

# ANAIS

## EICTI 2017

6° Encontro de  
Iniciação Científica

2° Encontro de Iniciação  
ao Desenvolvimento  
Tecnológico e Inovação

4 a 6 de outubro de 2017

Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA)  
Av. Tarquínio Joslin dos Santos, nº 1000  
Foz do Iguaçu, Paraná – Brasil



Realização:



Apoio:



# ESTUDIO DE TRANSFERENCIA DE SPIN UTILIZANDO NANOCONTACTOS

**FARINA MARTINEZ, Maria Magdalena.**

Estudiante del Curso de Ingeniería Física, bolsista IC-FA - ILACVN – UNILA;

E-mail: maria.martinez@unila.edu.br;

**CUNHA, Rafael Otoniel Ribeiro Rodrigues da**

Docente/pesquisador do curso de Engenharia Física – ILACVN – UNILA.

E-mail: rafael.cunha@unila.edu.br.

## 1 INTRODUÇÃO

El avance tecnológico de las últimas décadas está directamente relacionado al progreso de técnicas capaces de trabajar con propiedades de estructuras a escala nanométrica. Este estudio aplicado a sólidos nanoestructurados han contribuido bastante para entender el comportamiento de la materia, donde la evolución trae consigo un estímulo para adentrarse al mundo de las dimensiones más bajas, los efectos cuánticos, que asumen un papel importante en el área, así como para el desenvolvimiento nuevos materiales.

En el caso las aplicaciones tecnológicas, como las películas finas magnéticas utilizadas en la configuración de corriente eléctrica, utilizada como una barrera túnel, que presentan larga aplicabilidad en almacenamiento y lectura de datos y en la electrónica de spin. Con el objetivo de utilizar corriente eléctrica spin-polarizada para modificar la configuración relativa de la magnetización de las capas, y de esta forma modificar las propiedades de conducción. La Física de fenómenos que hacen uso del spin del electrón para nuevas funcionalidades es conocida como *spintrónica*, que es una tecnología emergente que explota tanto la carga del electrón como su espín. El primer requisito para construir un dispositivo spintrónico es disponer de un sistema que pueda generar una corriente de electrones “spin polarizados”. Donde se aplica el singular caso de las nanopunteras, utilizadas para realizar los nanocontactos que permitirán el paso y transferencia del spin.

El presente proyecto consiste en estudiar experimentalmente el transporte electrónico en materiales compuestos de multicapas ferromagnéticas, que han sido explorados en los últimos años en varios laboratorios de investigación,

utilizando contactos eléctricos puntuales a través de punteras de tungsteno fabricadas por electrocorrosión con extremidad de orden nanométrica. El proyecto se divide en partes, la primera que está vinculada con la estructuración de las nanopunteras y la segunda en la aplicación de los nanocontactos. En este lapso nos enfocamos en la primera fase que es la estructuración del sistema.

El plano de investigación tiene como objetivo general construir un sistema de bajo costo capaz de realizar nanopunteras ideales para el desempeño de nanocontactos, junto con las técnicas de producción de la estructura. El enfoque principal es la investigación de transporte electrónico y corrientes de spin en la materia.

## **2 METODOLOGIA**

El equipamiento utilizado para fabricación de las nanopunteras fue desarrollado en este trabajo, constituido por una haste de soporte para el filamento de un anillo de platina sostenido por otra haste metálica de aluminio, como se necesita de un paso pequeño de buena precisión a la hora de bajar y subir las nanopunteras fijas en la primera haste, se decidió diseñar un pequeño sistema de paso consistiendo el mismo en pequeñas piezas rectangulares de aluminio con las terminales redondeadas de aproximadamente cinco centímetros, que son unidas por tornillos de un tamaño considerable de largo con cuatro milímetros de diámetro, sostenidas sobre una base tabla de madera, vinculadas a un soporte en medio de las divisorias de estas uniones, con ayuda de un tornillo de largo y espesura mayor a las anteriores, rodeado por un resorte que servirá para almacenar energía y desprenderse, (haciendo que el conjunto pueda ser elevado o reducido), fijado nuevamente por una mariposa.

Lo siguiente importante fue establecer el sostenedor de la puntera que será realizada, el cual lo fijamos con ayuda de una lapicera de cero punto tres milímetros de espesura, el encargado principal de sostener la nanopuntera en proceso. Por último la haste paralela ubicada verticalmente con otra pieza rectangular perpendicularmente a la primera, la fijamos a la base de madera con un encastre justo y exacto, para una mejor estabilidad a la hora de realizar el proceso de corrosión de la nanopuntera.

Las nanopunteras son fabricadas utilizando el dispositivo mencionado a través de electrocorrosión química en solución acuosa de NaOH. Las medidas de transferencia de spin son realizadas utilizando las nanopunteras como contacto eléctrico en las muestras de multicamadas magnéticas, que garanten la alta densidad de corriente eléctrica necesaria para activar el efecto. Para esto, se utiliza un aproximador de passo de 1,5 nm.

Es importante mencionar que los equipamientos y materiales citados fueron utilizados de la UNILA. Con ayuda de los técnicos y orientador.

### **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Sistemas del tipo válvulas de spin, una tricamada compuesta por dos capas ferromagnéticas, FM1 e FM2, separadas por una capa conductora no magnética, NM (FM1/NM/FM2), presentan el efecto magnetorresistencia gigante [1] cuando una corriente eléctrica atraviesa su estructura. Sin embargo, si esas válvulas de spin fueren fabricadas como nanoestructuras, en la forma de nanopilares, o si estuvieren conectadas a un nanocontacto eléctrico, es posible manipular la magnetización de la capa FM2 solamente con el pasaje de corriente eléctrica, sin aplicar campo externo, efecto conocido como transferencia de torque de spin, STT. El efecto de transferencia de spin resulta de la interacción entre una corriente eléctrica spin-polarizada con los momentos magnéticos de un material ferromagnético. El efecto propuesto en 1996, de forma independiente, por Slovenzewski [2] e Berger [3], puede ser mejor comprendido considerando una corriente eléctrica atravesando perpendicularmente a la estructura FM1/NM/FM2. Si una de las capas ferromagnéticas (por ejemplo FM1, con los momentos magnéticos previamente orientados) desempeña el papel de “polarizadora” de los electrones de la corriente eléctrica obteniéndose una corriente spin-polarizada. Si la otra capa ferromagnética (FM2, llamada de “capa libre”) presenta un pequeño afastamiento angular de su magnetización con relación a la magnetización de FM1, la corriente eléctrica spin-polarizada genera un torque cuyo efecto será la rotación de la magnetización de la capa libre. Los momentos magnéticos de la capa FM2 sufren un torque resultante de la transferencia de momento angular de spin de los electrones, asegurando la conservación de momento angular. Este fenómeno es llamado transferencia de torque de spin (STT) y puede contribuir para que ocurra una reversión completa de la magnetización. En este efecto, la corriente de carga es polarizada en spin en la capa FM1 antes de pasar por la FM2. La polarización de los spins de la corriente también puede ser hecha utilizando un nanocontacto eléctrico externo a la estructura de la muestra, como las nanopunteras [4]

### **4 RESULTADOS**

Los métodos de producción utilizados fueron simples, ingeniosos y de bajo costo, se logró la primera fase del objetivo que fue la de concebir un sistema de fabricación de nanopunteras con casi ningún inconveniente. Teniendo en cuenta que estos fueron creados desde cero, utilizando materia prima en la mayoría de los casos y combinando distintas técnicas de confinamiento, para la cual se tuvieron tres plataformas de pruebas producidas con las cuales se pudo comprender y fijar mejor cuales serían las principales

ventajas o desventajas de manera comparativa, ayudando a describir cada posible error a la hora de fabricar las nanopunteras.

Las nanopunteras fabricadas deben ser analizadas en el microscopio de barradura electrónica para verificar sus dimensiones nanométricas. Medidas de transferencia de spin utilizando multicamadas magnéticas están siendo realizadas.

## 5 CONCLUSÕES

Presentando los resultados obtenidos durante el trabajo de concepción de un sistema de fabricación de nanopunteras, los esfuerzos fueron direccionados tanto para la parte experimental como teórica, en la que a medida que se fue avanzando con el proyecto, el ambiente de compromiso y progreso fue aportado para el desarrollo de nuevos conocimientos en el ámbito de la Física.

Además, se logró demostrar que el sistema construido contribuyó a un buen rendimiento de bajo costo, con la capacidad necesaria para llevar a cabo el proceso de realizar las punteras nanométricas ideales, para el desempeño de transferencia de spin por nanocontactos, que seguirán sirviendo en el transcurso de futuros trabajos desarrollados en esta área tan apasionante que es la nanotecnología.

## 6 PRINCIPAIS REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. N. Baibich, J. M. Broto, A. Fert, F. Nguyen Van Dau, F. Petroff, P. Etienne, G. Creuzeta, A. Friederich, e J. Chazelas. *Giant Magnetoresistance of (001)Fe / (001)Cr Magnetic Superlattices*. Phys. Rev. Lett., **61**, 2472, (1988).
- [2] J.C. Slonczewski. *Current-driven excitation of magnetic multilayers*. J. Magn. Magn. Mater., **159**, L1–L7, (1996).
- [3] L. Berger. *Emission of spin waves by a magnetic multilayer traversed by a current*. Phys. Re,54, 9353, (1996).
- [4] R.O. Cunha, D.L.Baptista, M.Heinemann, M.F.Kuhn, J.E.Schmidt, L.G.Pereira. *Reference layer exchange in spin transfer torque experiment using magnetic-coated nanometric point contacts*. Journal of Magnetism and Magnetic Materials **324**, 3002–3005 (2012).