



UFPA

ESTUDO DE METODOLOGIAS PARA SÍNTESE DE FILTROS ÓPTICOS MULTICAMADAS

Marco José de Sousa

2º. Semestre / 2001

CENTRO TECNOLÓGICO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DO GUAMÁ
BELÉM - PARÁ

Universidade Federal do Pará
Centro Tecnológico
Curso de Engenharia Elétrica

Marco José de Sousa

ESTUDO DE METODOLOGIAS PARA SÍNTESE DE FILTROS ÓPTICOS MULTICAMADAS

Trabalho submetido ao colegiado
do curso de Engenharia Elétrica
para obtenção do grau de
Engenheiro Eletricista com
ênfase em Telecomunicações.

Belém
2002

ESTUDO DE METODOLOGIAS PARA SÍNTESE DE FILTROS ÓPTICOS MULTICAMADAS

Este trabalho foi julgado em ____/____ adequado para obtenção do Grau de Engenheiro Eletricista – Ênfase em Telecomunicações e aprovado na sua forma final pela banca examinadora que atribuiu o conceito _____.

Prof. Dr. João Crisóstomo Weyl Albuquerque Costa
ORIENTADOR

Prof. Dr. Rubem Gonçalves Faria
MEMBRO DA BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Dimitriev Victor
MEMBRO DA BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jorge Brito de Souza
COORDENADOR DO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

AGRADECIMENTOS

A toda minha família, pelo carinho, pela oportunidade e incentivo ao estudo que sempre me deram e, acima de tudo, por terem me ensinado a respeitar o ser humano.

Ao orientador e amigo Prof. Dr. **João Crisóstomo Weyl Albuquerque Costa** pela confiança depositada em mim, pela orientação prestada e por toda a compreensão e incentivo durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora Prof. Dr. **Victor Dimitriev** e Prof. Dr. **Rubem Gonçalves Farias**.

Aos amigos e professores do Laboratório de Eletromagnetismo Aplicado, em especial a **Daniela Pereira, Carla Janaína, Adelson Araujo, João Negrão, Kaijiro Hyodo e Fábio Seguins**.

Ao **CNPq** pelo apoio financeiro.

A todas as pessoas que contribuíram para minha formação como pessoa e como profissional.

EPÍGRAFE

“O importante a se saber
é que nada se sabe.”

Erwin Schrödinger

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	iv
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	v
RESUMO.....	viii
INTRODUÇÃO.....	1
 CAPÍTULO 1 – Análise de Grades de Bragg.....	 3
1.1. O Formalismo Matricial e os Coeficientes de Reflexão e de Transmissão...	3
 CAPÍTULO 2 – Análise do Comportamento de Grades de Difração.....	 9
2.1. Grades Refletoras Simples.....	9
2.2. Grades Refletoras Compostas por Sobreposição.....	13
2.2.1 Determinação de um Perfil de Índices Discreto a Partir de um Perfil Contínuo.....	16
2.2.2 Projeto de Refletores de Bragg para Dois Comprimentos de Onda	18
 CAPÍTULO 3 – Processos de Síntese.....	 21
3.1. Síntese de Grades Refletoras Simples.....	22
3.2. Síntese de Grades Refletoras em Dois Comprimentos de Onda.....	23
3.3. Síntese de Grades Refletoras com Número Arbitrário de Picos de Máxima Refletividade.....	24
 CAPÍTULO 4 – Resultados.....	 33
4.1. Projeto 1.....	33
4.2. Projeto 2.....	36
4.3. Projeto 3.....	38
4.4. Projeto 4.....	40
 CONCLUSÃO.....	 43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1

Figura 1.1– Modelo de uma grade dielétrica de filmes finos, constituída de k camadas semi-infinitas.....	4
--	---

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 – Representação de uma grade refletora de dois índices de refração para operar apenas no comprimento de onda λ_0	9
Figura 2.2 – Diagrama de percursos ópticos usado para comparação entre as defasagens dos raios emergentes da camada de incidência.....	10
Figura 2.3 – Curva de refletividade para 3 par de camadas de índices 1.0582 e 1.6847 de espessuras de 0.55/4 μm . O valor da refletividade sobre 0.55 μm é superior a 0.7.....	11
Figura 2.4 – Curva de refletividade para 10 pares de camadas. O valor de refletividade sobre 0.55 μm é superior a 0.99.....	12
Figura 2.5 – Curva de refletividade para 3 pares de camadas de índice 1.0582 e 2.5. O valor de refletividade sobre 0.55 μm é de 0.9773.....	13
Figura 2.6 – Resposta espectral da refletividade de uma estrutura de perfil descrita por uma soma de duas curvas senoidais de períodos 1.3/2 μm e 1.55/2 μm de comprimento. Este arranjo é capaz de gerar 2 picos de máxima refletividade centrados respectivamente em 1.3 e 1.55 μm	14
Figura 2.7 – Ilustração da idéia de perfis de índice periodicamente compatíveis	17
Figura 2.8 – Exemplo de simulações de estruturas fruto da aproximação da estrutura da Fig. 2.5 para um perfil retangular de 3 níveis de índice de refração em I e apenas dois índices em II.....	18
Figura 2.9 – Exemplo de uma simulação de estrutura obtida através da modelagem de baimento através da inserção de camada adicional.....	19

CAPÍTULO 3

Figura 3.1 – Estrutura básica do algoritmo iterativo.....	21
---	----

Figura 3.2 – Diagrama para síntese de grades refletoras simples. Os símbolos n_c , n_s , n_1 e n_2 referem-se respectivamente ao índice de refração da cobertura, substrato, material 1 e 2. O símbolo x refere-se ao valor mínimo de refletividade escolhido.....	23
Figura 3.3 – Ilustração da síntese de refletores de alta ordem e controle independente da altura dos picos através das amplitudes das harmônicas.....	25
Figura 3.4 – Ilustração da síntese de refletores de alta ordem e controle independente da altura dos picos através do comprimento das harmônicas.....	25
Figura 3.5 – Exemplos de curvas de refletividades de espelhos refletores operando em 4 comprimentos de onda. Em I o perfil de índices é contínuo e em II o perfil é discreto.....	28
Figura 3.6 – Exemplos de curvas de refletividades de espelhos refletores operando em 5 comprimentos de onda. Nos dois exemplos são destacadas as silhuetas especificadas para os valores máximos dos picos de refletividade: em I o aspecto de uma calha triangular; em II o aspecto de um telhado.....	29
Figura 3.7 – Processo de montagem de k picos para a realização de qualquer formato de curva de refletividade.....	30

CAPÍTULO 4

Figura 4.1 – Curvas de refletividade: a de linha cheia é a simulada para a estrutura sintetizada; a linha fina é a curva alvo.....	34
Figura 4.2 – Perfil de índices para a grade do projeto 1.....	35
Figura 4.3 – Curvas de refletividade: a de linha cheia é a simulada para a estrutura sintetizada; a linha fina é a curva alvo.....	37
Figura 4.4 – Perfil de índices para a grade do projeto 2.....	37
Figura 4.5 – Curvas de refletividade: a de linha cheia é a simulada para a estrutura sintetizada; a linha fina é a curva alvo.....	39
Figura 4.6 – Perfil de índices para a grade do projeto 3.....	40
Figura 4.7 – Curvas de refletividade: a de linha cheia é a simulada para a estrutura sintetizada; a linha fina é a curva alvo.....	41

Figura 4.8 – Perfil de índices para a grade do projeto 4.....	42
---	----

Resumo

A grande dificuldade encontrada para o estabelecimento de técnicas de síntese de filtros ópticos está na obtenção de uma relação, mais ou menos direta, entre o espectro de refletividade ou transmissividade de uma grade e as características do perfil dielétrico dessa mesma grade.

Para resolver este problema, este trabalho propõe utilizar a metodologia de projeto de grades de Bragg simples como elo elementar de uma generalização que leva a uma associação entre um espectro de refletividade e a sua respectiva estrutura de múltiplas camadas associada. Será mostrado que essa generalização, quando associada intrinsecamente a métodos de busca iterativos, pode constituir metodologias robustas para sintetize de filtros ópticos estratificados.