

Título em Português:	Transmissão Óptica Extraordinária em Grades Plasmônicas Periódicas: Uma Abordagem pelo Método das Diferenças Finitas no Domínio Temporal
Título em Inglês:	Extraordinary Optical Transmission in Periodic Plasmonic Gratings: A Finite-Difference Time-Domain Approach
Autor:	Vinícius Bastos Marcos
Instituição:	Universidade de São Paulo
Unidade:	Instituto de Física de São Carlos
Orientador:	Euclides Marega Junior
Área de Pesquisa /	Física da Matéria Condensada
SubÁrea:	
Agência Financiadora:	FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

Transmissão Óptica Extraordinária em Grades Plasmônicas Periódicas: Uma Abordagem pelo Método das Diferenças Finitas no Domínio Temporal

Vinícius Bastos Marcos

Jessica Fabiana Mariano dos Santos

Euclydes Marega Junior

Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo

viniciusbmarcos@usp.br

Objetivos

Para entender e aplicar o método das Diferenças Finitas no Domínio Temporal (FDTD) para resolver as equações de Maxwell, este estudo investiga o comportamento de grades plasmônicas periódicas retangulares e circulares com diferentes periodicidades. Calculando a Transmissão Óptica Extraordinária (EOT) e analisando perfis tanto no campo próximo quanto no campo distante, nosso objetivo é comparar as respostas ópticas dessas estruturas.

Materiais e Métodos

Tanto o software Lumerical quanto a biblioteca Python MEEP, uma ferramenta de código aberto desenvolvida pelo MIT, foram utilizados para as simulações. Uma simulação 3D foi realizada para a grade circular, enquanto uma simulação 2D foi conduzida para a grade retangular. Computação paralela e clusters computacionais foram empregados para otimizar o desempenho das simulações e reduzir o tempo de processamento. Os parâmetros de discretização foram cuidadosamente selecionados para otimizar o desempenho computacional sem comprometer a precisão.

As simulações envolveram a comparação de diferentes periodicidades e outros parâmetros críticos das grades. Os resultados foram então comparados com dados experimentais para validar o modelo. Todas as simulações utilizaram uma onda plana com um intervalo de comprimento de onda de 450–850 nm como fonte de luz incidente.

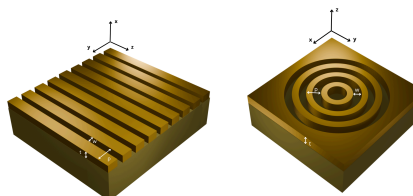


Figura 1: Grade retangular e circular junto com seus respectivos parâmetros. Fonte: Criado pelo autor.

Resultados

Os resultados demonstraram que as simulações foram consistentes com as estruturas que não apresentaram problemas evidentes de fabricação. Os picos observados e as quantidades relativas de luz transmitida através das diferentes estruturas estavam alinhados, indicando uma boa concordância entre os dados simulados e experimentais.

Os perfis no campo próximo confirmaram o comportamento esperado para as periodicidades mínima e máxima, validando a precisão das simulações.

Além disso, os perfis no campo distante ilustraram como a luz polarizada interage com as estruturas. Em todos os perfis de campo, a unidade corresponde a $|E|^2$, que é diretamente proporcional à intensidade da luz transmitida.

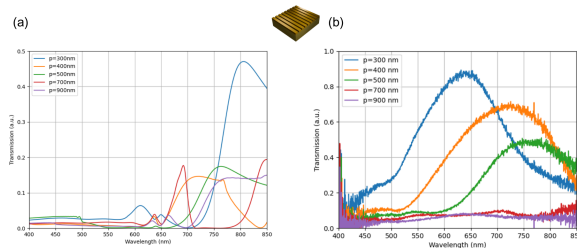


Figura 2: Grade retangular EOT (a) resultados da simulação (b) dados experimentais.

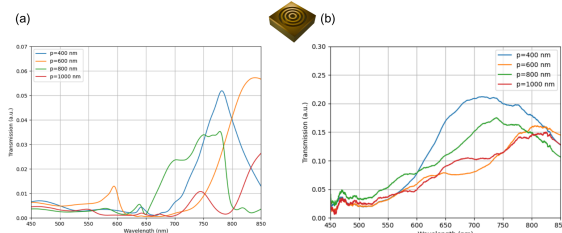


Figura 3: Grade retangular EOT (a) resultados da simulação (b) dados experimentais.

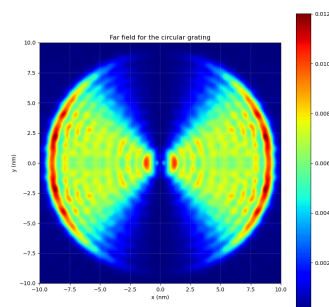


Figura 4: Perfil no campo distante para a grade circular, com fonte de 700 nm.

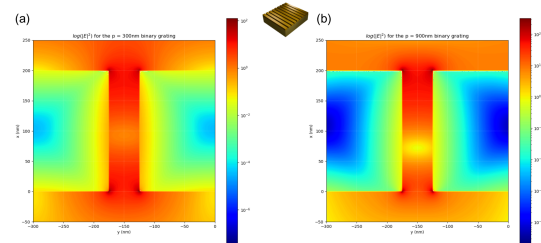


Figura 5: Perfis no campo próximo para grades retangulares com periodicidades de (a) 300 nm e (b) 900 nm, com fonte de 980 nm.

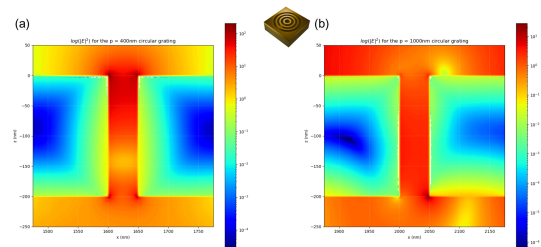


Figura 6: Perfis no campo próximo para grades circulares com periodicidades de (a) 400 nm e (b) 1000 nm, com fonte de 980 nm.

Conclusões

Em conclusão, as simulações corresponderam com sucesso aos dados experimentais para estruturas sem problemas evidentes de fabricação, demonstrando valores de pico precisos e quantidades semelhantes de luz transmitida em diferentes estruturas de grades. Tanto os perfis no campo próximo quanto no campo distante confirmaram os comportamentos esperados, com os resultados no campo próximo alinhando-se com as previsões teóricas para as periodicidades mínima e máxima.

Agradecimentos

Bolsa FAPESP: processo 2023/05726-1.

Referências

- [1] Lozano C., G.; Silva, O. B.; Ferri, F. A.; Rivera, V. A. G.; Marega, E.. Scientific Reports, vol12 (2022), p.5015.

Extraordinary Optical Transmission in Periodic Plasmonic Gratings: A Finite-Difference Time-Domain Approach

Vinícius Bastos Marcos

Jessica Fabiana Mariano dos Santos

Euclydes Marega Junior

São Carlos Institute of Physics, University of São Paulo

viniciusbmarcos@usp.br

Objectives

To understand and apply the Finite-Difference Time-Domain (FDTD) method for solving Maxwell's equations, this study investigates the behavior of rectangular and circular periodic plasmonic gratings with different periodicities. By calculating the Extraordinary Optical Transmission (EOT) and analyzing both near- and far-field profiles, we aim to compare the optical responses of these structures.

Materials and Methods

Both Lumerical software and the MEEP Python library, an open-source tool developed by MIT, were employed for the simulations. A 3D simulation was performed for the circular grating, while a 2D simulation was conducted for the rectangular grating. Parallel computing and computational clusters were used to optimize simulation performance and reduce processing time. The discretization parameters were carefully selected to optimize computational performance without compromising accuracy.

The simulations involved comparing different periodicities and other critical parameters of the gratings. The results were then compared with experimental data to validate the model. All

simulations used a plane wave with a wavelength range of 450–850 nm as the incident light source.

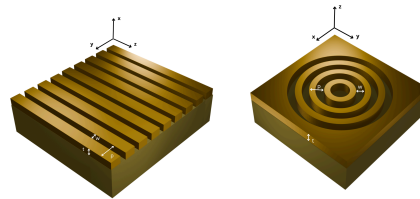


Figure 1: Binary and circular gratings along with their respective parameters. Source: Created by author.

Results

The results demonstrated that the simulations were consistent with the structures that did not exhibit evident fabrication issues. The observed peaks and the relative quantities of transmitted light across the different structures were closely aligned, indicating a good agreement between the simulated and experimental data.

The near-field profiles confirmed the expected behavior for the minimum and maximum periodicities, validating the simulations' accuracy.

Additionally, the far-field profiles illustrated how polarized light interacts with the structures. In

all field profiles, the unity corresponds to $|E|^2$, which is directly proportional to the intensity of the transmitted light.

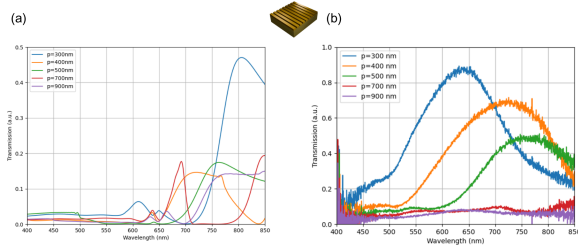


Figure 2: Rectangular grating EOT (a) simulation results (b) experimental data.

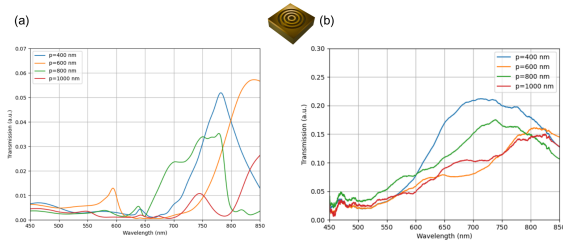


Figure 3: Rectangular grating EOT (a) simulation results (b) experimental data.

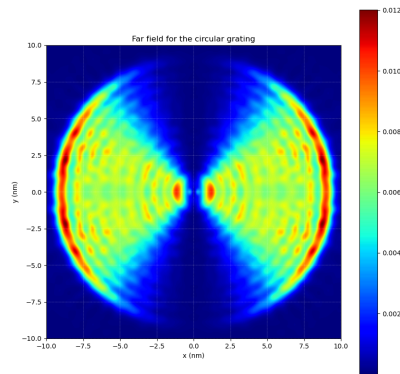


Figure 4: Far-field profile for the circular grating with a 700 nm source.

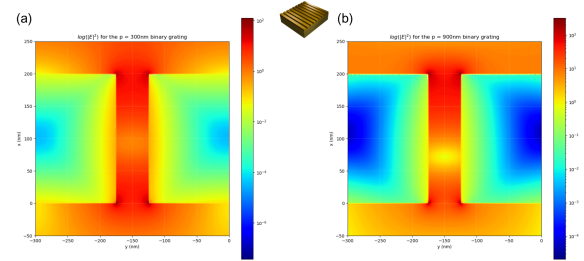


Figure 5: Near-field profiles for rectangular gratings with periodicities of (a) 300 nm and (b) 900 nm with a 980 nm source.

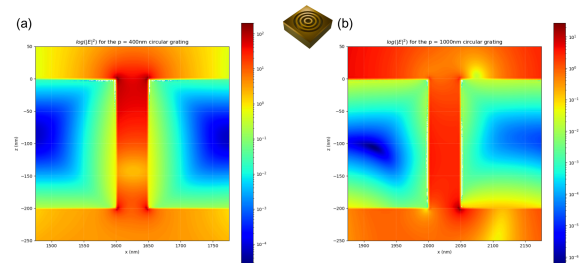


Figure 6: Near-field profiles for circular gratings with periodicities of (a) 400 nm and (b) 1000 nm with a 980 nm source.

Conclusions

In conclusion, the simulations successfully matched the experimental data for structures without evident fabrication issues, demonstrating accurate peak values and similar transmitted light quantities across different grating structures. Both near-field and far-field profiles confirmed the expected behaviors, with near-field results aligning with theoretical predictions for minimum and maximum periodicities.

Acknowledgements

FAPESP scholarship: process 2023/05726-1.

References

- [1] Lozano C., G.; Silva, O. B.; Ferri, F. A.; Rivera, V. A. G.; Marega, E.. Scientific Reports, vol12 (2022), p.5015.