

## SISTEMA DE VÁCUO DO ACELERADOR LINEAR DE ELETRONS DO IFUSP

Jiro Takahashi

Instituto de Física da USP  
Cidade Universitária - São Paulo

A vedação metálica na maioria das conexões de vácuo e a substituição das bombas de difusão por bombas iônicas e bombas de sublimação iônicas melhoraram de um fator  $> 10$  o vácuo do Acelerador Linear de Eletrons do IFUSP. Essa melhoria possibilitou a duplicação da energia do feixe de eletrons. As bombas de sublimação iônicas foram desenvolvidas e construídas no Laboratório do Acelerador Linear do IFUSP. O vácuo no sistema é mantido por três bombas iônicas e duas bombas de sublimação iônicas. O vácuo final no sistema é da ordem de  $10^{-5}$  Pa.

### I - Introdução

O acelerador linear de eletrons é uma máquina que acelera eletrons através de uma onda eletromagnética chamada micro-onda. De modo semelhante a um surfista que é levado pela onda do mar, os eletrons são acelerados pelo campo elétrico de uma onda eletromagnética caminhante ou estacionária estabelecida num tubo metálico cilíndrico chamado estrutura aceleradora. A energia final dos elétrons acelerados será maior quanto maior for a potência da onda estabelecida na estrutura aceleradora. A figura 1 mostra dois tipos de estrutura aceleradora de elétrons .

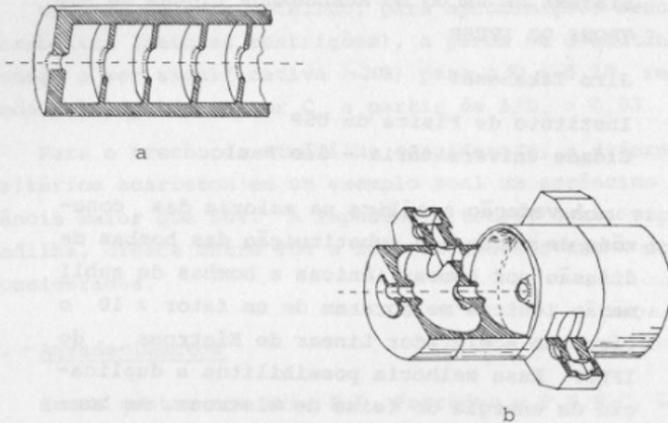


Fig. 1 - Tipos de estrutura aceleradora de eletrons.

## II - Componentes e sistemas de um acelerador de eletrons

Um acelerador linear de eletrons é constituído de uma fonte de elétrons (canhão), gerador de micro-ondas de alta potência (Klystron), do sistema de refrigeração e do sistema de vácuo.

Um diagrama ilustrando os principais componentes e sistemas de um acelerador linear é mostrado na figura 2.

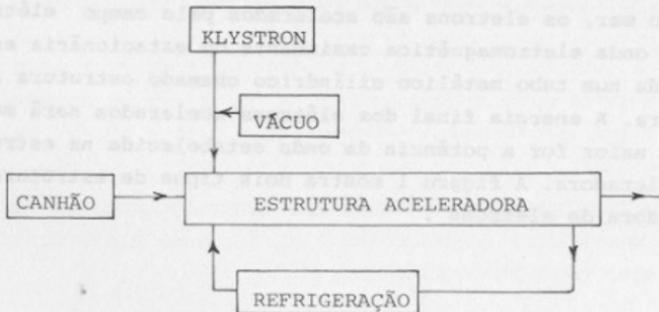


Fig. 2 - Componentes e sistemas de um acelerador linear.

### III - Histórico do Acelerador Linear de Eletrons do IFUSP.

O Acelerador do IFUSP foi doado pela Universidade de Stanford (U.S.A.) em 1968. Ele foi montado pelo pessoal do Instituto e começou a operar em 1972. Como o vácuo era deficiente, até 1983 a máquina nunca operou na sua capacidade máxima (energia final dos eletrons máxima). O sistema de vácuo era deficiente porque:

1) As bombas de difusão utilizadas até 1975 não conseguiam vácuo melhor que  $5 \times 10^{-4}$  Pa e apesar da armadilha de nitrogênio líquido elas sempre liberam vapores de óleo (back streaming) que contaminavam as paredes internas da estrutura aceleradora impedindo o aumento da potência de micro-ondas.

2) As bombas iônicas instaladas em 1975, por causa da baixa velocidade de bombeamento, eram sufocadas pelos gases que eram liberados durante as descargas elétricas, quando se aumentava a potência de micro-ondas. Por isso, era impossível condicionar a máquina a operar em condições de energia máxima sem uma melhoria substancial no sistema de vácuo.

### IV - Reforma do sistema de vácuo do Acelerador do IFUSP.

Para que o aumento da potência da micro-onda estabelecida numa estrutura aceleradora seja possível são necessários três requisitos.

1) A estrutura aceleradora deve estar ultra-limpa, livre dos gases absorvidos nas paredes internas.

2) O vácuo deve ser um vácuo limpo e melhor que  $5 \times 10^{-5}$  Pa, para evitar possíveis faíscas devido ao campo elétrico intenso da ordem de 200 kV/cm, que se pode estabelecer numa estrutura aceleradora.

3) A velocidade de bombeamento das bombas de vácuo deve ser alta para não serem sufocadas pelo gases liberados durante as descargas elétricas.

Os requisitos acima foram conseguidos da seguinte maneira:

a) Evitando quando possível "O rings" de borracha nas conexões. Para isto foram construídas válvulas de vácuo com

vedação totalmente metálica e nas 90% das conexões foram usadas as vedações metálicas circulares e retangulares ("gasket" circular e retangular). A figura 3 mostra os 2 tipos de vedações metálicas usadas no Acelerador do IFUSP.

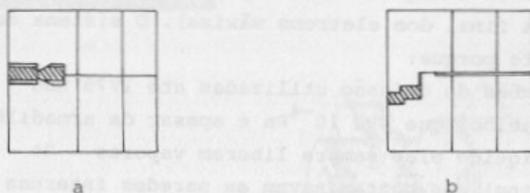


Fig. 3 - a) Vedação metálica circular. b) Vedação metálica retangular.

b) Evitando na medida do possível materiais com baixa pressão de vaporização (latão, plástico e etc.).

c) Substituição das bombas de vácuo de difusão por bombas de vácuo iônicas e bombas de sublimação iônicas com alta velocidade de bombeamento. As bombas de sublimação iônicas são bombas de sublimação de titânio acopladas a bombas iônicas. Essas bombas foram desenvolvidas e construídas no laboratório com material encontrado no mercado nacional. O vácuo final dessas bombas é melhor que  $10^{-6}$  Pa e a velocidade de bombeamento é superior a 2.500 l/s. Não conseguimos vácuo melhor porque o "bakeout" foi ineficiente. Atualmente estamos trabalhando na melhoria da performance dessas bombas (vácuo final de  $10^{-8}$  Pa) e na medida de velocidade de bombeamento para vários tipos de gases.

d) A limpeza dos componentes foi feita em três etapas:

- d1) Limpeza química e mecânica.
- d2) Aquecimento do sistema até  $100^{\circ}\text{C}$ , no mínimo.
- d3) Limpeza por descarga aproveitando a própria microonda que acelera os elétrons.

e) A instalação de todos os componentes foi executada usando-se luvas de nylon para evitar vestígios de contamina-

ção no sistema.

#### V - Sistema de vácuo do Acelerador do IFUSP.

O atual sistema de vácuo do Acelerador Linear de Elétrons do IFUSP é constituído de 3 bombas iônicas de 75  $\ell/s$  ( $B_1$ ,  $B_2$  e  $B_4$ ), uma bomba iônica de 150  $\ell/s$  ( $B_3$ ) e duas bombas de sublimação iônicas de 2.500  $\ell/s$  ( $B_5$  e  $B_6$ ). A figura 4 mostra o diagrama do atual sistema de vácuo. O volume total do sistema é 60 litros e a medida do vácuo é feita por medidor de ionização tipo Bayard-Alpert.

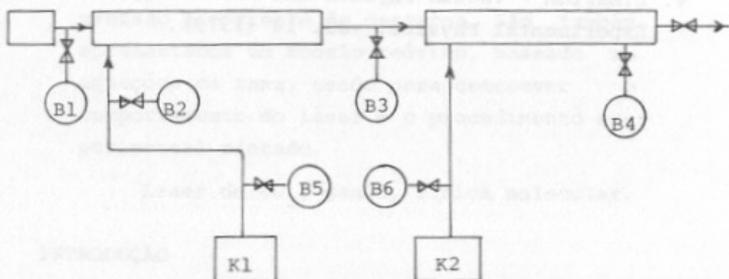


Fig. 4 - Atual sistema de vácuo do Acelerador do IFUSP.

#### VI - Resultados e conclusão

O vácuo final conseguido em todo o sistema é melhor que  $5 \times 10^{-5}$  Pa. Em algumas regiões onde não há materiais de baixa pressão de vaporização o vácuo é da ordem de  $10^{-5}$  Pa. Com a melhoria do sistema de vácuo a potência de micro-ondas na estrutura aceleradora pode ser quadruplicada e a energia final do feixe de elétrons dobrou (70 MeV), com perspectivas de melhorar ainda mais. Essa melhoria do vácuo além de melhorar o performance da máquina deu-nos a capacitação e confiança para construção de um acelerador linear de elétrons ultra-moderno, onde o vácuo no sistema deve ser da ordem de  $10^{-6}$  Pa.

## VII - Referências

1. Jiro Takahashi - Sistema de microondas, de injeção e de análise de condicionamento do feixe de elétrons do Acelerador Linear de Eletrons do IFUSP (1975), ( Tese de Mestrado).
2. R.B.Neal, Editor - The Stanford two-mile Accelerator, W.A.Benjamin, Inc.(1968).
3. P.M.Lapostolle and A.L.Septier - Linear Accelerators, North-Holland Publishing Company (1970).
4. L.Marton - Vacuum Physics and Technology, Methods of Experimental Physics, vol. 14 (1979).