

IMPLANTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE CÁLCULO DE REFLETIVIDADE DE CONJUNTOS DE FILMES FINOS EM UM MICROCOMPUTADOR*

DIVA GLASSER LEME, WAGNER VASQUES DOMINGUEZ, NILSON DIAS VIEIRA JR., E SPERO PENHA MORATO - INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES - CNEN/SP.

1. OBJETIVOS

NA DIVISÃO DE ÓPTICA DO IPEN FOI DESENVOLVIDO UM PROGRAMA DE COMPUTADOR COAT Ø 2 PARA O CÁLCULO DE REFLETIVIDADE DE UM CONJUNTO DE FILMES FINOS EM FUNÇÃO DO COMPRIMENTO DE ONDA. ESSE PROGRAMA INCORPORA CAMADAS ABSORVENTES E NÃO LIMITA O NÚMERO MÁXIMO DE CAMADAS. O OBJETIVO DESTA TRABALHO FOI A IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA COAT Ø 2 EM UM MICROCOMPUTADOR DA LINHA IBM-PC.

2. DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO PROGRAMA COAT Ø 2

UMA DESCRIÇÃO ABREVIADA DO "ALGORITMO" QUE ESTRUTURA O PROGRAMA ORIGINAL É A SEGUINTE:

A) LÊ VALORES DE DADOS DE ENTRADA PARA:

I (NÚMERO DE MATERIAIS DIFERENTES UTILIZADOS),
A (ÂNGULO DE INCIDÊNCIA) E
NL (NÚMERO DE PONTOS A SEREM CALCULADOS PARA λ).

B) LÊ VALORES DE DADOS DE ENTRADA PARA:

V1 (λ/λ_0 INICIAL), V2 (λ/λ_0 FINAL) E
V (λ/λ_0 INCREMENTAL).

C) PARA CADA MATERIAL DIFERENTE (1, ..., I):

LÊ DADO DE ENTRADA DE J3 (NÚMERO DE VEZES QUE O MATERIAL APARECE NO FILME),



- . INCREMENTA J3 AO VALOR DE J4 (NÚMERO TOTAL DE CAMADAS),
 - . LÊ VALOR DE E (ÍNDICE DE REFRAÇÃO COMPLEXO DO MATERIAL),
 - . LÊ VALOR DE E2 (ESPESSURA ÓTICA DO MATERIAL),
 - . PARA CADA VEZ QUE O MATERIAL APARECE (J=1,...,J3) LÊ O VALOR DA POSIÇÃO IE (J) QUE O MATERIAL OCUPA NO FILME,
 - . PARA CADA VEZ QUE O MATERIAL APARECE (J=1,...,J3) ATRIBUI O VALOR DE E À MATRIZ DE ÍNDICES DE REFRAÇÃO ORD (IE(J)) E O VALOR DE E2 À MATRIZ DE ESPESSURAS ORD1 (IE(J)).
- D) CALCULA OS ÂNGULOS DE INCIDÊNCIA THETA (J), J=2,...,J4, NAS CAMADAS E NO SUBSTRATO, PELA LEI DE SNELL:
- $$\text{THETA (1)} = A$$
- $$\text{ORD (1)} \text{ SEN(THETA (1))} = \dots = \text{ORD(J)} \text{ SEN(THETA(J))} = \dots = \text{ORD(J4)} \text{ SEN(THETA(J4))}$$
- E) IMPRIME TABELA COM OS DADOS DE ENTRADA LIDOS E OS ÂNGULOS CALCULADOS, PARA CADA CAMADA QUE COMPÕE O FILME,
- A ETAPA (F) DEVE SER EXECUTADA PARA CADA COMPONENTE DE POLARIZAÇÃO (TM E TE):
- F) PARA CADA COMPRIMENTO DE ONDA $V1 = (V1, \dots, V2)$ EFETUA:
- . PARA CADA CAMADA (J5 = 1,...,J4) CALCULA OS COEFICIENTES DE FRESNEL DA MATRIZ 2 x 2 CORRESPONDENTE À MUDANÇA DE FASE DO RAIOS DE LUZ NA CAMADA,
 - . MULTIPLICA AS MATRIZES 2 x 2 OBTIDAS, CONSECUTIVAMENTE, CAMADA A CAMADA, ATÉ CHEGAR À MATRIZ PRODUTO FINAL, DA QUAL SE ESTIMA O VALOR DA REFLETIVIDADE, R, QUE É ARMAZENADO EM UMA MATRIZ PARA UTILIZAÇÃO POSTERIOR,
- G) IMPRIME TABELA COM OS VALORES DE R PARA CADA COMPONENTE DE POLARIZAÇÃO (TM E TE), E PARA CADA VALOR DO COMPRIMENTO DE ONDA ASSOCIADO,

H) ELABORA UMA IMPRESSÃO DE UM GRÁFICO DE REFLETIVIDADE (TM E TE) EM FUNÇÃO DO COMPRIMENTO DE ONDA, PARA ANÁLISE VISUAL DA CONFIGURAÇÃO OBTIDA.

3. CARACTERÍSTICAS DO MICROCOMPUTADOR

O MICROCOMPUTADOR UTILIZADO PARA CONVERSÃO DO PROGRAMA COATØ2 É O CRAFT-XT DA MICROCRAFT, DA LINHA IBM-PC (XT), UTILIZANDO SISTEMA OPERACIONAL MC-DOS. A MEMÓRIA DE TRABALHO DISPONÍVEL É DE 640 KBYTES; NÃO CONTA COM DISCO FIXO (WINCHESTER), MAS SIM COM DOIS (2) ACIONADORES DE DISQUETES (A E B) ("DRIVES"), PARA DISQUETES DE 5 E 1/4 DE POLEGADA (MINIDISCOS). APRESENTA COMO VÍDEO UM MONITOR VÍDEO COMPO DE ALTA RESOLUÇÃO, MONOCROMÁTICO, COM AJUSTES MANUAIS. A IMPRESSORA UTILIZADA É DA MARCA SCRITTA, MODELO GRAFIX 100 HS, MATRICIAL, ALTA RESOLUÇÃO, COM 132 COLUNAS MÁXIMAS POR LINHA.

4. COMPILAÇÃO E TESTES COM O COAT Ø2 NO MICROCRAFT-XT

FORAM UTILIZADOS DISQUETES DE COMPILADORES FORTRAN 77 DA MICROSOFT, UM "PACOTE" GRÁFICO GRAFMATIC ACOPLÁVEL AO FORTRAN E DISQUETES EDITORES DE TEXTO (VED, VW E WORDSTAR) PARA CRIAÇÃO DOS PROGRAMAS-FONTE.

PRIMEIRAMENTE, COM O USO DE UM EDITOR DE TEXTO, DIGITOU-SE O PROGRAMA COAT Ø2 ORIGINAL EM UM DISQUETE "VAZIO", EM SEGUIDA, ACRESCENTARAM-SE AS ALTERAÇÕES NECESSÁRIAS PARA COMPATIBILIZÁ-LO COM O FORTRAN 77 DA MICROSOFT, COMO OS COMANDOS DE INPUT/ OUTPUT, QUE DIFEREM DO MICRO PARA O GRANDE PORTE. A ESTRUTURA BÁSICA, COM OS CÁLCULOS E DEMAIS OPERAÇÕES ARITMÉTICAS, MANTEVE-SE INALTERADA PARA NÃO INTERFERIR-SE NOS RESULTADOS.

EM SEGUNDO LUGAR, COM O PROGRAMA DIGITADO, PASSOU-SE À FASE DE COMPILAÇÃO (TRADUÇÃO) EM LINGUAGEM DE MÁQUINA, UTILIZANDO OS DISQUETES DO FORTRAN 77, DA MICROSOFT, ETAPA QUE REPETIU-SE TANTAS VEZES QUANTAS SE FIZERAM NECESSÁRIAS PARA EXTRAIR OS ERROS DE SINTAXE.

COMO A SAÍDA DO PLOT DO COAT Ø2 APRESENTA UMA DEFINIÇÃO VISUAL RELATIVAMENTE INSATISFATÓRIA, E NA PRESENÇA DO PACOTE GRÁFICO GRAFMATIC, RESOLVEU-SE ADAPTAR UM GRÁFICO REFLETIVIDADE EM FUNÇÃO DO COMPRIMENTO DE ONDA PARA VISUALIZAÇÃO NA TELA DO MONITOR DE VÍDEO DO MICRO E NA IMPRESSORA MATRICIAL ACOPLADA AO MICRO.

ASSIM, UTILIZOU-SE A "LIBRARY" DO GRAFMATIC, E CRIOU-SE UM PROGRAMA FORTRAN COM ACESSO ÀS ROTINAS DESSA "LIBRARY" (BIBLIOTECA DE ROTINAS), E UTILIZANDO OS DADOS VINDOS DO COAT Ø2 OBTIVEU-SE UM GRÁFICO, NA TELA E NA IMPRESSORA, MAIS COMPACTO E DE MELHOR VISUALIZAÇÃO DO ESPECTRO OBTIDO.

NAS FIGURAS 1, 2 E 3 ESTÃO OS RESULTADOS OBTIDOS UTILIZANDO-SE O MICROCOMPUTADOR E OBSERVOU-SE QUE SÃO TOTALMENTE SEMELHANTES AOS DO PROGRAMA ORIGINAL.

5. CONCLUSÕES

EM TERMOS DE RESULTADOS NUMÉRICOS OBTIDOS NO COAT Ø2 IMPLANTADO NO MICRO-PC, NÃO HÁ DIFERENÇAS QUANDO COMPARADOS AOS MESMOS PROGRAMAS EXECUTADOS NO IBM-43XX E PORTANTO A IMPLANTAÇÃO DESTE PROGRAMA NO MICRO DEMONSTROU RESULTADOS SATISFATÓRIOS.

* DESENVOLVIDO COM O APOIO DA FINEP.

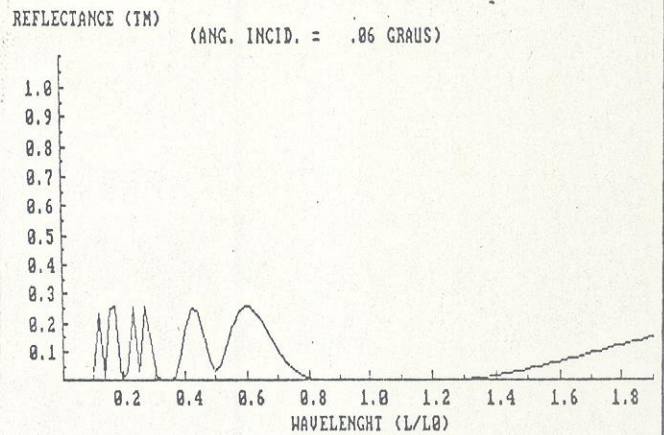
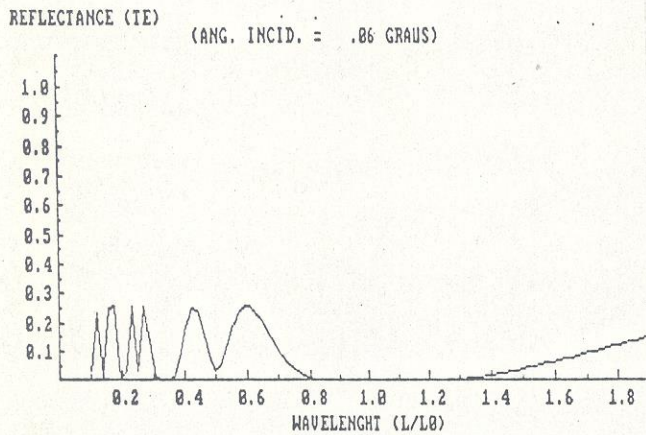
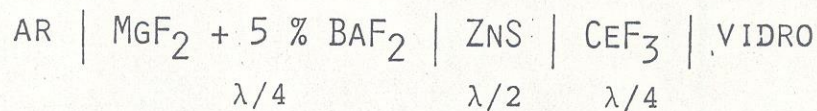


FIGURA 1A.

FIGURA 1B.

FIGURA 1. REFLETIVIDADE EM FUNÇÃO DO COMPRIMENTO DE ONDA DE UM FILME ANTIREFLETOR, COM A SEGUINTE CONFIGURAÇÃO:



1A. MODO TE — POLARIZAÇÃO TIPO S

1B. MODO TM — POLARIZAÇÃO TIPO P

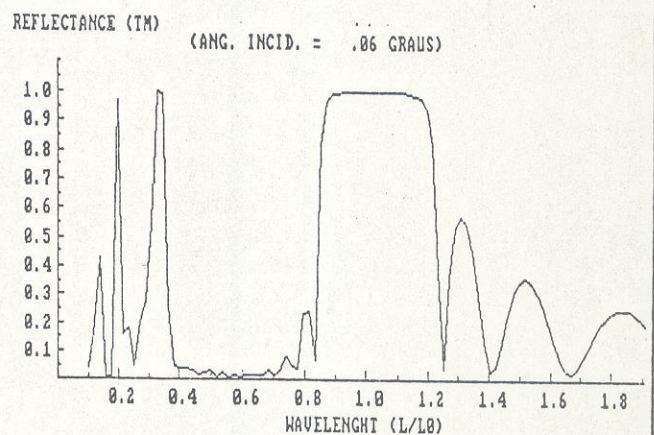
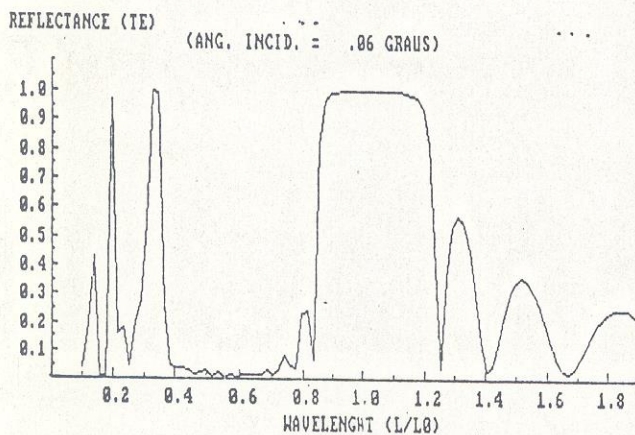
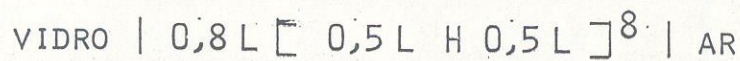


FIGURA 2A.

FIGURA 2B.

FIGURA 2. REFLETIVIDADE EM FUNÇÃO DO COMPRIMENTO DE ONDA DE UM FILME DICRÓICO COM A SEGUINTE CONFIGURAÇÃO:



L = $\text{MgF}_2 + 5\% \text{BAF}_2$

H = ZNS

2A. MODO TE — POLARIZAÇÃO TIPO S

2B. MODO TM — POLARIZAÇÃO TIPO P

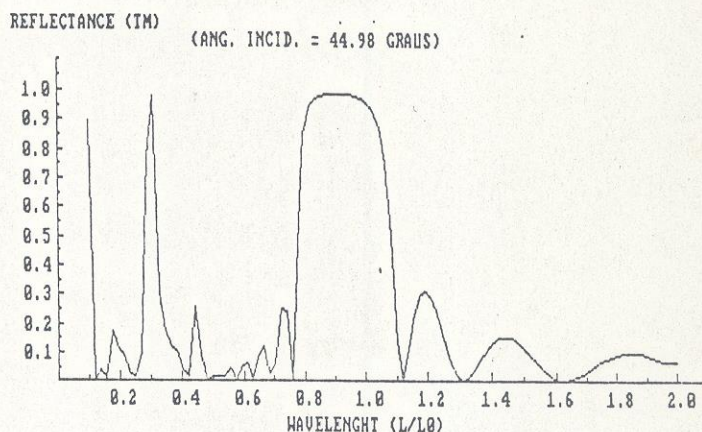
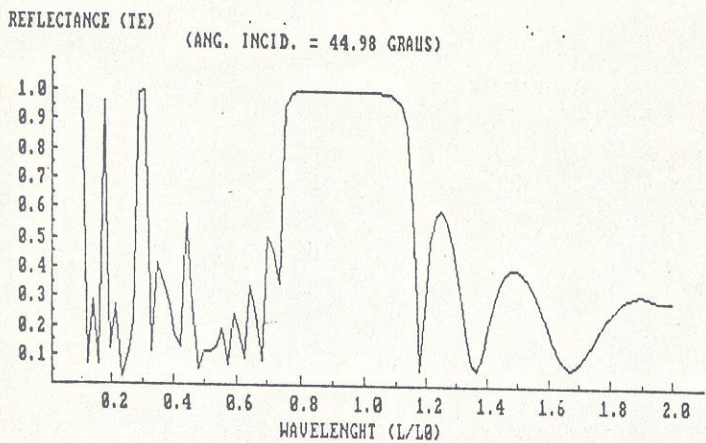


FIGURA 3A.

FIGURA 3B.

FIGURA 3. REFLETIVIDADE EM FUNÇÃO DO COMPRIMENTO DE ONDA DE UM FILME ALTAMENTE REFLETOR COM A SEGUINTE CONFIGURAÇÃO:

$$\text{VIDRO} \mid \left[\text{H L} \right]^6 \text{H} \mid \text{AR}$$

H = ZNS

L = $\text{MgF}_2 + 5\% \text{BAF}_2$

3A. — MODO TE — POLARIZAÇÃO DO TIPO S

3B. — MODO TM — POLARIZAÇÃO DO TIPO P