

No. 23, 198
Luzia Prado p. 229

CARACTERIZAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE LÂMPADAS TIPO "FLASH" DE XENÔNIO UTILIZADAS PARA BOMBEAMENTO DE LASERS DE ESTADO SÓLIDO

LÚCIA PRADO, GESSÉ EDUARDO CALVO NOGUEIRA, WAGNER DE ROSSI E
NILSON DIAS VIEIRA JUNIOR - IPEN/CNEN/SP

LÂMPADAS TIPO "FLASH" UTILIZADAS PARA BOMBEAMENTO LASER CONSISTEM ESSENCIALMENTE EM LÂMPADAS DE DESCARGA EM GÁS, COM ARCO DE DESCARGA LONGO. O DESEMPENHO DESSE TIPO DE LÂMPADA IRÁ DEPENDER DAS CARACTERÍSTICAS DO CIRCUITO ELÉTRICO DE ALIMENTAÇÃO, DOS PARÂMETROS MECÂNICOS DE CONSTRUÇÃO DA LÂMPADA (TIPO DE ENVÓLUCRO, SELAGEM, ELETRODOS) E DE PARÂMETROS FÍSICOS TAIS COMO TIPO E PRESSÃO DE GÁS UTILIZADOS.

NUM PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO DA LÂMPADA É BOM TER - SE EM MENTE OS MECANISMOS DE PERDAS ENVOLVIDOS EM LASERS DE ESTADO SÓLIDO, EXEMPLIFICADOS NO ESQUEMA DA FIGURA 1.

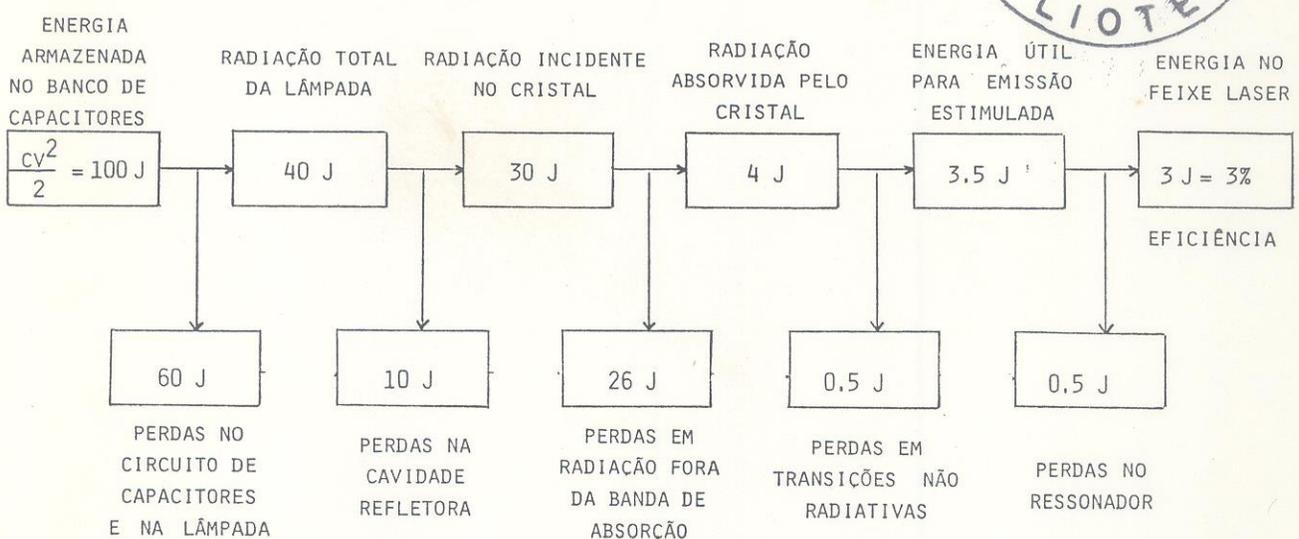


FIGURA 1. MECANISMOS DE PERDAS EM LASERS DE ESTADO SÓLIDO.

DO ESQUEMA APRESENTADO PODE-SE NOTAR QUE UMA DAS MAIORES PERDAS OCORRE NA TRANSFERÊNCIA DE RADIAÇÃO EMITIDA PELA LÂMPADA PARA O CRISTAL. VERIFICA-SE, PORTANTO, A IMPORTÂNCIA EM SE TER UM ESPECTRO DE EMISSÃO DA LÂMPADA O MAIS AJUSTADO POSSÍVEL AO ESPECTRO DE ABSORÇÃO DO CRISTAL.

O PRESENTE TRABALHO TEM POR FINALIDADE A ANÁLISE DA OTIMIZAÇÃO DE LÂMPADAS TIPO "FLASH" NACIONAIS, UTILIZADAS PARA BOMBEAMENTO DE LASERS DE Nd:YLF DESENVOLVIDOS EM NOSSO LABORATÓRIO, EM RELAÇÃO À SUA EMISSÃO ESPECTRAL RADIATIVA.

CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

O MODELO RADIATIVO MAIS SIMPLES EXISTENTE DESCREVE A LÂMPADA TIPO "FLASH" COMO UM CILINDRO UNIFORME DE PLASMA QUENTE QUE PREENCHE TODO O DIÂMETRO INTERNO DA LÂMPADA. A SUA EMISSÃO RADIATIVA É COMPOSTA DE VÁRIAS COMPONENTES DIFERENTES, CADA UMA CORRESPONDENDO A UM MECANISMO FÍSICO DISTINTO DE EMISSÃO DE LUZ. DEPENDENDO DA DENSIDADE DE POTÊNCIA APLICADA NA LÂMPADA HAVERÁ PREDOMINÂNCIA DE UM MECANISMO EM PARTICULAR².

A EMISSÃO RADIATIVA TOTAL É COMPOSTA POR LINHAS DISCRETAS E UMA EMISSÃO CONTÍNUA. O ESPECTRO DISCRETO CORRESPONDE A TRANSIÇÕES ENTRE OS ESTADOS DE ENERGIA LIGADOS DOS ÁTOMOS E ÍONS DO GÁS (TRANSIÇÕES "BOUND-BOUND"). A EMISSÃO CONTÍNUA RESULTA PRINCIPALMENTE DA RADIAÇÃO PROVENIENTE DA RECOMBINAÇÃO DE ÍONS GASOSOS QUE CAPTURAM ELÉTRONS EM ESTADOS LIGADOS (LIGAÇÕES "FREE-BOUND") E AINDA DA RADIAÇÃO DE "BREMSSTRAHLUNG" PROVENIENTE DE ELÉTRONS ACELERADOS DURANTE COLISÕES COM ÍONS (TRANSIÇÕES "FREE-FREE").

A DISTRIBUIÇÃO ESPECTRAL DA LUZ EMITIDA PELA LÂMPADA "FLASH" DEPENDE DE UMA FORMA COMPLEXA DAS DENSIDADES DE ELÉTRONS E ÍONS NO PLASMA BEM COMO DE SUAS TEMPERATURAS, PARÂMETROS ESTES DE DIFÍCIL MENSURAÇÃO. A FORMA MAIS FREQUENTE DE CARACTERIZA-LA É ATRAVÉS DE DISTRIBUIÇÕES QUE REPRESENTAM A ENERGIA DE LUZ TOTAL EMITIDA

PARA CADA COMPRIMENTO DE ONDA, INTEGRADA SOBRE A DURAÇÃO TOTAL DO PULSO DE DESCARGA, O FORMATO DESSAS CURVAS DEPENDE FORTEMENTE DA RAZÃO ENTRE A ENERGIA ELÉTRICA DE DESCARGA E_0 E O PRODUTO DA DURAÇÃO DO PULSO PELA ÁREA SUPERFICIAL INTERNA DO ENVÓLUCRO DA LÂMPADA ABRANGENDO A REGIÃO DO ARCO. ESSA RAZÃO $E:TA$ TEM AS MESMAS UNIDADES DE DENSIDADE DE POTÊNCIA W/CM^2 . PARA DENSIDADES DE POTÊNCIA BAIIXAS, COM $E:TA = 2500 W/CM^2$ O ESPECTRO É DOMINADO POR TRANSIÇÕES DISCRETAS, NA REGIÃO DE INFRAVERMELHO. PARA $E:TA = 25 000 W/CM^2$ O ESPECTRO É DOMINADO POR RADIAÇÃO CONTÍNUA.

A DESCRIÇÃO DA EMISSÃO DE UMA LÂMPADA TIPO "FLASH" PODE SER FEITA POR COMPARAÇÃO À EMISSÃO CARACTERÍSTICA DE UM CORPO NEGRO. A DIFERENÇA DE COMPORTAMENTO DE UMA FONTE DE LUZ REAL COMPARADA À DE UM CORPO NEGRO PODE SER DESCRITA PELA FUNÇÃO EMISSIVIDADE QUE NO CASO DE UMA LÂMPADA TIPO "FLASH" APRESENTA UMA FORTE DEPENDÊNCIA COM A TEMPERATURA, COMPRIMENTO DE ONDA E ESPESSURA DO PLASMA CONFORME PODE SER VISTO NA EXPRESSÃO ABAIXO:

$$I(\lambda, T) = [1 - e^{-\alpha(\lambda)x}] I_{BB}(\lambda, T)$$

onde:

$$\begin{aligned} I(\lambda, T) &= \text{Intensidade do plasma;} \\ [1 - e^{-\alpha(\lambda)x}] &= \text{Emissividade;} \\ I_{BB}(\lambda, T) &= \text{Radiação de corpo negro} \\ \alpha(\lambda) &= \text{Coeficiente de absorção} \end{aligned}$$

ESSA RELAÇÃO MOSTRA CLARAMENTE QUE O PLASMA É UM VOLUME EMISSOR PARCIALMENTE TRANSPARENTE, O QUE DIFICULTA AINDA MAIS A SUA CARACTERIZAÇÃO. A POTÊNCIA IRRADIADA DEPENDE DA PROFUNDIDADE DO PLASMA VISTO E PORTANTO NÃO SOMENTE DAS DIMENSÕES DA LÂMPADA MAS TAMBÉM DE SUA ORIENTAÇÃO. ESSE COMPORTAMENTO REFLETE, DE CERTA FORMA, A DIFICULDADE E O RISCO EXISTENTE EM SE PREDIZER A EFICIÊNCIA DE BOMBEAMENTO DA LÂMPADA SIMPLEMENTE POR CONVOLUÇÃO DO ESPECTRO DA LÂMPADA A DIFERENTES DENSIDADES DE POTÊNCIA COM O ESPECTRO DE ABSORÇÃO DO CRISTAL LASER. EM CAVIDADES REFLETORAS, PARTE DA

RADIAÇÃO DO PLASMA É JOGADA DE VOLTA PARA O ARCO DA LÂMPADA PELO SISTEMA REFLETOR. ISSO IMPLICA EM MUDANÇAS DE DESEMPENHO SIGNIFICATIVAS EM LÂMPADAS TIPO "FLASH" QUE OPERAM EM CAVIDADES DE DENSIDADE DE FLUXO ALTA. OBSERVA-SE, EM GERAL, UM DESVIO DA RADIAÇÃO PARA A REGIÃO AZUL DO ESPECTRO.

O GRAU DE COINCIDÊNCIA ESPECTRAL É CONTROLADO PELA SELEÇÃO DO TIPO DE GÁS E PELA DENSIDADE DE POTÊNCIA.

PARTE EXPERIMENTAL

NO PRESENTE TRABALHO PROCURAMOS OBSERVAR O COMPORTAMENTO DA EMISSÃO ESPECTRAL EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DA DENSIDADE DE CORRENTE APLICADA A UMA LÂMPADA TIPO "FLASH", DE XENÔNIO, CONFECCIONADA PELA INDÚSTRIA FRATA, ESPECIALMENTE PARA BOMBEAMENTO DOS LASERS DE ND:YLF DESENVOLVIDOS EM NOSSA DIVISÃO. ESSAS LÂMPADAS POSSUEM EN VÓLUCRO DE "PYREX" E APRESENTAM DIÂMETRO INTERNO DE 4 MM E COMPRIMENTO DE ARCO DE 76 MM. A ALIMENTAÇÃO DESSAS LÂMPADAS É FEITA POR UMA FONTE DE TENSÃO DESENVOLVIDA EM NOSSA DIVISÃO PARA INTEGRAR O SISTEMA DE BOMBEAMENTO DO LASER DE ND:YLF. ELA PERMITE A APLICAÇÃO DE TENSÕES NO BANCO DE CAPACITORES DE ATÉ 1100 VOLTS.

O ESPECTRO DE EMISSÃO TÍPICO DE UMA LÂMPADA TIPO "FLASH" DE XENÔNIO PODE SER VISTO NA FIGURA 2. NA PRÁTICA, A ELABORAÇÃO DESSE TIPO DE CURVA CONSTITUI UMA TAREFA BASTANTE COMPLEXA E NORMALMENTE ENVOLVE MÉTODOS COMPUTACIONAIS PARA SE EFETUAR AS CORREÇÕES NECESSÁRIAS PARA SE PODER COMPARAR DADOS PERTENCENTES A DIFERENTES REGIÕES ESPECTRAIS.

A NOSSA PROPOSIÇÃO CONSISTE EM SE AVALIAR O COMPORTAMENTO DA LÂMPADA TIPO "FLASH" POR INTERMÉDIO DE MEDIDAS DE FLUORESCÊNCIA EXIBIDA POR UM CRISTAL LASER BOMBEADO POR UMA LÂMPADA DE XENÔNIO INSTALADA DENTRO DE UMA CAVIDADE REFLETORA SEGUNDO DOIS ARRANJOS EXPERIMENTAIS. O PRIMEIRO BASEIA-SE NO ESQUEMA PROPOSTO POR NOBLE E OUTROS (1) E PODE SER VISTO NA FIGURA 3. NUMA

CONFIGURAÇÃO SIMÉTRICA A LÂMPADA EXCITA DOIS CRISTAIS DE YLF: UM PURO E OUTRO DOPADO COM NEODÍMIO. O ESPECTRO DA ABSORÇÃO DESSE CRISTAL PODE SER VISTO NA FIGURA 4. A FLUORESCÊNCIA EXIBIDA POR ESSES CRISTAIS APENAS NA REGIÃO DE COMPRIMENTO DE ONDA DA AÇÃO LASER É CAPTADA POR FOTO-DETETORES DE GERMÂNIO CUJAS RESPOSTAS SÃO COMPARADAS POR INTERMÉDIO DE UM OSCILOSCÓPIO DE MEMÓRIA. SEGUNDO NOBLE E OUTROS (1) ESSE MÉTODO ELIMINA VARIÁVEIS COMO ALINHAMENTO DA LÂMPADA E DO ESPELHO E ACOPLAMENTO COM O CIRCUITO DA LÂMPADA VISTO QUE A DISTRIBUIÇÃO ESPECTRAL DA LUZ EMITIDA VARIA DE UM INSTANTE A OUTRO DURANTE A DESCARGA LASER. O SEGUNDO MÉTODO CONSISTE EM SE MEDIR A FLUORESCÊNCIA DE UM BASTÃO LASER EXCITADO DENTRO DA PRÓPRIA CAVIDADE E COMPARÁ-LA COM O SINAL EXIBIDO PELA LÂMPADA. ISSO SE FAZ NECESSÁRIO POIS EM RELAÇÃO AO PRIMEIRO ARRANJO EXPERIMENTAL PODEMOS TER ALGUMAS DIFICULDADES EM DEFINIR O TAMANHO DE CRISTAL A SER UTILIZADO PARA SE TER UMA INTENSIDADE DE SINAL MENSURÁVEL.

EM NOSSO EXPERIMENTO A CAVIDADE REFLETORA APRESENTA DESENHO SIMILAR AO DA CAVIDADE LASER. NESSA CAVIDADE FORAM ADICIONADOS DOIS ORIFÍCIOS NA DIREÇÃO TRANSVERSAL À LÂMPADA A FIM DE SE EFETUAR A EXCITAÇÃO DOS CRISTAIS E A MONITORAÇÃO DA LÂMPADA.

ESSES ARRANJOS ESTÃO EM FASE DE MONTAGEM E TESTES DE OTIMIZAÇÃO DE SINAL VISTO QUE UM SÉRIO PROBLEMA NESSE TIPO DE MEDIDA É A ELIMINAÇÃO DA COMPONENTE DE LUZ PROVENIENTE DA LÂMPADA SITUADA NA MESMA REGIÃO DA EMISSÃO FLUORESCENTE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) L. NOBLE, ET AL, CITADO EM "ILC TECHNOLOGY TECHNICAL BULLETIN 2, 1983.
- (2) W. KOECHNER, "SOLID-STATE LASER ENGINEERING" - CAP. 6 -SPRING VERLAG NEW YORK HEIDELBERG BERLIN 1976.

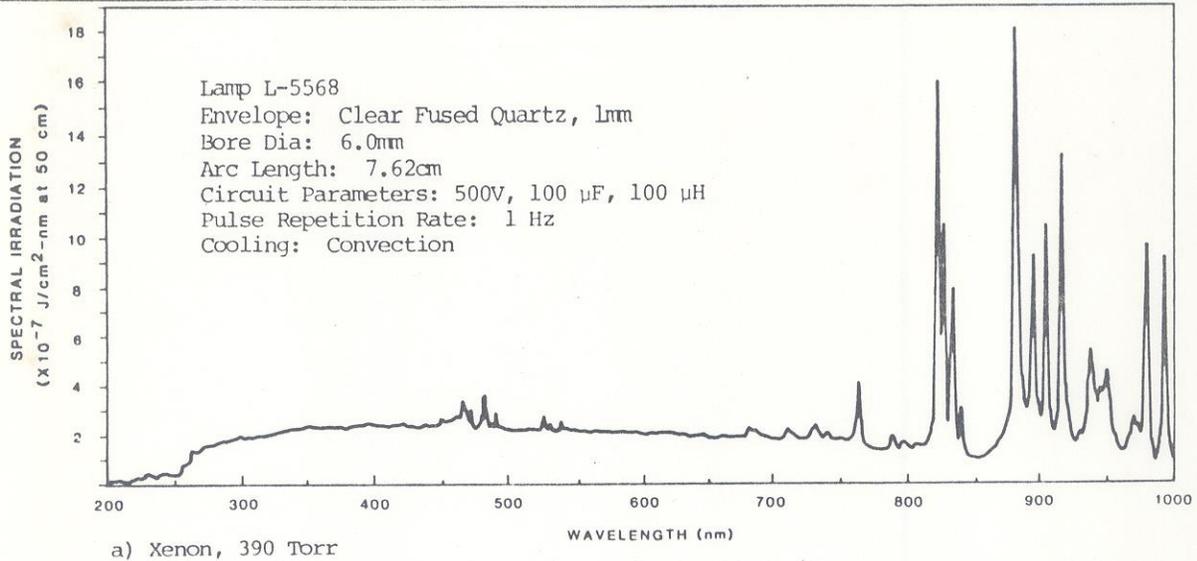


FIGURA 2. EMISSÃO ESPECTRAL DE UMA LÂMPADA TIPO "FLASH" DE XENÔNIO (1).

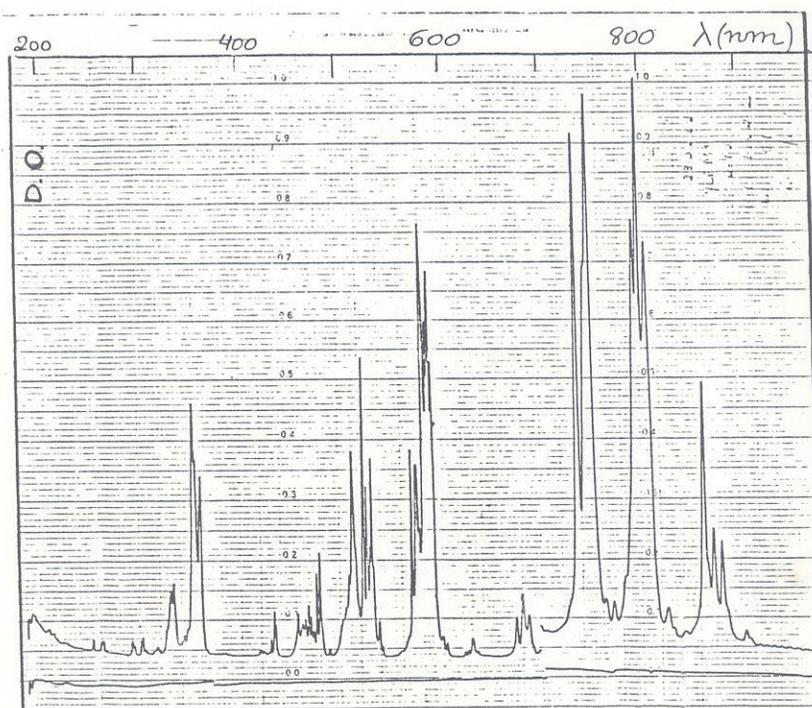


FIGURA 4. ESPECTRO DE ABSORÇÃO ÓTICA DO ND:YLF.

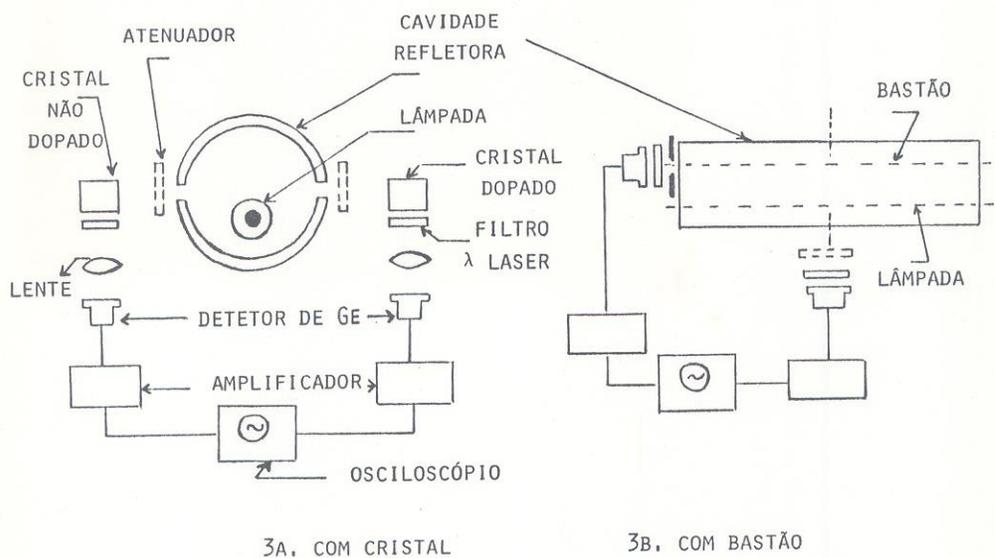


FIGURA 3. ARRANJO EXPERIMENTAL PARA MEDIDA DE FLUORESCÊNCIA.