

FENOMENI DI RISONANZA STOCASTICA DOVUTI A CORRENTI SPIN-POLARIZZATE E FLUTTUAZIONI TERMICHE IN DISPOSITIVI SPINTRONICI

*Giovanni Finocchio, Alessia Bramanti, Andrea Calisto, Anna Giordano,
Alessandro Prattella, Vito Puliafito, Bruno Azzerboni*

Dipartimento di Fisica della Materia e Ingegneria Elettronica
Università di Messina, Salita Sperone 31, I-98166 Messina, Italy

Una delle attività di ricerca dell'unità di Messina si basa sullo studio della risonanza stocastica[1] in dispositivi spintronici[2].

La risonanza stocastica è stata osservata in diversi sistemi fisici ed elettronici tra i quali laser, trigger di Schmitt e nanomagnetismo. Gli ingredienti chiave per poterla osservare sono un rumore bianco Gaussiano (tipicamente il rumore termico), una forzante esterna periodica piccola [3] ed un profilo energetico per il sistema non-lineare in esame in cui sono presenti almeno due o più stati di equilibrio energetici stabili. In particolare, deve esistere una regione di valori di temperatura in cui la barriera energetica che separa stati di minimo sia confrontabile (lo stesso ordine di grandezza) con l'energia del rumore termico a quelle temperature.

In tali sistemi e per particolari valori dei parametri fisici si possono osservare due tipi di risonanza stocastica: (i) Risonanza stocastica adiabatica (RSA) e risonanza stocastica non adiabatica (RSNA).

In un nostro recente studio[2], sono state identificate entrambi i fenomeni di RS in strutture magnetiche a valvola di spin dove uno dei due layer ferromagnetici si comporta da superparamagnete. In seguito all'applicazione di una corrente ed un campo magnetico alla struttura per fissare il punto di lavoro del sistema, si osservano i fenomeni di RS in seguito all'applicazione di una piccola corrente alternata esterna. I nostri risultati mettono in evidenza l'osservazione a basse frequenze ($<100\text{MHz}$) della RSA in cui si ha la sincronizzazione dei salti tra uno stato di equilibrio punto fisso della dinamica ed un ciclo limite (come si può osservare in Fig. 1, magnetizzazione media lungo x (a), lungo y (b) e lungo z (c)) alla frequenza della forzante esterna.

Per quanti riguarda il comportamento ad alta frequenza è stato osservato un fenomeno di risonanza caratterizzata da campane di risonanza simili a quelle riportate in Fig. 2. Il nostro studio mette in evidenza che questo tipo di risonanza è un fenomeno di RSNA. La differenza sostanziale con la RSA sta nel fatto che nella RSNA ad alta frequenza sono coinvolti almeno tre stati di equilibrio per il sistema non-lineare in esame, nel caso specifico di questo studio si hanno 2 stati di equilibrio statici ed un ciclo limite.

I nostri risultati mettono in evidenza la necessità di utilizzare le catene di Markov piuttosto che la teoria di Arrhenius per studiare le dinamiche di transizione tra i diversi stati di equilibrio.

Le simulazioni micromagnetiche effettuate per questo esperimento numerico sono in accordo con i dati sperimentali pubblicati nella Ref[4].

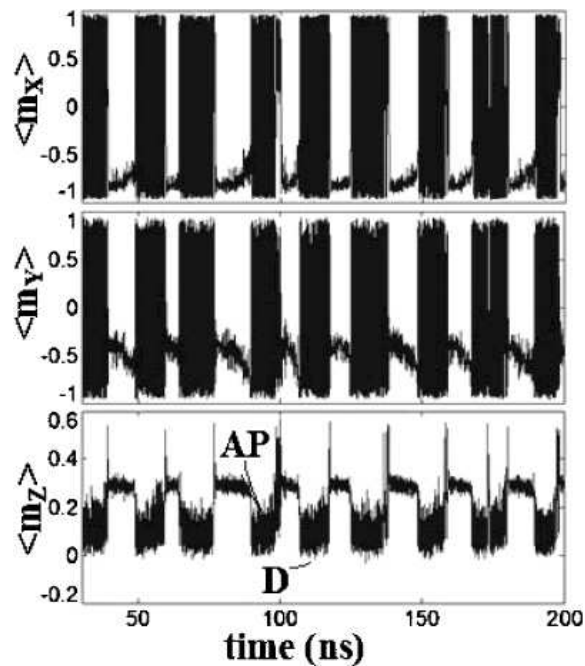


Fig. 1: Esempio di risonanza stocastica adiabatica osservata in strutture a valvola di spin.

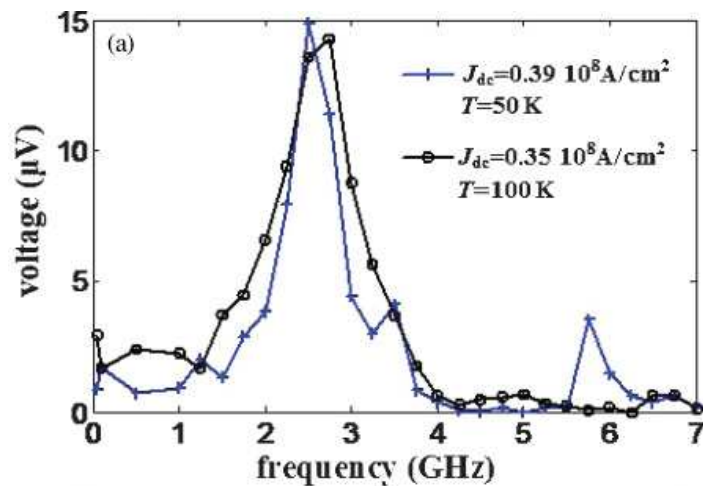


Fig. 2: Esempi di campana di RSNA osservata in strutture a valvola di spin.

BIBLIOGRAFIA

- [1] L. Gammaitoni, P. Hänggi, P. Jung, and F. Marchesoni, Rev. Mod. Phys. 70, 223 (1998).
- [2] G. Finocchio, I. N. Krivorotov, X. Cheng, L. Torres, and B. Azzerboni, Phys. Rev. B, 83, 134402, (2011).
- [3] Piccola nel senso che può essere trattata come piccola perturbazione dello stato di equilibrio in cui si trova il sistema.
- [4] X. Cheng, C. T. Boone, J. Zhu, and I. N. Krivorotov, Phys. Rev. Lett. 105, 047202 (2010).