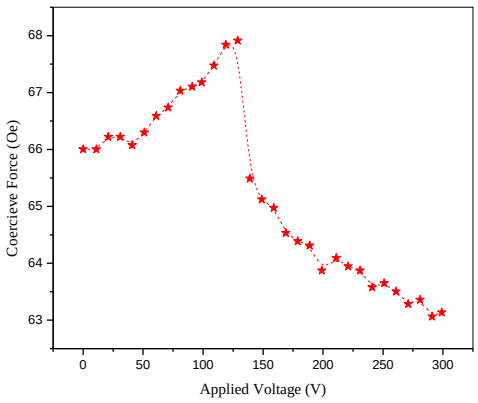
[۳] Glan–Taylor prism

[۴] Wollaston prism

رنگ). در این حالت میدان وادارندگی فاز مغناطیسی برابر ۶۵ اورستد است. با افزایش ولتاژ اعمالی به نمونه، شکل ۳، همان گونه که مشاهده می‌شود میدان وادارندگی در ابتدا تا حد ۶۷ اورستد در ولتاژ حدودا ۱۲۰ ولت، زیاد شده سپس تا حد ۶۳ اورستد در ولتاژ ۳۰۰ ولت کم می‌شود. تغییرات میدان وادارندگی بر حسب ولتاژ اعمالی در این حالت در شکل ۴ نشان داده شده است.



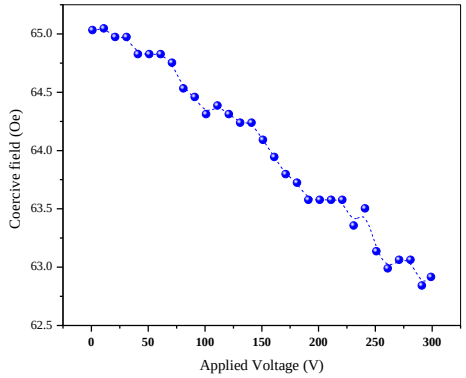
شکل۳ : تغییرات منحنی پسماند با تغییر ولتاژ اعمالی به نمونه



شکل۴ : تغییرات میدان وادارندگی با تغییر قطبش ولتاژ اعمالی به نمونه

با رسیدن به ولتاژی که، با توجه به منحنی پسماند الکتریکی، انتظار تغییر در قطبش الکتریکی را داریم، رفتار میدان وادارندگی بر حسب ولتاژ کاملا عوض شده و کاهش شدید میدان وادارندگی را شاهد هستیم.

بدون تغییر قطبش ولتاژ اعمالی به نمونه و اندازه‌گیری منحنی پسماند، رفتار نشان داده شده در شکل ۵ برای میدان وادارندگی مشاهده می‌شود. در این حالت با افزایش ولتاژ میدان وادارندگی رفتار کاهشی از خود نشان می‌دهد. با تکرار ازمایش بدون تغییر جهت ولتاژ اعمالی باز هم رفتار صرفا کاهشی میدان وادارندگی مشاهده می‌شود.



شکل۵ : تغییرات میدان وادارندگی بر حسب ولتاژ اعمالی بدون تغییر قطبش ولتاژ

همان طور که مشاهده می‌شود این رفتار با رفتار پروانه‌ای شکل[۵] کرنش تولید شده توسط یک PZT هنگامی که تحت تاثیر میدان الکتریکی قرار می‌گیرد همخوانی کاملی دارد [۴].

نتیجه گیری.

امکان کنترل میدان وادارندگی مغناطیسی در یک ساختار دو لایه‌ای پیزوالکتریک-مغناطوکشسان با اعمال ولتاژ به فاز الکتریکی نشان داده شده است. میزان میدان وادارندگی تا حد ۷ درصد با اعمال ولتاژ ۳۰۰ ولت قابل تنظیم است.

مرجع‌ها

[1] M. Salehi Fashami, K. Roy, J. Atulasimha and S. Bandyopadhyay " Magnetization dynamics, Bennett clocking and associated energy dissipation in multiferroic logic", *Nanotechnology*, **22**, (2011) 155201

[2] M. Bibes, A. Barthelemy, " Multiferroics: Towards a magnetoelectric memory", *Nature Mater*., **7**, (2008) 425

[3] M. Liu, O. Obi, J. Lou, Y. Chen, Z. Cai, S. Stoute, M. Espanol, M. Lew, X. Situ, K. S. Ziemer, V. G. Harris, N. X. Sun, " Giant Electric Field Tuning of Magnetic Properties in Multiferroic Ferrite/Ferroelectric Heterostructures", *Adv. Funct. Mater*. **19**, (2009) 1826

[4] I. Mayergoyz and G.Bertotti, "*The Science of Hysteresis chap 4*", Elsevie (2005)

[۵] butterfly shape