

COLAUTO, Fabiano. Válvula de fluxo magnético. In: WORKSHOP DE INOVAÇÃO, PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO, 3., 2018, São Carlos, SP. *Anais...* São Carlos, SP: IFSP, 2018. p. 183-185. ISSN 2525-9377.

VÁLVULA DE FLUXO MAGNÉTICO

FABIANO COLAUTO

Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil

RESUMO: Em antigas válvulas eletrônicas, a corrente elétrica é regulada pelo potencial elétrico de uma grade entre o cátodo e o ânodo. De forma análoga, mas com princípios físicos diferentes, pode-se construir um tríodo no qual o portador é o campo magnético quantizado. Esse elemento é chamado também de vórtice de Abrikosov e existe nos materiais supercondutores. No tríodo magnético a movimentação dos vórtices é regulada pela magnetização de tiras ferromagnéticas depositadas na superfície do filme supercondutor. Ao rodar o campo magnético no plano do filme, a magnetização das tiras pode ser alterada, permitindo acelerar ou retardar o movimento dos vórtices no supercondutor. Em escala reduzida este conceito pode ser utilizado para manipular os vórtices e criar circuitos supercondutores de processamento ultrarrápido e com baixa potência.

PALAVRAS-CHAVE: Válvula. Tríodo. Vórtice. Supercondutor.

ABSTRACT: In old tubes, the electric current is regulated by the electric potential on a grid between the cathode and the anode. By analogy, but with different physical principles, it is possible to build a triode in which the carrier is the quantized magnetic field. Such element is also named Abrikosov vortex, and exist in superconducting materials. In a magnetic triode the vortex flow is regulated by the magnetization of ferromagnetic stripes deposited on the surface of the superconducting film. By rotating the applied in-plane field, the magnetization of the stripes can be varied, allowing accelerated or retarded motion of the vortices inside the superconductor. Scaling down, this concept can be utilized to manipulate vortices and for creation of circuitry for high-speed low-power superconducting processors.

KEYWORDS: Tube. Triode. Vortex. Superconductor.

INTRODUÇÃO

A supercondutividade pode mudar o paradigma de processamento da informação. Atualmente, circuitos utilizam para isso a carga elétrica. No novo padrão, o portador poderá ser o vórtice, chamando assim em alusão à corrente que circula em torno de um quantum de fluxo magnético (POOLE; FARACH; CRESWICK, 1995).

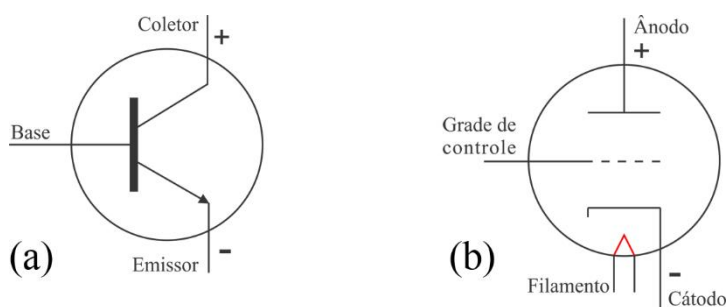
O elemento principal dos microprocessadores é o transistor, Figura 1(a), no qual a corrente elétrica do emissor ao coletor é determinada pelo potencial da base. Dependendo do valor desse potencial, os elétrons são acelerados ou bloqueados, permitindo usar tal dispositivo como amplificador ou chave de circuitos lógicos.

A função de um tríodo é semelhante à do transistor, embora sua construção seja diferente. Tríodo é uma válvula eletrônica de três elementos: cátodo, ânodo e grade de controle, embalados à vácuo em um tubo de vidro contendo um filamento, Figura 1(b). Ao aquecer o filamento, elétrons serão emitidos e acelerados do cátodo ao ânodo devido a uma diferença de potencial. Se o potencial na grade for positivo muitos elétrons a atravessam. Se a grade for dada um potencial negativo, ela repele as cargas elétricas negativas e poucas ou nenhuma chega ao ânodo.

Nesse trabalho, apresenta-se um dispositivo inspirado no funcionamento do tríodo. Ele é formado por uma película supercondutora contendo tiras ferromagnéticas, cuja magnetização pode ser

ajustada através de um campo magnético no plano do filme. As tiras magnéticas desempenham o papel da grade e controlam o movimento dos vórtices no supercondutor (VLASKO-VLASOV et al., 2016).

Figura 1 – Diagramas: (a) transistor (b) tríodo.

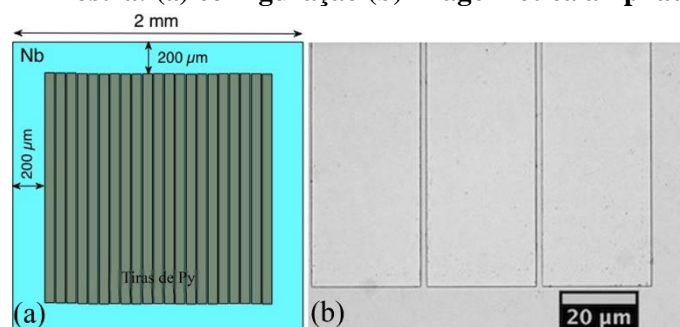


Fonte: Elaborada pelo autor.

MATERIAL E MÉTODOS

O supercondutor utilizado é um filme de nióbio (Nb) com 100 nm de espessura e temperatura de transição de $(8,7 \pm 0,2)$ K. Sobre ele foi depositada uma camada ferromagnética de permalloy (Py) com 40 nm de espessura. Através de um processo de litografia ótica foram produzidas tiras de Py com 30 μm de largura separadas por 2 μm cada. Uma representação da amostra encontra-se na Figura 2.

Figura 2 – Amostra: (a) configuração (b) imagem ótica ampliada das tiras.



Fonte: Adaptada de Vlasko-Vlasov et al. (2016).

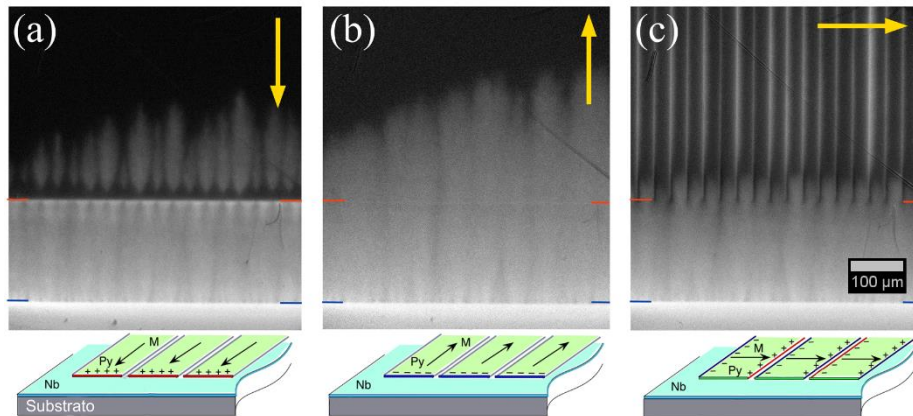
Nesta investigação foi empregada uma técnica magneto-ótica que permite mapear o campo magnético da amostra. Essa técnica é baseada no efeito Faraday que ocorre em um sensor sobre a amostra. Na imagem magneto-ótica, observada em um microscópio com luz visível polarizada e polarizadores cruzados, claro representa a densidade de fluxo magnético perpendicular à amostra e escuro a ausência de campo. A amostra foi resfriada em um dedo frio no interior de um criostato com janela ótica. A magnetização ao longo do plano das tiras foi feita com pares de ímãs com liberdade para girar 360°. Os ímãs aplicaram na amostra um campo magnético de (15 ± 1) mT. O campo magnético perpendicular, responsável pela nucleação dos vórtices, foi criado por uma bobina de fio de cobre e variado de zero a 30 mT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Vórtices são entidades magnéticas, por isso, interagem-se fortemente com as extremidades magnetizadas das tiras de Py. A Figura 3 mostra o experimento realizado a $(5,00 \pm 0,01)$ K, no qual foi aplicado um campo perpendicular de $(1,2 \pm 0,1)$ mT. Os polos norte, indicados pelos símbolos (+) na Figura 3(a), repelem os vórtices e produz uma barreira repulsiva. As partes claras nas imagens magneto-óticas mostram que os vórtices penetram pela borda e são parcialmente barrados nas tiras. Nos filmes de Nb os vórtices possuem um diâmetro de aproximadamente 80 nm, por isso não podem ser visualizados individualmente na ampliação mostrada. Ao girar os ímãs em 180° e consequentemente inverter a magnetização, os vórtices não são retardados, mas atraídos pelos polos

sul, sinais (-), das extremidades magnetizadas das tiras de Py, como mostra a Figura 3(b). Ao ajustar os ímãs com uma angulação intermediária, a movimentação dos vórtices pode ser controlada por entre as tiras, como mostra a Figuras 3(c) (VLASKO-VLASOV et al., 2016).

Figura 3 – Imagens magneto-ópticas do tríodo de fluxo magnético.



Fonte: Adaptada de Vlasko-Vlasov et al. (2016).

CONCLUSÕES

Tiras paralelas de material magnético sobre um filme supercondutor permitem o controle de vórtices de Abrikosov. Ao girar a magnetização das tiras o movimento dos vórtices pode ser retardado ou acelerado. Isto é análogo à operação de um tríodo, no qual as tiras de Py funcionam como a grade de controle. Em escala reduzida este sistema pode ser usado para desenvolver circuitos supercondutores de vórtices, no quais alta velocidade e baixa dissipação são necessárias.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho teve o financiamento parcial da FAPESP, processo 2015/06.085- 3, e foi realizado no Laboratório Nacional Argonne, EUA, sob as supervisões de Vitalii K. Vlasko-Vlasov e Wai-Kwong Kwok, com financiamento do U.S. DOE.

REFERÊNCIAS

POOLE, C. P.; FARACH, H. A.; CRESWICK, R. J. **Superconductivity**. San Diego: Academic Press, 1995.

VLASKO-VLASOV, V. K.; COLAUTO, F.; BENSEMAN, T; ROSENMAN, D.; KWOK, W-K. Triode for Magnetic Flux Quanta. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, p. 36847, 1 dez. 2016.