

02-D.1.7

GERAÇÃO E DETECÇÃO DE ONDAS DE LANGMUIR EM PLASMA QUIESCENTE CONFINADO POR CAMPO MULTI-DIPOLO MAGNÉTICO. J.L. FERREIRA; E.D. CAMPOS; J.G. FERREIRA (Laboratório Associado de Plasma - LAP, Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE. * Aluno de Pós-graduação do Instituto Técnico de Aeronáutica - ITA).

O estudo de ondas eletrônicas de plasma lineares e não lineares é de grande interesse para as pesquisas em fusão termonuclear por laser, no entendimento do fenômeno das auroras e da física da aceleração de partículas carregadas que penetram na atmosfera através das anomalias do campo magnético da Terra.

O objetivo deste projeto é o de realizar estudos experimentais de ondas de Langmuir em uma máquina de plasma quiescente cujo volume experimental, a uniformidade do plasma e a ausência de campos externos permitem estudos detalhados destas ondas. Serão efetuadas medidas da relação de dispersão para ondas lineares e das condições de interação onda-partícula para ondas não lineares. A avaliação dos mecanismos de saturação de ondas de Langmuir turbulentas será também objeto de estudo experimental deste projeto.

Do ponto de vista de aplicações tecnológicas a médio prazo destas pesquisas podemos citar a aceleração de elétrons por campos elétricos intensos gerados pelo batimento de ondas de Langmuir de grande amplitude. Estudos recentes realizados em um plasma quiescente fracamente magnetizado mostraram a viabilidade científica deste processo [1].

O experimento de propagação de ondas de Langmuir será realizado na máquina de plasma quiescente, PQUI-II do LAP-INPE. Ela consiste de um recipiente de vácuo com diâm. = 0,6m e compr. = 1,2m feita de aço inox não magnetizável. A câmara é evacuada por bombas de vácuo difusora (2000 l/s) e mecânica (40m³/h) até uma pressão de fundo de 10^{-8} mbar. O sistema de confinamento magnético superficial tem a função de aumentar a eficiência de ionização e produzir plasmas mais densos [2]. Ele é formado por três estruturas de campos multi-dipolo magnéticos, isoladas eletricamente da câmara e entre si para formar três plasmas independentes. Cada uma destas estruturas é formada por um conjunto de 32 barras de ímãs permanentes de ferrita encapsulados para evitar degasseificação durante a geração de plasma. As laterais são acrescidas de 10 barras dispostas transversalmente paralelas entre si. A estrutura de campo multi-dipolo magnético mantém uma distância entre barras de 5,0cm, capaz de produzir um campo superficial de 200 Gauss que confina principalmente os elétrons primários da descarga, (Fig.1). Sistema de grades polarizadas poderão ser colocadas para separar os plasmas dependendo da maneira com que as ondas de Langmuir serão excitadas. O plasma é obtido através da introdução de gás nobre (Ar ou He) até uma pressão de $5,0 \times 10^{-8}$ mbar. A descarga termoiónica mais eficiente é produzida por catodos de Níquel cobertos por óxido de bário (BaO), indiretamente aquecidos até uma temperatura de 900°C. Alternativamente poderá ser utilizado um sistema mais simples, que consiste de um conjunto de filamentos de tungstênio ligados em paralelo através dos quais passa uma corrente elétrica. Esta corrente os aquece por efeito Joule resultando no processo de emissão termoiónica de elétrons. Os catodos são polarizados negativamente ($V_d = 50$ volts) com relação ao anodo formado pela estrutura de ímãs permanentes, e emitem elétrons (primários) que ionizam por colisão os átomos do gás nobre. Com uma corrente de descarga da ordem $I_d = 10A$ será possível formar um plasma com densidade da ordem de $5,0 \times 10^{10}$ part./cm³ e temperatura de 2,0 eV.

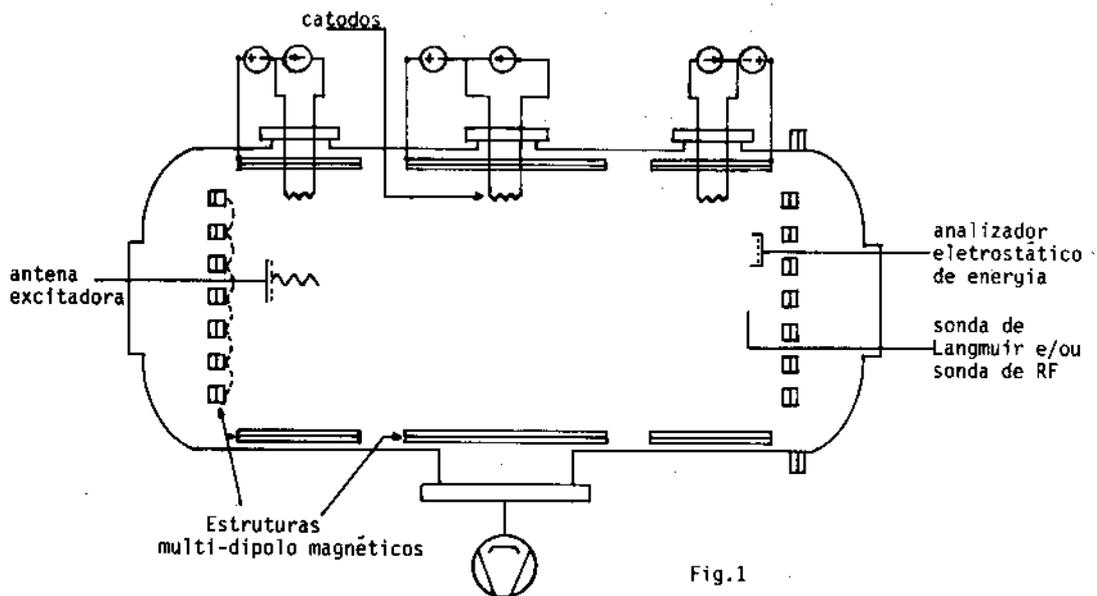


Fig.1

Os diagnósticos de plasma que serão utilizados neste experimento são os seguintes:

- Sonda eletrostática de Langmuir para medida de densidade e temperatura de elétrons do plasma. Ele consiste de um eletrodo polarizado imerso no plasma que possui uma curva característica de Corrente x Tensão aplicada de onde se extraem vários parâmetros do plasma como correntes de saturação

elétrons e de íons, potencial flutuante, densidade e temperatura de elétrons e etc.

- Sonda emissiva para medida de potencial de plasma. Ela consiste de um eletrodo aquecido que emite elétrons na mesma proporção em que são coletados pelo eletrodo. O potencial da curva característica da sonda emissiva em que há balanceamento entre corrente emitida e coletada é dito potencial de plasma.

- Analisador eletrostático de energia de partículas consiste de um sensor de Faraday composto por duas grades e um coletor de partículas carregadas. Este sistema seleciona os íons de acordo com sua energia no interior do plasma.

- Sonda de RF para medida de frequência e comprimento de ondas de plasma. Ela pode ser formada por um ou dois eletrodos, ou mesmo por fios em forma de anel. Estes sensores são capazes de medir flutuações locais de densidade ou de campo elétrico. Podem ser acopladas diretamente a analisadores de espectro ou a sistemas interferométricos para medida de comprimento de onda e frequência.

Para gerar ondas eletrônicas de plasma utilizaremos uma antena tipo grade capacitiva, produtora de onda EM de excitação, alimentada por um gerador de sinais [3]. A interação do campo elétrico desta onda com o plasma gera ondas acústico-iônicas e ondas de Langmuir, que poderão ser detetadas usando uma sonda de RF, Fig. 2. A varredura é feita com um motor de passo que move a sonda ao longo do eixo da PQUI-II. O sinal detetado é comparado em um misturador de frequências com o sinal gerado (método interferométrico). Seleciona-se a faixa de frequência desejada por meio de um amplificador sintonizável. Monitorando-se num osciloscópio acoplado ao analisador de espectro obtém-se a relação de dispersão variando a frequência do sinal aplicado e medindo o comprimento de onda. Os resultados obtidos serão comparados com a relação de dispersão de Bohm-Gross para ondas eletrônicas de plasma [4].

Em experimentos realizados na ausência da estrutura de campo multi-dipolo magnético, obteve-se plasma com $n_e \approx 10^{17}$ part/cm³; $t_e \approx 3,0$ eV para $I_d \approx 0,5$ A e $p_{Ar} \approx 5,0 \cdot 10^{-4}$ mbar. Ondas EM foram excitadas e detetadas, monitoradas em um osciloscópio acoplado a um analisador de espectro. Para ondas EM em $f_1 = f_{pe}$ foi observado um aumento da amplitude do sinal detetado pela antena indicando a presença de efeitos ressonantes. Propagação de ondas em $f < f_{pe}$ foram constatadas, implicando na presença de um termo colisional não nulo. A caracterização da descarga termo-iônica com a estrutura multi-dipolo magnética está em andamento. Os primeiros resultados indicam um aumento na eficiência de ionização em torno de 50 vezes para os mesmos valores de I_d e p_{Ar} .

A Figura 3 mostra o sinal gerado (sinal superior) e o sinal detetado (sinal inferior), para uma distância arbitraria entre sonda e antena. O sinal gerado possui $f = 295$ MHz e $ampl. = 15$ dBm com um plasma de A_r com $I_d \approx 0,2$ A; $V_d = 60$ V e $p = 5,0 \cdot 10^{-4}$ mbar. Observa-se uma diferença de fase entre os sinais gerado e detetado.

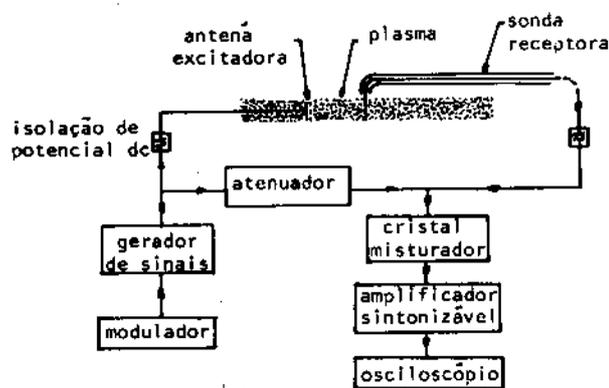


Fig.2

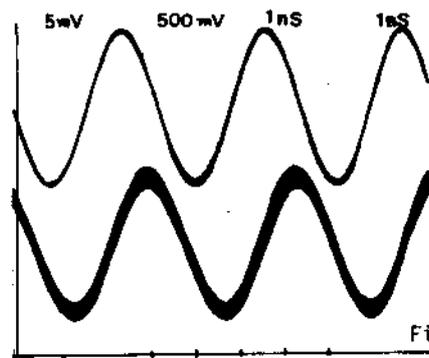


Fig.3

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- [1] - C.W. Domier; Y. Nishida and N.C. Luhmann Jr. Control of Pump Depletion in $v_e \times B$ Acceleration of Electrons. Phys. Review Letters, 63, 1803, 1989
- [2] - J.L. Ferreira. Fenômenos acústico-iônicos lineares e não lineares em descargas multi-dipolo magnéticas. Tese de Doutorado em Física de Plasma. São José dos Campos, INPE, set. 1986. (INPE 4100-TDL/257).
- [3] - P.J. Barrett and H.G. Jones. Dispersion of Electron Plasma Waves. Plasma Phys. 10,911, 1968.
- [4] - J.A. Bittencourt. Fundamentals of Plasma Physics. Oxford, Pergamon Press, 1986.