



Leonardo de Farias Araujo

**Síntese de nanopartículas metálicas e cavidade Fabry-
Perot em fibras para aplicações em sensoriamento óptico**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Física do Departamento de Física da PUC–Rio como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Física.

Orientador : Isabel Cristina dos Santos Carvalho
Co-Orientador : Paula Medeiros Proença de Gouvêa

Rio de Janeiro
Setembro de 2013

Leonardo de Farias Araujo

**Síntese de nanopartículas metálicas
e cavidade Fabry-Perot em fibras para aplicações
em sensoriamento óptico**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Física do Departamento de Física do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Profa. Isabel Cristina dos Santos Carvalho
Orientadora
Departamento de Física – PUC-Rio

Prof. Tommaso Del Rosso
Departamento de Física – PUC-Rio

Prof. Felipe Arruda de Araújo Pinheiro
UFRJ

José Eugenio Leal
Coordenador Setorial do Centro
Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 5 de Setembro de 2013

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Leonardo de Farias Araujo

Graduado em Física pela UFRJ, trabalhou com seu professor-orientador de iniciação científica em um trabalho teórico sobre lasers aleatórios e sistemas desordenando de partículas com índice de refração negativo. Durante o mestrado, junto de sua orientadora, desenvolveu um sensor à fibra baseado no efeito LSPR de nanobastões de ouro e um modelo para simular computacionalmente a resposta desse sistema, paralelamente desenvolveu um modelo para simular o comportamento de um sensor de deformação e vibração baseado em cavidade Fabry-Perot dentro de fibras ópticas.

Ficha Catalográfica

Araujo, Leonardo Farias

Síntese de nanopartículas metálicas e cavidade Fabry-Perot em fibras para aplicações em sensoriamento óptico / Leonardo de Farias Araujo; orientador: Isabel Cristina dos Santos Carvalho; co-orientador: Paula Medeiros Proença de Gouvêa. – 2013

v., 61 f. : il.(color.) ; 30 cm

1. Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Física, 2013

Incluí bibliografia

1. Física – Teses. 2. Nanopartículas de prata. 3. Índice de refração. 4. Cavidade Fabry-Perot. 5. Fibra óptica. 6. Ressonância de Plasmon de Superfície Localizado. 7. LSPR. I. Carvalho, Isabel Cristina dos Santos. II. Gouvêa, Paula Medeiros Proença. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Física. IV. Título.

CDD: 530

Esta obra é dedicada à minha esposa, Viviane dos Santos Araujo, que suportou ao meu lado todas as privações inerentes à opção de abrir mão de um emprego convencional e se dedicar integralmente a um programa de mestrado.

Agradecimentos

Quero agradecer à minha orientadora, Prof^a. Isabel Carvalho, por ter suportado as dificuldades oferecidas ao desenvolvimento deste trabalho.

A minha co-orientadora Dr^a. Paula Gouvêa, que fez tudo o que pode para o bom andamento do trabalho, além de acertar a minha visita ao CNPEM.

Ao CNPq e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Aos meus colegas de laboratório que me ajudaram com ideias, discussões sobre o tema e com sua prestatividade.

Ao pesquisador Dr. Mateus Cardoso e à Dr^a. Juliana Martins, por me receberem no laboratório e terem disponibilizado seu tempo e conhecimento para me auxiliar na síntese e deposição das nanopartículas de prata.

Aos técnicos e alunos dos laboratórios de química do LNLS no CNPEM que me ensinaram tudo sobre um laboratório de química.

E à minha esposa que suportou comigo as inúmeras adversidades transcorridas nesta jornada.

Resumo

Araujo, Leonardo Farias; Carvalho, Isabel Cristina dos Santos; Gouvêa, Paula Medeiros Proença. **Síntese de nanopartículas metálicas e cavidade Fabry-Perot em fibras para aplicações em sensoriamento óptico**. Rio de Janeiro, 2013. 61p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Física, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Nanopartículas metálicas apresentam um pico no espectro de absorção devido ao efeito de LSPR (Localized Surface Plasmon Resonance – Ressonância de Plasmon de Superfície Localizado). A posição espectral do pico depende da forma, do tamanho, do material das nanopartículas e do índice de refração do meio em que se encontra. Conhecendo como a posição espectral deste pico varia de acordo com o índice de refração externo, pode-se utilizar, em princípio, estas nanopartículas como elemento sensor para medir a refração de líquidos e gases. Um sensor de índice de refração foi desenvolvido fabricando-se nanopartículas metálicas na extremidade de uma fibra óptica. Estas nanopartículas foram fabricadas a partir de um filme de ouro evaporado na extremidade de uma fibra óptica que depois foi aquecida. As nanopartículas assim formadas possuem uma distribuição não homogênea de forma e tamanho. De forma a se obter um maior controle do tamanho e da forma das nanopartículas metálicas fabricadas para o desenvolvimento de um sensor óptico com maior controle dos parâmetros, foi investigada nesta dissertação a formação de nanopartículas de prata por síntese química. Diferentes processos para a síntese foram investigados. As nanopartículas de prata localizadas na extremidade da fibra óptica foram caracterizadas quanto à resposta do sinal de LSPR quando as nanopartículas estavam em contato com meios com diferentes índices de refração. Visando ainda a investigação de sistemas de fibras ópticas com aplicação em sensoriamento, foi realizada uma simulação da deformação de cavidades elípticas formadas no interior de fibras ópticas quando estas estão sujeitas à aplicação de uma tensão longitudinal da fibra. Este tipo de cavidade pode ser usada como sensor de deformação devido à interferência das múltiplas reflexões no interior da cavidade.

Palavras-chave

Nanopartículas de prata; Índice de refração; Cavidade Fabry-Perot; Fibra óptica; Ressonância de Plasmon de Superfície Localizado; LSPR.

Abstract

Araujo, Leonardo Farias; Carvalho, Isabel Cristina dos Santos; Gouvêa, Paula Medeiros Proença. **Metallic nanoparticles synthesis and Fabry-Perot cavity in fibers for optical sensing applications.** Rio de Janeiro, 2013. 61p. MSc Thesis – Department of Physics, Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro.

Metallic nanoparticles show a peak in the absorption spectrum due to the Localized Surface Plasmon Resonance (LSPR) effect. The position of this peak depends on the shape, size and the type of the nanoparticles as well as on the refractive index of the surrounding media. From the dependence of the position of the peak with the external refractive index, it is possible to use these nanoparticles as a sensor element to measure the refractive index of liquids and gas. A refractive index sensor was developed with nanoparticles deposited at the end face of an optical fiber. These nanoparticles, fabricated from a heated gold film deposited at the end face of the fiber, have a non homogenous distribution of size and form. In order to obtain a better control of the size and form of the fabricated metallic nanoparticles, aiming the development of an optical sensor with control of the involved parameters, it was investigated in this work the formation of silver nanoparticles by chemical synthesis. Furthermore, extending the investigation of fiber optics systems with applications on sensing, it was performed a simulation of the deformation of elliptical air cavities, formed in the interior of optical fibers, under the effect of longitudinal stress along the fiber. This type of system can be used as a deformation sensor due to the multiple interference reflections in the interior of the cavity.

Keywords

Silver nanoparticle; Refractive index; Fabry-Perot cavity; Fiber optics; Localized Surface Plasmon Resonance; LSPR.

Sumário

1 Introdução	9
2 Sensores a fibra: LSPR	12
2.1. O efeito LSPR	13
2.2. Sensores LSPR a fibra	18
3 Síntese e Deposição de Nanopartículas	21
3.1. Síntese das nanopartículas	22
3.2. Deposição das nanopartículas nas fibras	24
4 Caracterização do Sensor LSPR com Nanopartículas de Prata	27
4.1. Montagem experimental	28
4.2. Sinal refletido no sensor com nanopartículas de prata	30
4.2.1. Citrato + MPTMS	33
4.2.2. PVP + APTES	34
4.2.3. PVP + GPTMS	36
4.2.4. CTAB + MPTMS	39
4.2.5. Análise da subida	40
5 Cavidades Fabry-Pérot no Interior de Fibras Ópticas	43
5.1. O interferômetro Fabry-Pérot em fibra	44
5.2. Simulação da deformação da cavidade	45
6 Conclusão	49
7 Bibliografia	52
8 Anexo: Artigo Publicado em Periódico Internacional	54