

## DESENVOLVIMENTO DE UM MAGNETOMETRO ÓTICO DE EFEITO KERR PARA ANÁLISE DE FILMES FINOS MAGNÉTICOS

GABRIEL TRINDADE DOS SANTOS<sup>1</sup>; ANDRÉ GÜNDEL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade federal do Pampa – gabrieltrindadegts@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal do Pampa – gundel@gmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novos materiais magnéticos na forma de filmes finos é de grande interesse tecnológico, pois contribui no aperfeiçoamento das tecnologias existentes, como armazenamento de dados, cabeçotes de leitura e gravação magnética, na indústria automotiva, de mídia, em sistemas de segurança e também de sensores magnéticos, além de permitir a descoberta de novas propriedades não observadas em materiais massivos.

Para analisar as propriedades magnéticas de filmes finos e ultrafinos magnéticos, foi desenvolvido um Magnetômetro Ótico de Efeito Kerr (MOKE), que possibilita a extração de parâmetros importantes relativo ao estado magnético dos filmes analisados. A aplicação do efeito Kerr ao estudo de filmes finos e ultrafinos magnéticos é uma técnica que pode ser considerada recente, proposta em 1985 por Moog e Bader (MOOG, 1985). O sistema MOKE se baseia na rotação do eixo de polarização de uma luz refletida sobre uma superfície magnetizada. Com auxílio de um fotodetector pode-se obter o valor da rotação da polarização em função de um campo magnético externo aplicado na amostra. Essa técnica foi escolhida por ter algumas características que torna o magnetômetro bastante atrativo, já que as medidas não sofrem interferências de substratos e porta amostras, permite um estudo seletivo de determinados elementos dos filmes por apresentar dependência espectral e permite uma resolução espacial dos resultados (CARVALHO, 2002). Neste trabalho, o magnetômetro foi utilizado no estudo do comportamento magnético de filmes finos de Permalloy (Py = Ni81%Fe19%) de diferentes espessuras produzidas pela técnica de sputtering. Através da magnetometria Kerr, podemos caracterizar a anisotropia magnética do meio, aplicando um campo magnético em diferentes direções, determinando eixos de fácil e difícil magnetização, resposta do meio à magnetização reversa assim como separar as componentes da magnetização em cada eixo cristalográfico do material. As curvas de histerese obtidas permitem a determinação de várias grandezas importantes, como a magnetização de saturação, coercividade e remanência (GOMES, 2009).

## 2. METODOLOGIA

A partir do estudo teórico a respeito da polarização Kerr, deu-se início a etapa de desenvolvimento e montagem do magnetômetro.

O esquema mostrado na figura 1 apresenta a configuração do MOKE da UNIPAMPA. O laser vermelho, com comprimento de onda 650 nm, é modulado por um gerador de ondas Agilent 33220A à uma frequência de 770 Hz. O laser modulado é polarizado e incide sobre a amostra. O feixe refletido atravessa um segundo polarizador, chamado de analisador, e segue para um fotodetector. Ambos os polarizadores estão montados sobre goniômetros, para possibilitar a rotação dos polarizadores em até 360° com alta precisão. O sinal Kerr é enviado a um amplificador síncrono e detectado em um ângulo de fase com a modulação.

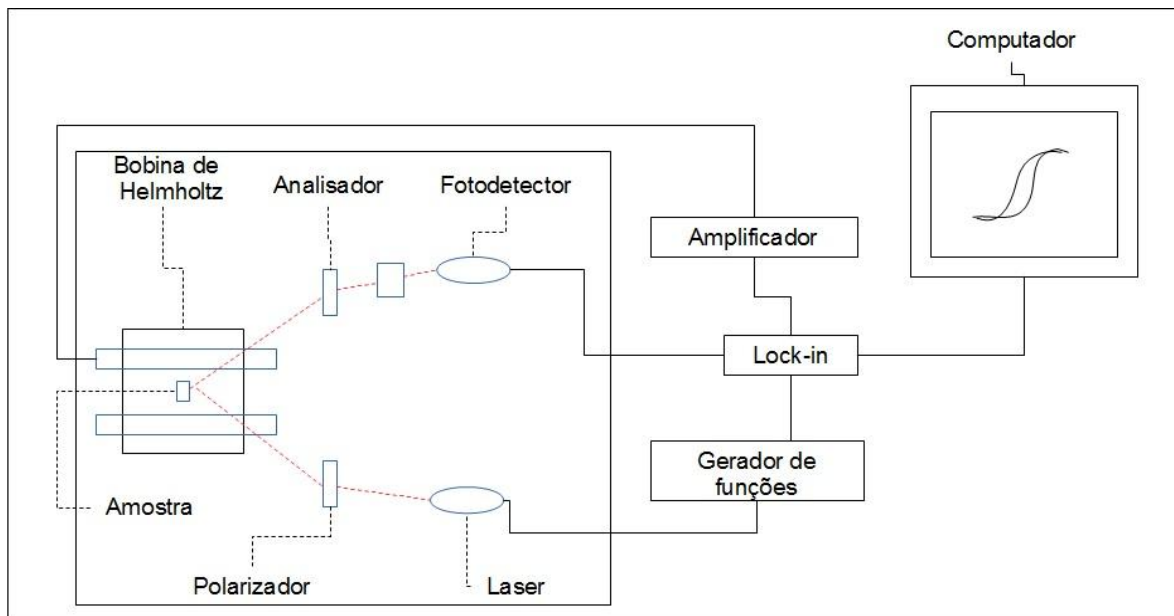


Figura 1: Esquema do MOKE

A produção de campo magnético, responsável pela magnetização dos filmes, é realizada por um par de Bobinas de Helmholtz, devido ao baixo campo de saturação das amostras ( $\sim 20$  Oe). O valor do campo foi medido com um gaussímetro Lakeshore 455DSP e é controlado por uma fonte de corrente Kepco BOP20-20M. Para amostras com campo de saturação mais intenso, será necessário a utilização de um eletroímã.

O sistema óptico e de geração de campo magnético do MOKE estão montados em uma mesa ótica com amortecimento, para facilitar o alinhamento dos feixes, que é um fator muito importante para realização das medidas, e para a eliminação de vibrações mecânicas externas, resultando em uma boa relação sinal/ruído. Os sinais detectados pelo amplificador são enviados a um computador via interface IEEE488. Um programa, desenvolvido na plataforma HPVee, engloba rotinas de controle e aquisição de dados e permite a visualização em tempo real das medidas realizadas, além da gravação dos dados para análises posteriores.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As primeiras análises do MOKE foram realizadas em um conjunto de amostras de Permalloy. São filmes finos de 10, 20 e 50 nm, depositados pela técnica de sputtering sobre substratos de vidro. A técnica é operada em vácuo e propicia uma deposição uniforme e controlada dos filmes. As espessuras são obtidas por refletividade de raios-X.

Estudos sobre a coercividade e remanência magnética em relação ao ângulo de fase também foram realizadas, além do efeito da rotação das amostras entre os eixos de fácil e difícil magnetização.

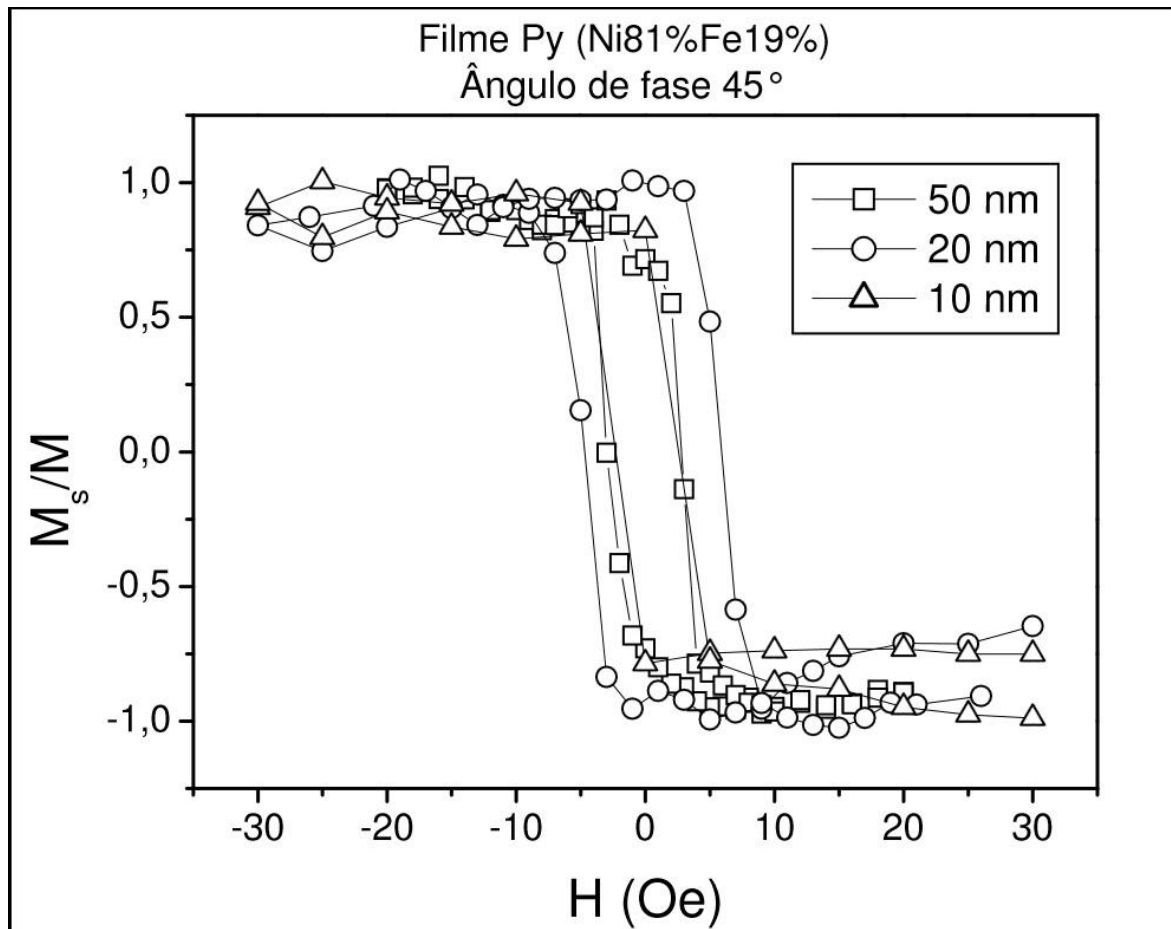


Figura 2 – Curvas de magnetização de filmes de Py com espessuras de 10, 20 e 50 nm.

Na figura 2 são mostradas as primeiras curvas de magnetização obtidas com o MOKE, em filmes de diferentes espessuras de Py. Observam-se valores de coercividade de 2,5, 5,3 e 2,8 Oe para as espessuras de 10, 20 e 50 nm, respectivamente. O aumento da coercividade na amostra de 20 nm é explicado por um aumento da rugosidade do filme. As rugosidades foram obtidas por microscopia de força atômica (AFM). Uma análise mais aprofundada está em andamento.

As curvas obtidas mostram que o MOKE tem uma boa sensibilidade. Entretanto, espera-se melhorar sua qualidade para medidas de filmes ultrafinos, ou seja, para espessuras inferiores a 10 nm, melhorando principalmente o sistema de fotodeteção.

#### 4. CONCLUSÕES

Com seu funcionamento, o MOKE já possibilita o estudo das propriedades magnéticas de filmes finos. Os resultados obtidos no conjunto de filmes de Py mostram a potencialidade da técnica. O aumento da coercividade na amostra de 20 nm é interpretado pelo aumento da rugosidade do filme, obtida por imagens de microscopia de força atômica. As próximas etapas do trabalho contemplam a implementação de novos fotodetectores objetivando a medição e análise de filmes ultrafinos. Está previsto também a adaptação do sistema in-situ para medidas magnéticas em tempo real durante o processo de eletrodeposição de filmes.

#### 5- AGRADECIMENTO

Ao apoio financeiro concedido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Universidade Federal do Pampa.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GÜNDEL, A. **Estudos das propriedades magnéticas e estruturais de filmes ultrafinos de Fe,Co e Ni/Au(111) produzidos por eletrodeposição**. 2002. Tese de Doutorado - Programa de Pós-graduação em Física, URGs.

SANTOS, M.C. **Nanoestruturas de ferro crescidas em superfícies vicinais de silício: morfologia, estrutura e magnetismo**. 2004. Tese de Doutorado - Programa de Pós-graduação em Física, URGs.

GONÇALVES, C.S. **Montagem e construção de um magnetometro a efeito kerr magneto-ótico**. 2006. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-graduação em Física, UFRGN.

CARVALHO, H.B. **O magnetometro a efeito kerr e o filme fino de Co/Si**. 2002. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-graduação em Física, UNICAMP.

MOOG, E. R. Bader, S. D. **Superlattices Microstruct.** 1, 543 .1985.

GOMES, G.F.M. **Estudo *in-situ* de filmes ultrafinos por magnetometria kerr e técnicas de superfície**. 2009. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-graduação, UFMG.