

DIAGNÓSTICO DE PLASMAS DE ALTA E BAIXA TEMPERATURA

Daniel Araújo Miranda (Bolsista PIBIC/CNPq)
Aluno do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)
Orientador: Dr. Luiz Ângelo Berni, Pesquisador - LAP/INPE

Plasma é o termo usado para designar um estado físico da matéria (quarto estado). É possível observar plasmas no dia-a-dia em relâmpagos, à noite em volta das linhas de transmissão de alta tensão, no interior de lâmpadas fluorescentes, nas estrelas, na aurora boreal e muitos outros lugares. Pode-se produzir plasma forçando-se a ionização de um gás, geralmente através da aplicação de um campo elétrico maior que a rigidez de dielétrico do gás. Hoje em dia utilizam-se plasmas para iluminação, geração de luz LASER, tratamento de superfícies, propulsão espacial, experimentos de fusão e outros. O Laboratório Associado de Plasmas (LAP) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) desenvolve trabalhos tanto em plasma tecnológico (tratamento de superfície) como em pesquisa básica de fusão termonuclear (tokamak).

Para o estudo das condições necessárias para a fusão foi construída uma máquina chamada Experimento Tokamak Esférico (ETE) no LAP. O Tokamak possui um compartimento em forma de anel no interior de espiras metálicas em uma configuração tal que permite confinar, sem contato com as paredes, um plasma apenas com o auxílio de um forte campo magnético. Um gás (normalmente hidrogênio) é injetado no interior da câmara e através da variação do fluxo magnético gerado pelas bobinas o gás é ionizado, aquecido e confinado atingindo temperaturas (T_e) da ordem 500 eV e densidades eletrônicas (n_e) de $1 \times 10^{20} \text{ m}^{-3}$ (parâmetros para o ETE). Ao longo desse processo é necessário obter dados sobre o plasma no interior da máquina. Um dos parâmetros necessários é a temperatura e a densidade do plasma, que na borda pode ser medido por pequenos eletrodos chamados sondas de Langmuir e, na região central do plasma, pelo processo de Espalhamento Thomson. As medidas no Espalhamento Thomson são muito rápidas – da ordem de nanossegundos de duração – fazendo-se necessário operar osciloscópios de alta velocidade (Tektronix TDS 654C) na área de funcionamento da máquina. Para a operação desses osciloscópios foi redigido, como 1ª parte deste trabalho, um programa em linguagem C para que fosse possível operar e obter os dados remotamente, algo importante levando em consideração os níveis de radiação na vizinhança da máquina quando em funcionamento. O programa prepara os osciloscópios para leitura e comanda a aquisição de dados. Após a leitura do pulso proveniente dos sensores, o programa faz o download dos dados recebidos em cada um dos 4 canais de dois osciloscópios ligados através da interface GPIB (HP-IB 82335B) e pode mostrar os resultados na

tela do computador e gravar em arquivo compatível com vários programas (Microcal Origin, Mathematica, Microsoft Word e outros), o que possibilita tratamento matemático dos sinais via software.

A 2ª parte do trabalho foi realizado junto ao experimento de Implantação Iônica por Imersão em Plasma (IIP). O processo IIP possibilita a modificação das características superficiais de materiais condutores e não condutores apresentando grandes aplicações tecnológicas. Este processo consiste na imersão de peças manufaturadas de tamanho variados e geometria genérica no plasma e em seguida ions de interesse são extraídos do plasma e acelerados através de pulsos negativos de alta tensão (10 a 100kV, 10 a 100 μ s de duração, 10 a 1000Hz de repetição) em direção da amostra. Para caracterizar este plasma de baixa temperatura foi confeccionada e utilizada uma sonda eletrostática de Langmuir, além de um pequeno conversor analógico/digital (ADC0808) utilizando a porta paralela de um microcomputador e um programa para a aquisição dos dados (linguagem C) para este diagnóstico. A sonda de Langmuir é simplesmente um eletrodo de geometria conhecida, que fica imerso no plasma e, adequado para uso em vácuo. O corpo da sonda foi construído com um tubo de vidro pirex ($\phi = 6$ mm, $l = 35$ cm) com um fio comum saindo pela extremidade que fica fora da câmara de plasma e uma pequena ponta de tungstênio ($\phi = 0,7$ mm, $l = 6$ mm) exposta na extremidade que ficará no interior do plasma, com tudo colado com resina adesiva especial para vácuo. É possível obter parâmetros do plasma analisado através do estudo da corrente que passa pela sonda quando aplicamos uma diferença de potencial definida entre ela e o plasma. Valores típicos já obtidos no experimento são: $T_e = 8$ eV e $n_i > 1 \times 10^{10}$ cm⁻³ (densidade iônica). Esses valores são obtidos através da análise estatística da quantidade de íons e elétrons no plasma e de sua mobilidade em função da temperatura. Para tornar mais prática a aquisição, foi montado, com algumas alterações, o circuito publicado na Revista Brasileira de Ensino de Física (vol. 20, num. 4, 1998) que funciona como um multímetro enviando os valores lidos na sonda para um microcomputador através da porta paralela (onde é normalmente conectada a impressora) permitindo a análise direta dos dados.