

DIMOSTRAZIONE SPERIMENTALE DI DIODI SPINTRONICI A LARGA BANDA PER ENERGY HARVESTING

M. Carpentieri¹, G. Finocchio², R. Tomasello¹, B. Azzerboni³

¹Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione, Politecnico di Bari, via E. Orabona 4, 70125 Bari.

²Dipartimento di Matematica, Informatica, Scienze Fisiche e della Terra, Università di Messina, via S. d'Alcontres 31, 98166 Messina.

³Dipartimento di Ingegneria, Università di Messina, Nuova Panoramica dello Stretto, 98166 Messina.

Le tecnologie “energy harvesting” offrono la possibilità di catturare energia dall'ambiente circostante, come le vibrazioni, il calore e le onde elettromagnetiche. Tra loro, i segnali elettromagnetici a radio-frequenza (RF) dell'ambiente forniscono una sorgente di energia promettente per applicazioni nell'elettronica portatile a bassa potenza nella promettente era di “internet delle cose”. Comunque, i rivelatori alle microonde basati sui semiconduttori e oggi disponibili non incontrano le richieste pratiche per applicazioni di energy harvesting. I punti chiave che devono essere indirizzati sono: (i) Miniaturizzazione: i dispositivi elettromagnetici correntemente usati per energy harvesting alle microonde potrebbero essere efficienti ma sono difficili da miniaturizzare, (ii) Funzionamento a bassa potenza: le soluzioni correnti hanno efficienza di conversione vicina allo zero per basse potenze di ingresso che sono rilevanti per lo scenario energy harvesting. Infatti, i dispositivi a semiconduttore come i diodi Schottky non hanno una buona efficienza di conversione per harvesting di potenza dell'ordine del micro-Watt [1].

Le unità di elettrotecnica di Bari e di Messina si sono occupate di dimostrare lo sviluppo di un diodo spintronico su scala nanometrica (NSD). Tale lavoro è portato avanti grazie ad una proficua collaborazione tra le due unità con il gruppo di spintronica sperimentale diretto dal Prof. Z. Zeng dell'Istituto di Nano-tech and Nano-bionics, ubicato a Suzhou in Cina, grazie anche ad un progetto di collaborazione internazionale Italia-Cina.

Tale dispositivo è basato su una giunzione tunnel magnetica (MTJ) caratterizzato da una magnetizzazione dello strato libero fuori dal piano e funziona in assenza di campo magnetico applicato. È stato dimostrato che tale NSD potrebbe essere un efficiente dispositivo harvester RF a larga banda per radiazioni provenienti dall'ambiente circostante ed è capace di convertire energia in modo efficiente a potenze di funzionamento dell'ordine del microWatt o anche inferiori.

Il dispositivo MTJ è composto da PtMn (15) /Co₇₀Fe₃₀ (2.3)/Ru (0.85)/Co₄₀Fe₄₀B₂₀ (2.4)/MgO (0.8)/Co₂₀Fe₆₀B₂₀ (1.65) (spessore in nm) realizzato con una geometria ellittica usando la litografia a fascio elettronico e tecniche di attacco ionico. Lo strato magnetico libero è composto da Co₂₀Fe₆₀B₂₀ ricoperto da Ta ed esibisce anisotropia perpendicolare di interfaccia. Esso è progettato in modo tale che abbia come asse facile la direzione fuori dal piano, ciò è dovuto al trade-off tra l'anisotropia di forma e le anisotropie magnetiche perpendicolari del primo e del secondo ordine. L'anisotropia magnetica perpendicolare (PMA) nello strato libero MgO/Co₂₀Fe₆₀B₂₀/Ta è dovuta all'effetto interfacciale che si origina dall'ibridizzazione tra gli orbitali dell'ossigeno del MgO e del ferro del CoFeB e può essere controllata dalla composizione del CoFeB, dal materiale di copertura e dallo spessore dello strato magnetico libero.

Noi abbiamo misurato la tensione di uscita rettificata quando viene applicata una corrente RF in ingresso e in assenza di campo magnetico applicato al dispositivo. Il segnale in ingresso viene applicato mediante una polarizzazione proveniente da un generatore di segnale, mentre la tensione continua di uscita V_{DC} ai capi del MTJ viene misurata mediante un nanovoltmetro.

La risposta in frequenza del NSD mostra che un nuovo tipo di comportamento in frequenza viene generato, cioè una risposta a banda larga. La figura 1 mostra un esempio di risposta a banda larga quando in ingresso vi è una potenza radio-frequenza $P_{RF} = 10 \mu W$. Dalla figura si evince che il dispositivo NSD funziona da rettificatore di tensione nel range di frequenza compreso tra 100 e 550 MHz [1].

I nostri risultati [2] anche dimostrano che la potenza generata dal NSD è sufficiente al funzionamento di dispositivi come ad esempio foto-sensori di dimensione nanometrica per uso di sistemi elettronici a bassa potenza, mostrando il loro potenziale funzionamento come blocchi di sensori wireless e di elettronica portatile. La realizzazione di tali prototipi apre la strada verso tecnologie alternative rispetto al tradizionale CMOS.

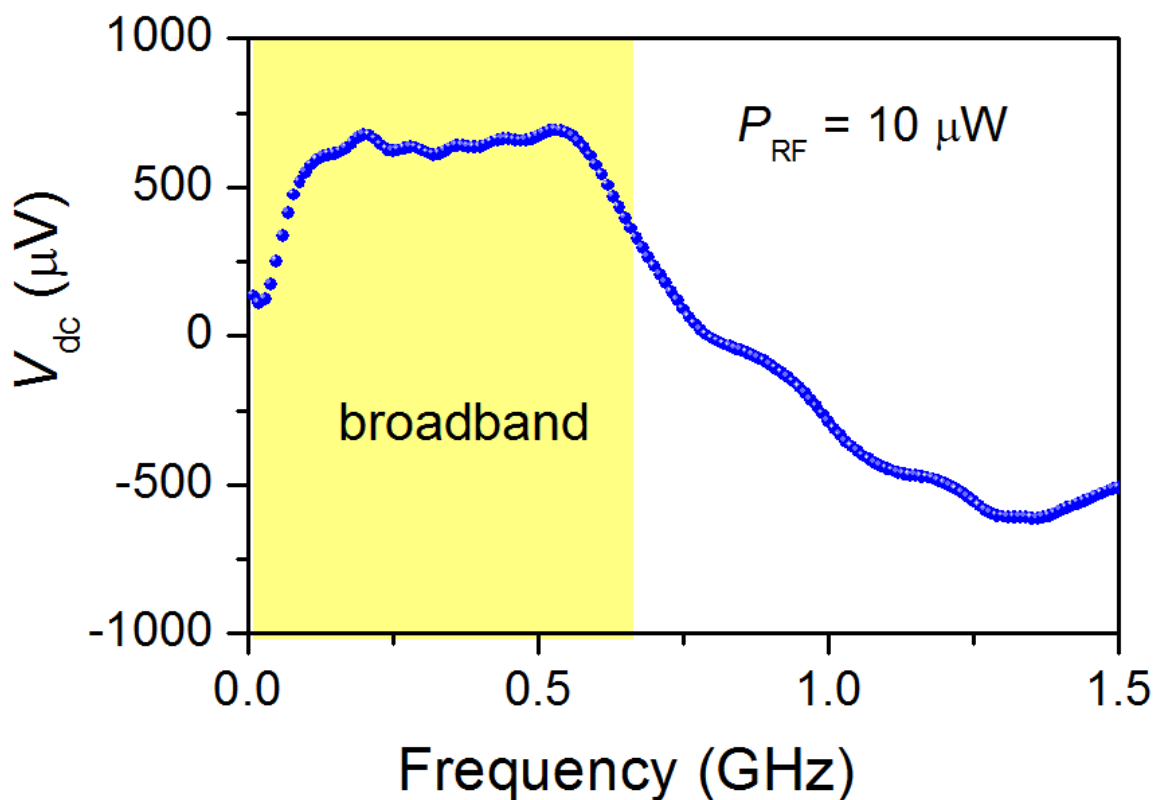


Figura 1: Tensione di uscita generate (V_{DC}) in funzione della frequenza del segnale di ingresso avente potenza RF di $10 \mu W$.

Bibliografia

- [1] B. Fang et al., Giant spin-torque diode sensitivity in the absence of bias magnetic field. Nat. Commun. 7, 11259 (2016).
- [2] B. Fang et al., Spintronic nano-scale harvester of broadband microwave energy, arXiv:1801.00445.