

GERAÇÃO DE MICRO-ONDAS EM ALTA POTÊNCIA UTILIZANDO VÁLVULAS MAGNETRON

GALDINO, Yonice Marques.
MAGRI, Luiz Paulo.

RESUMO

As micro-ondas passaram a ser empregadas nas telecomunicações a partir da década de 1930, sendo geradas nesta época, exclusivamente por meio de válvulas termiônicas, dentre elas a magnetron. Dentro da área de telecomunicações, a magnetron é empregada em radares, *links* de alta potência e transmissores para satélite. A magnetron é uma válvula termoiônica que produz micro-ondas em alta potência por meio de cavidades ressonantes. Consiste de um oscilador completo em um único bloco. A tecnologia desta válvula foi desenvolvida a partir de 1918, entretanto, até os dias atuais continua imprescindível à geração de micro-onda em alta potência. Os semicondutores surgiram para substituir as válvulas, porém, embora sejam capazes de atingir alta frequência, não são capazes de atingir alta potência e nem possuem a robustez necessária para trabalho contínuo sob condições críticas, como elevadas temperaturas. O protagonismo dos semicondutores eclipsou as válvulas termoiônicas, que até então haviam lançado a sociedade na era da eletrônica. Essa tecnologia, apesar de não estar no foco da mídia, é de extrema importância para as telecomunicações.

Palavras-chave: Válvulas termoiônicas. Micro-ondas. Radar. Cavidades ressonantes. Magnetron.

INTRODUÇÃO

Antes dos transistores serem inventados, todos os circuitos eletrônicos eram implementados com válvulas termoiônicas ou válvulas eletrônicas (FRENZEL, 2013).

Em 1903 John Ambrose Fleming inventou a válvula diodo com base nos estudos de Thomas Edson sobre a lâmpada incandescente. Em 1907 Lee De Forest inventou a válvula triodo e isto representou o início do desenvolvimento da eletrônica.

Com o advento dos transistores, inventado por William Shockley, John Bardeen e Walter Brattain em 1947, a tecnologia das válvulas entrou em um processo de obsolescência com os circuitos eletrônicos passando então a usufruir de uma crescente miniaturização e redução do consumo de energia.

Em 1958, Jack Kilby inventou o circuito integrado e a partir da década de 1970, com o aprimoramento de celulares e computadores, o mundo passou a conviver com

uma crescente demanda pela comunicação instantânea e global. Grande parte dessa impulsão foi devida ao surgimento de novas tecnologias, tendo como principais elementos os transistores e os circuitos integrados. O objetivo deste estudo é refletir sobre a importância que estas válvulas ainda possuem nos dias atuais. Para isto, torna-se necessário lembrar conceitos sobre eletromagnetismo, micro-ondas e efeito Edison, além de compreender alguns fenômenos, tais como a operação do magnetron, resistência negativa e ressonância eletrônica. Isto só será possível com o aprofundamento teórico em energia do elétron, emissão de elétrons por ação térmica, deflexão magnética e elétrica. Desta forma, temos o intuito de resgatar o conhecimento de algo tão importante, porém quase esquecido. Os semicondutores são responsáveis por grandes avanços tecnológicos, porém, sem as válvulas termoiônicas, nada disso seria possível.

METODOLOGIA

A metodologia consistiu de uma extensa pesquisa bibliográfica, que envolveu a consulta de materiais impressos (livros), trabalhos acadêmicos obtidos via *Web of Science*, artigos e *datasheets* de fabricantes obtidos da *web*. As informações da parte histórica e a revisão de literatura, por sua natureza atemporal, foram obtidas de material gerado originalmente entre o período que vai das décadas de 1940 até 1970. Grande parte do material foi traduzido e sintetizado do original em língua inglesa. As figuras e gráficos foram parcialmente trabalhados para que as legendas se apresentassem em português e ficassem mais legíveis e as traduções utilizassem os termos técnicos atuais. Itens tais como; futuro, utilização e algumas referências de fabricantes foram elaborados com materiais recentes desta década.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Válvulas de micro-ondas são válvulas que empregam novos conceitos de projeto e construção explorando o tempo de trânsito dos elétrons e, assim, aprimorando a tecnologia das válvulas comuns, para então atuar na frequência de micro-ondas. Neste trabalho elas serão representadas pela magnetron, entretanto existem outros tipos

ainda em uso. Algumas delas são: *klystron*, válvula de ondas de caminantes, do inglês, *Traveling Wave Tube* (TWT), *gyrotrons*, oscilador de onda inversa, do inglês, *Backward Wave Oscillator* (BWO) e amplificador de campos cruzados, do inglês, *Crossed-Field Amplifier* (CFA).

Magnetron é um gerador de ondas eletromagnéticas empregado em altos níveis de potência exigidos para aplicações em micro-ondas. É um oscilador diferente de qualquer outro por ser uma unidade completa e isolada. Produz uma frequência de micro-ondas dentro de seus próprios limites sem o uso de cristais, indutor, capacitor e semicondutores (U.S.NAVY, 1998).

Apesar dos avanços dos componentes semicondutores para altas potências, as válvulas eletrônicas continuam tendo importantes aplicações. Exemplos estão nos radiotransmissores de altas potências, nos radares para fins militares, radares de patrulhamento para grandes alcances, nos equipamentos de aplicações de radioastronomia (RIBEIRO, 2012).

Há uma expectativa de futuro para a volta às válvulas. Isto deve-se à nanotecnologia que pode levar à elaboração de válvulas tão pequenas, que o tempo de trânsito chegará a valores menores do que os obtidos em semicondutores.

Em testes iniciais, um dispositivo a vácuo foi capaz de operar a 460GHz, 10 vezes mais rápido do que um FET à base de silício convencional. Este dispositivo combina os melhores aspectos das válvulas e transistores, pode ser tão pequeno e tão barato como qualquer dispositivo de estado sólido. De fato, o que os torna pequeno é o que elimina as desvantagens bem conhecidas das válvulas. (NASA, 2015).

CONCLUSÃO

Este artigo discorre sobre a importância e o funcionamento das válvulas de micro-ondas, aqui representadas pela magnetron. O trabalho mostra que estes dispositivos, eventualmente associados à ideia de defasagem tecnológica, estão presentes e são relevantes nos dias atuais. Mesmo com algumas desvantagens tais como tamanho, elevado consumo de energia e fragilidade mecânica, ainda são insubstituíveis para a geração de micro-ondas em alta potência. Outras características relevantes tais como imunidade a pulsos eletromagnéticos, capacidade de resistir por

longos períodos a sobrecargas e baixa sensibilidade à variação na tensão de alimentação, conferem-lhe características únicas. As válvulas de micro-ondas continuam sendo desenvolvidas e aperfeiçoadas. A válvula utilizada hoje sofreu muitas melhorias se comparada à empregada na 2ª Guerra Mundial ha 75 anos atrás. Além disso, recentes estudos da NASA indicam que ainda pode haver espaço para o desenvolvimento da tecnologia. Estes estudos baseiam-se em um método conhecido como emissão de campo, onde os elétrons são atraídos através do vácuo a partir do catodo para o anodo quando uma corrente é aplicada à grade. Através da utilização de emissão de campo em vez de emissão termoiônica de elétrons (aquecimento), estes dispositivos à vácuo não necessitam de uma fonte de calor.

REFERÊNCIAS

ANTHONY, Sebastian. **The vacuum tube strikes back: NASA's tiny 460GHz vacuum transistor that could one day replace silicon FETs.** Disponível em: <<http://www.extremetech.com/extreme/185027-the-vacuum-tube-strikes-back-nasas-tiny-460ghz-vacuum-transistor-that-could-one-day-replace-silicon-fets>>. Acesso: 22 abr. 2015.

CARVALHO, Regina Pinto de. **Micro-ondas: Temas Atuais de Física.** 1ª edição. São Paulo, 2005.

FRENZEL JR, Louis E. **Fundamentos de Comunicação Eletrônica: Linhas, micro-ondas e antenas.** Vol. 2. 3ª edição. Série Tekne. Porto Alegre, 2013.

Funcionamento e Recuperação da Válvula Magnetron. Disponível em: <<http://www.sabereletronica.com.br/artigos/2358-funcionamento-e-recuperao-da-vlvula-magnetron>>. Acesso em: 04 fev. 2015.

GILMOUR JR, A. S. **Klystrons, Traveling Wave Tubes, Magnetrons, Crossed-Field Amplifiers, and Girotrond.** 2011.

KHAN, Ahmad Shahid. **Microwave Engineering: Concepts and Fundamentals.** 2014.

KNIGHT, Randall D. **Física: Uma Abordagem Estratégica - Eletricidade e Magnetismo.** Volume 3 - 2ª Edição. São Paulo, 2009.

LIMA, E.F. de; FOSCHINI, M.; e MAGINI, M.. **O Efeito Termoiônico: Uma Nova Proposta Experimental.** Disponível em: <Erro! A referência de hyperlink não é válida.>. Acesso em: 17 jan. 2015.

PELOSI, Giuseppe. **The Cavity Magnetron: Not Just a British Invention.** IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol. 55, No. 5, October 2013.

PERRUZO, Jucimar. **A Física Através de Experimentos: Eletromagnetismo, Física Moderna e Ciências Espaciais.** Volume 3 - 2013.

Présentation. Disponível em: <<http://sites.ostralo.net/observerlunivers/>>. Acesso: 03 mai. 2015.

RIBEIRO, José Antônio Justino. **Engenharia De Micro-ondas: Fundamentos e Aplicações.** 1ª edição 2ª reimpressão, 2012.

RIBEIRO, José Antônio Justino. **Propagação das Ondas Eletromagnéticas: Princípios e Aplicações.** 2ª edição 2ª reimpressão, 2010.

RIBEIRO, José Edmar Arantes. **Sobre a Força de Lorentz, os Conceitos de Campo e a “Essência” do Eletromagnetismo Clássico: Dissertação (Mestrado) –** Universidade de São Paulo. Instituto de Física - Departamento de Física Aplicada. São Paulo, 2008.

SMIT, Jaroslav. **Micro-ondas.** São Paulo, 1987.

Thermionic Emission. Disponível em: <<http://www.physics.csbsju.edu/370/thermionic.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2015.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (UFSCar). **Da Válvula ao Transistor: A Revolução dos Semicondutores.** Disponível em: <http://www.clickciencia.ufscar.br/portal/edicao14/materia4_detalhe.php>. Acesso em: 15 fev. 2015.

U.S.NAVY. Naval Education and Training Professional Development and Technology Center. Nonresident Training Course. Navy Electricity and Electronics Training Series - Module 11 - Microwave Principles - NADTRA-14183. September, 1998.