



Planta automática de deposição de filmes pelo sistema de Impulso de Alta Potência para Magnetron Sputtering (HIPIMS) Plasma-HIPIMS.

Planta piloto para deposição de filmes finos utilizando o processo conhecido como *High Power Impulse Magnetron Sputtering* (HIPIMS), equipamento concebido para depositar recobrimentos duros pela geração de um plasma reativo composto por alta porcentagem de átomos metálicos ionizados e gases apropriados.

O **Plasma-HIPIMS** é uma planta integrada de magnetron sputtering por plasma pulsado de alta intensidade de corrente em câmara à vácuo. O sistema opera como uma unidade autônoma controlada por CLP (Controlador Lógico Programável) e supervisionada desde um PC usando uma interfase gráfica.

Principais parâmetros da planta

Item1	Parâmetro	Descrição
1	Altura da região útil	200 mm
2	Quantidade de alvos de sputtering	04
3	Tipos de alvo	02 para HiPIMS e 02 para Magnetron
4	Dimensões aproximadas de cada alvo	220 x 110 mm
5	Carrousel	01
6	Satélites	04
7	Processo de montagem das peças no satélite	Possibilidade de retirar os cilindros e fazer montagem das peças externamente
8	Velocidade máxima de rotação do carrousel.	Controlável por softer até 10 rpm
9	Velocidade de rotação dos satélites	Controlável por softer até 30 rpm
10	Temperatura do substrato	Ajustável até 450 °C.
11	Potência de aquecimento	2 kW
12	Método de medida	02 termopares, uma de controle do substrato e outra de monitoração dos elementos aquecedores
13	Sistema de vácuo	01 bomba mecânica de 50m ³ /hora 01 bomba turba molecular de 1100 litros/seg.
14	Pressão de trabalho	Entre 10 ⁻³ Torr, e 10 ⁻⁴ Torr
15	Quantidade de janelas para	Quatro (04)

	observação	
16	Tipo de gases	Argônio (puro) Nitrogênio (puro) Hidrogênio (puro) Nitrogênio (comercial, quebra vácuo) Nitrogênio (comercial, pressurização válvulas)
Fontes de plasma		
17	HiPIMS	02 Fontes.
18	Corrente	Corrente ajustável continuamente até 250 A em passos de 0.5A
19	Potência média de cada fonte.	10 kW
20	Potência por pulso	Até 500 W/cm ² /alvo
21	Tensão máxima	Tensão máxima de saída 1100 V
22	Largura de pulso	Ajustável entre 30 e 250 micro segundos
23	Ajuste de largura de pulso	Em passos de 1 micro seg.
24	Frequência de pulsos em cada alvo	Até 500 Hz em cada alvo.
25	Magnetron.	02 fontes de corrente continua com valor da corrente ajustável continuamente cada uma até um máximo de 15 A.,900 V.
26	Fonte de polarização de substrato	Ajustável continuamente até 1000 Vdc.
27	Regime de operação da planta	Contínuo Períodos de até 24 horas
28	Aquisição de dados pelo supervisorio	Granularidade variável com uma taxa máxima de até uma aquisição cada 10 segundos

Descrição detalhada

1) Câmara de tratamento (reator).

Reator de sputtering para HiPIMS.

Trata-se de uma câmara para alto vácuo construída em aço inoxidável, sistemas de porta alvos refrigerados (*magnetrons*), carrossel e eixos para alojar os materiais serem processados, o conjunto é dotado de movimento rotatório (carrossel) e planetário com controle de velocidade e sistema de aquecimento com temperatura controlada. As dimensões internas da câmara são de 600 mm de base e 650 mm de altura. As condições de vácuo necessárias no processo exigem a utilização de solda especial TIG na construção da câmara apresentando um vazamento $\leq 2 \times 10^{-5}$ slm (litros *standard* / minuto) verificado por teste de He.

As caras laterais opostas do reator estão preparadas para alojar ate quatro (04) alvos de magnetros sputtering de dimensões aproximadas de **220 mm x 110 mm** e dois (2) conjuntos de aquecimento. O reator possui um sistema de refrigeração com circuito de água fechado, para resfriamento da câmara e alvos. A porta lateral de acesso possui alojamentos para vedação

utilizando *o-rings* de *Viton* e dobradiças especiais (tipo “H”) para permitir o auto-alinhamento da mesma e garantir o vácuo final da câmara. A base do reator, também construída em aço inoxidável, possui conexões universais para permitir acoplar passantes elétricos e rotativos, medidores de pressão, sensores, válvulas de vácuo, entrada de gases, instrumentação e controle. O reator está montado sobre um bastidor adequado construído em aço carbono, coberto com tinta anti-ferrugem, robusto e adequado para suportar o reator. Todos os acessos de vácuo ao sistema são padronizados com flanges NKF40 para facilitar as conexões. O sistema de refrigeração utiliza conexões de “engate rápido” das mangueiras facilitando a montagem do equipamento. A atmosfera do reator durante o processo é controlada e monitorada eletronicamente mediante controladores de fluxo de massa (*mass flowmeter controllers*) enquanto que a pressão de trabalho é regulada via válvula “borboleta” localizada à saída do reator (*Down Stream Control*). O carrossel motorizado possui velocidade ajustável via CLP (controlador lógico programável) para garantir a uniformidade e qualidade do recobrimento depositado no substrato. O conjunto de aquecedores internos assim como realimentação eletrônica para controle proporcional da temperatura dos materiais a serem tratados são também via CLP. Uma vista esquemática do reator é apresentada em figura 1.

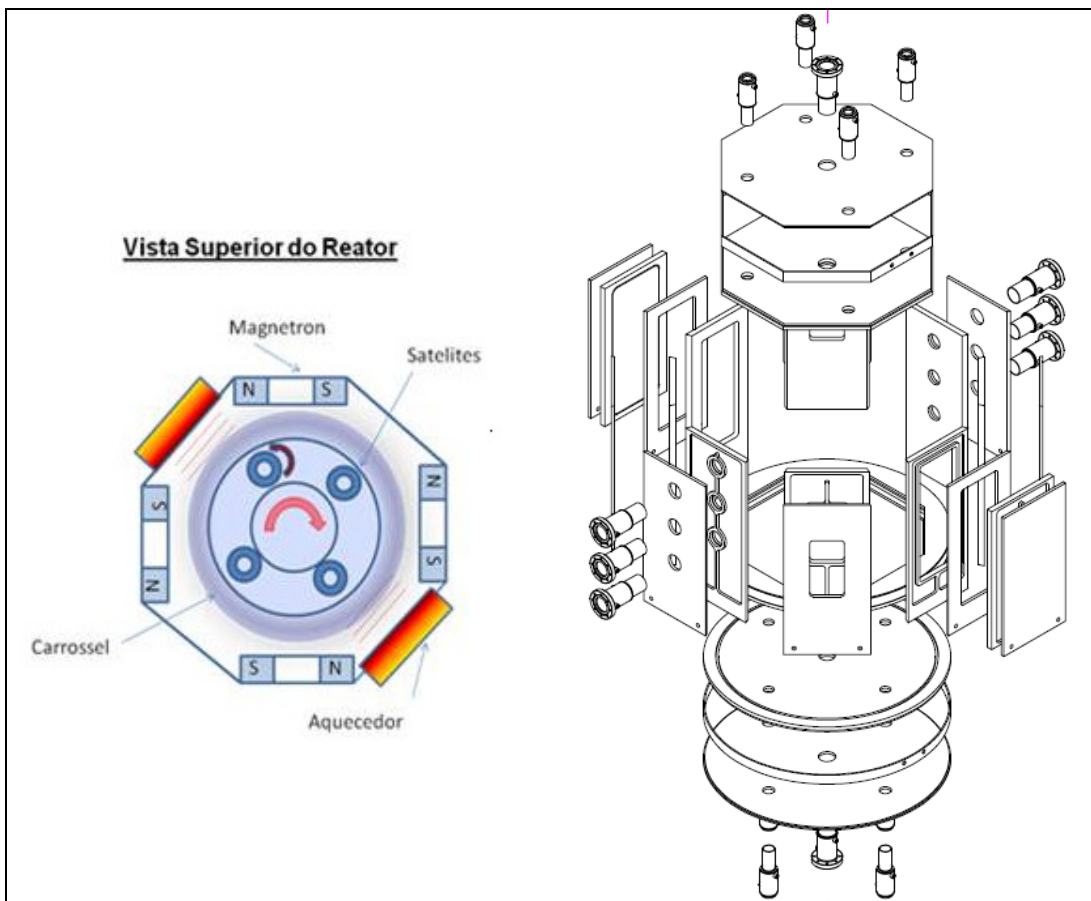


Figura 1 – Vista de topo do reator para o processo de HiPIMS.

2) Conjunto de 02 fontes pulsadas de alta corrente, HiPIMS.

Plasma-LIITS Comércio de Equipamentos Industriais Ltda EPP
R. Bertrand Russel 1001, Barão Geraldo, 13083-865, Campinas SP
(019) 9204-2313 (019) 9166-6751, (019) 3521-5291

Trata-se de duas (02) fontes pulsadas responsáveis pela geração do plasma para o processo de elevado impulso (HIPIMS) é construída com componentes semicondutores de potência de última geração.

As principais características de cada fonte são:

- Tensão de pulso variável de 0 – 1100 V
- Corrente de pulso: máxima em cada um dos alvos 250 A, ajustável continuamente.
- Potência máxima de pulso em cada alvo 500 W/cm².
- Duração do pulso ajustável continuamente entre 30-250 µs,
- Potência média máxima 10 kW .
- Frequência máxima dos pulsos 500 Hz por alvo, limitada à potência máxima.
- Estabilidade da corrente, melhor que 0.5 %.
- A fonte está protegida por um sistema supervisor de arcos que interrompe a corrente do plasma em um tempo de 1 µs, para evitar danos as peças a serem revestidas.
- Possuir ajuste contínuo de duração de pulso de corrente, e gerar pulsos quadrados com tempo de subida menor que 1 microsegundo (dependendo das características da carga).
- Indicações digitais da corrente de pulso e tensão de saída.
- Proteções de temperatura do transformador, indutor e componentes semicondutores assim como filtro de sobre tensão.
- Sistema de travamento externo que permitem habilitar a fonte somente em condições seguras de operação.



Figura 2. - Vista externa (a esquerda) e interna (a direita) da fonte **Plasma-LIITS** para processo HiPIMS

3) Conjunto de 02 fontes para os alvos com “magnetron”.

Plasma-LIITS Comércio de Equipamentos Industriais Ltda EPP
R. Bertrand Russel 1001, Barão Geraldo, 13083-865, Campinas SP
(019) 9204-2313 (019) 9166-6751, (019) 3521-5291

As principais características de cada fonte são:

- Tensão de pulso variável de 0 – 900 V
- Corrente contínua máxima em cada um dos alvos 15 A, ajustável continuamente..
- Potência média máxima 5 kW .
- Estabilidade da corrente, melhor que 0.5 %.
- A fonte está protegida por um sistema supervisor de arcos que interrompe a corrente do plasma em um tempo de 1 μ s, para evitar danos as peças a serem revestidas.
- Indicações digitais da corrente de pulso e tensão de saída.
- Proteções de temperatura do transformador, indutor e componentes semicondutores assim como filtro de sobre tensão.
- Sistema de travamento externo que permitem habilitar a fonte somente em condições seguras de operação.

4) Fonte de polarização de substrato.

Trata-se de uma fonte de tensão ajustável 0-1000 V.

A fonte permite polarizar negativamente as peças durante o processo de recobrimento.

5) Sistema de controle de entrada de gases.

Gabinete para controle de entrada e distribuição de 03 gases para gases puros (N_2 , H_2 , e Ar) na câmara de tratamento descrita no item 1, uma linha de gás de N_2 comercial para quebra do vácuo na câmara e uma linha de nitrogênio comercial para pressurização das válvulas dos medidores de fluxo de massa. Integram os gabinetes conectores, redutores, tubos de inoxidável, manômetros, gaveta de controle de abertura dos medidores de fluxo de massa, válvulas FESTO pneumáticas, e manômetros redutores de saída dos cilindros de gases.



Figura 3. Gabinete de controle e distribuição de gases utilizando controladores de massa e controle de pressão com válvula borboleta.

5- Sistema de aquecimento do reator.

Sistema composto por duas unidades de aquecimento resistivo permitindo controlar a temperatura das peças até 450°C integrado por: painel de potência de aquecimento do forno, termopares, controladores e indicadores digitais de temperatura, sistema de sinalização, chaves e indicadores de status do sistema de aquecimento.

6- Sistema de resfriamento.

Para atender aos requerimentos de resfriamento dos alvos de *sputtering*, passantes e sistema de vedação do reator utiliza-se um sistema com circuito fechado de resfriamento com água com controle de temperatura e mangueiras com conexões de engate rápido.

7-. Sistema de controle

O sistema de controle permite definir os parâmetros do processo, supervisionar a operação, armazenar programas completos de processo (receitas) e emitir relatórios (tabelas e gráficos) das diversas variáveis do processo de formação do filme. O programa permite modificar parâmetros durante o processo. O supervisor apresenta um esquema sinóptico amigável, permitindo visualizar os pontos de operação e controle na tela principal. A barra de ferramentas da tela principal permite acessar em todo momento, relatórios de eventos, receitas, gráficos de controle, parâmetros envolvidos tais como pressão, fluxos, corrente, tensão, tempo de processos, etc. O sistema de controle inclui o computador pessoal.

NOTA 01. O local designado para instalação da **Planta de Plasma-HIPIMS** deve possuir: um painel com alimentação elétrica trifásica 220Vac 60 Hz com uma potência disponível de 70 kW, 05 cilindros de gases com os correspondentes manômetros redutores de posto nos cilindros, 05 linhas de gases com tubulação desde os cilindros até as entradas do gabinete de controle de gases. Finalmente, um sistema de gerador de emergência de energia com uma potência de 05 kW para alimentação do sistema de resfriamento em caso de queda de fornecimento de energia.