

Dispositivos optoeletrônicos nanoestruturados: fotodetectores e células solares

Laboratório de semicondutores e dispositivos optoeletrônicos (LSDOpto)

Instituto de Física – IF / UFRJ

Prof. Mauricio Pamplona Pires

Prof. Germano Maioli Penello

Laboratório de Semicondutores (LabSem)

Centro de Estudos em Telecomunicações – CETUC / PUC-Rio

Profa. Patrícia Lustoza de Souza

1 – Tipo de Projeto

Projeto de Pesquisa

2 – Tipo de Instrumento

Convênio de Cooperação Acadêmico, Técnico, Científico e Cultural

3 – Dados Cadastrais

Partícipe 1				C.N.P.J
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO				33.663.683/0001-16
Endereço				
Sala 437, Bloco A, Centro de Tecnologia, Av. Athos da Silveira Ramos, 149 - Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ, 21941-909				
Cidade	UF	CEP	Telefone	UG / Cód. Gestão
RIO DE JANEIRO	RJ	21941-901	(21) 3938-7940	153115/15236
Nome do Coordenador do Acordo pela UFRJ				CPF
Mauricio Pamplona Pires				667296457-68
Unidade				Matrícula SIAPE
Instituto de Física				1466484
Endereço Eletrônico (e-mail)				Telefone
pires@if.ufrj.br				(21) 3938-7940

Partícipe 2				C.N.P.J
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio				33.555.921/0001-70
Endereço				
Rua Marquês de São Vicente 225, CETUC – Gávea – Rio de Janeiro – RJ				
Cidade	UF	CEP	Telefone	UG / Cód. Gestão
RIO DE JANEIRO	RJ	21941-901	(21) 3938-7940	153115/15236
Nome do Coordenador do Acordo pelo Partícipe 2				CPF
Patrícia Lustoza de Souza				428974839-20
Unidade				Matrícula
Centro de Estudos em Telecomunicações - CETUC				
Endereço Eletrônico (e-mail)				Telefone
plustoza@puc-rio.br				(21) 3527-2209

4 - Descrição do Projeto

Título

Dispositivos optoeletrônicos nanoestruturados: fotodetectores e células solares

Período de Execução

Início: 2022 Término: 2026

Objetivo

Este plano de trabalho visa formalizar, pelos próximos cinco anos, o acordo de cooperação entre o Laboratório de Semicondutores e Dispositivos Optoeletrônicos (LSDOpto) do Instituto de Física da UFRJ, coordenado pelos professores Maurício Pamplona Pires e Germano Maioli Penello, e o Laboratório de Semicondutores (LabSem) do Centro de Estudos em Telecomunicações da PUC-Rio, coordenado pela professora Patrícia Lustoza de Souza. Ambos os laboratórios trabalham com amostras semicondutoras do grupo III-V com o objetivo de elaborar dispositivos optoeletrônicos nanoestruturados, mais especificamente células solares de terceira geração e fotodetectores de infravermelho de poços e pontos quânticos. Os dois grupos já possuem uma forte interação, possuindo diversas publicações recentes conjuntas em periódicos e em participações em congressos (1-17). Esta parceria visa fortalecer o vínculo entre os dois laboratórios potencializando as capacidades de produção de conhecimento, tendo como contrapartida a troca de conhecimento sem implicar em transferência de recursos financeiros entre as partes.

Justificativa do Projeto

Dispositivos projetados através de cálculos oriundos da mecânica quântica são responsáveis por grandes mudanças em nossa vida diária. Transistores, lasers e câmeras térmicas são exemplos de dispositivos e sistemas que não seriam possíveis de se obter analisando a matéria classicamente. Os dispositivos nanoestruturados, que possuem propriedades sem precedentes, já produziram grande impacto científico, econômico e social no mundo. Os dois grupos partícipes deste acordo de cooperação pesquisam alternativas para melhorar a eficiência de células solares de terceira geração e aprimoram o desenvolvimento de uma nova classe de fotodetectores de infravermelho, os detectores de espelhos de Bragg quânticos.

As instalações do LabSem estão equipadas com um equipamento de epitaxia de metal-orgânico por fase vapor (MOVPE) com medições *in situ* que permitem o controle preciso do crescimento das nanoestruturas, possuindo também um ambiente de sala limpa com sala amarela para fotolitografia. A caracterização óptica das amostras crescidas e a caracterização elétrica dos dispositivos finalizados podem ser realizadas tanto na PUC-Rio quanto na UFRJ, com medidas complementares sendo realizadas em cada laboratório. Em resumo, essa parceria assegura que todas as etapas necessárias para a criação de um dispositivo (idealização da amostra, crescimento, processamento, caracterização óptica e elétrica) sejam desenvolvidas nessa interação entre os dois laboratórios.

Os dois grupos também interagem na criação de um programa computacional (e^mulate) que simula a estrutura de bandas dos materiais semicondutores a serem fabricados no laboratório. A utilização do programa é uma importante etapa de previsão dos resultados experimentais, garantindo uma economia de recursos ao evitar desperdícios de tempo e material na fabricação de dispositivos que não funcionariam como desejado. Esse programa está sob constante aprimoramento e envolve atualmente estudantes e pós-docs dos dois grupos.

Metas

O desenvolvimento de tecnologia nacional é algo muito desejável para o crescimento econômico regional e do país como um todo. O impacto em se fortalecer um grupo de pesquisa experimental na área de optoeletrônica é percebido quando se analisa a importância da ciência no desenvolvimento de tecnologias inovadoras. O domínio da fabricação de dispositivos optoeletrônicos é um passo na direção de se obter autonomia de produção de tecnologia de ponta, que tem laços diretos com a soberania nacional por se tratar de uma área estratégica.

A formação de recursos humanos nessa área é um dos impactos diretos deste projeto. Além da formação de recursos humanos, os dispositivos que são fabricados devido a esta colaboração têm um altíssimo potencial para virar um dispositivo comercializável, com a possibilidade de se vislumbrar iniciativas na criação de empresas na comercialização dessa tecnologia. A formação de alunos de graduação, mestrado e doutorado numa área multidisciplinar é fundamental para estimular esse processo de geração de um ambiente que favoreça o empreendedorismo.

Este projeto irá projetar, fabricar e caracterizar dispositivos semicondutores nanoestruturados. Uma meta de longo prazo é estimular um grupo de pesquisa que irá futuramente trabalhar não apenas com um fotodetector, mas uma matriz de detectores para fabricar uma câmera de infravermelho. Outra meta está no domínio da tecnologia de fabricação de células solares de terceira geração que também são

pesquisadas pelos nossos grupos. Este projeto é apenas um passo na consolidação dos grupos de pesquisa na área de optoeletrônica. A formação de recursos humanos, novamente, faz com que novas tecnologias possam surgir a partir desse projeto.

Os dois grupos contam com uma equipe de alunos e pós-docs que participarão ativamente desde o início da parceria, tendo acesso aos laboratórios com autorização dos coordenadores, sempre que necessário. Atualmente, o grupo do LabSem conta com 1 aluno de mestrado, 3 alunos de doutorado e 3 pós-docs. O grupo do LSDOpto conta com 3 alunos de Iniciação Científica, 3 alunos de mestrado, 2 alunos de doutorado e 1 pos-doc.

Plano de Aplicação dos Recursos Financeiros e Cronograma de Desembolso

Este acordo não implicará em transferência de recursos financeiros entre os convenentes.

5 – Atividades do Projeto

Em linhas gerais, as atividades a serem desenvolvidas com este acordo consistem em idealizar, fabricar e caracterizar novos dispositivos optoeletrônicos. Adicionalmente, será realizado o aperfeiçoamento do programa computacional desenvolvido pelos membros do grupo. A tabela 1 apresenta as atividades e os indicadores de progresso que serão monitorados ao longo dos cinco anos de vigência do acordo.

Tabela 1: Detalhamento de atividades e indicadores de progresso.

#	Atividade	Indicador de progresso	Início	Término
1	Aprimoramento do programa computacional e-mulate	Comparação dos cálculos com resultados de amostras já fabricadas	2022	2026
2	Idealização de novos dispositivos	Avaliação da viabilidade do crescimento	2022	2026
3	Crescimento de amostras nanoestruturadas	Avaliação das caracterizações estruturais e ópticas	2022	2026
4	Fabricação dos dispositivos	Avaliação das caracterizações elétricas	2022	2026

5	Caracterização dos dispositivos	Avaliação dos resultados dos dispositivos e comparação com dispositivos da literatura	2022	2026
6	Submissão de trabalhos de pesquisa para eventos	Apresentação oral ou poster em eventos	2022	2026
7	Redação de artigos e patentes	Publicação de periódicos e patentes	2022	2026

Referências bibliográficas

- [1] Szwarcman, D; Penello, G. M.; Kawabata, R.; Pires, M P.; Souza, P. L.; Journal of Food Engineering, v. 308, p. 110676, (2021).
- [2] V. B. Souza; P. L. Souza; G. M. Penello; M. P. Pires; D. Sivco; P. H. Pereira; C. Gmachl.; JICS. Journal of Integrated Circuits and Systems v. 15, p. 1-5 (2020)
- [3] G. M. Penello; M. Helm; P. H. Pereira; M. P. Pires; H. Schneider; P. L. Souza.; JICS. Journal of Integrated Circuits and Systems, v. 15, p. 1-6 (2020)
- [4] P. H. Pereira; G. M. Penello; M. P. Pires; D. Sivco; C. Gmachl; P. L. Souza.; Journal of Applied Physics, v. 125, p. 204501 (2019)
- [5] G. M. Penello; P. H. Pereira; L. Guerra; L. D. Pinto; R. Jakomin; R. T. Mourão; M. H. Degani; M. Z. Maialle; D. Sivco; C. Gmachl; M. P. Pires; P. L. Souza.; Annalen der Physik, v. 1, p. 1800462 (2019)
- [6] G. M. Penello, P. H. Pereira, M. P. Pires, D. Sivco, C. Gmachl, P. L. Souza, Applied Physics Letters, 112, 033503 (2018)
- [7] Pereira, P. H.; G. M. Penello; Pires, M. P.; Sivco, D. L.; Gmachl C. F.; Souza, P. L. ; 32nd Symposium on Microelectronics Technology and Devices (SBMicro), Fortaleza (2017)
- [8] Pereira, P. H.; G. M. Penello; Pires, M.P.; Sivco, D. L.; Gmachl C. F.; Souza, P. L.; 14th International Conference on Intersubband Transitions in Quantum Wells (ITQW), Cingapura (2017)
- [9] Fernandes, F. M.; G. M. Penello; Souza, P. L.; PIERS 2017 - Progress in Electromagnetics Research Symposium, 2017, São Petersburgo. PIERS St Petersburg (2017)
- [10] Guerra, L.; G. M. Penello; Pinto, L. D.; Mourao, R. T.; Jakomin, R.; Pires, M. P.; Degani, M. H.; Maialle, M. Z.; Vieira, G. S.; Souza, P. L.; Quantum Structure Infrared Photodetectors Conference QSIP 2016, Tel Aviv. Detailed Program, (2016)

- [11] G. M. Penello, M. H. Degani, M. Z. Maialle, R. M. Kawabata, D. N. Micha, M. P. Pires, and P. L. Souza, *IEEE Journal of Quantum Electronics* 52, 1 (2016).
- [12] Pereira, P. H.; G. M. Penello; Sivco, D. L.; Gmachl, C.; Souza, P. L.; XV Brazilian MRS Meeting, 2016, Campinas. XIVSBPMat-Anais, (2016)
- [13] L. Guerra, G. M. Penello, M. Pires, L. Pinto, R. Jakomin, R. Mourão, M. Degani, M. Maialle, and P. Souza, *IEEE Photonics Technology Letters* 28, 1641 (2016).
- [14] Guerra, L.; G. M. Penello; Pinto, L. D.; Mourao, R. T.; Jakomin, R.; Pires, M.P.; Degani, M. H.; Maialle, M. Z.; Souza, P. L.; The 13th International Conference on Intersubband Transitions in Quantum Wells, 2015, Viena. Conference Program, (2015)
- [15] Guerra, L.; G. M. Penello; Pinto, L. D.; Jakomin, R.; Mourao, R. T.; Pires, M. P.; Degani, M. H.; Maialle, M. Z.; Souza, P. L.; 29th Symposium on Microelectronics Technology and Devices (SBMicro), 2014, Aracaju. (2014)
- [16] Guerra, L.; G. M. Penello; Pinto, L. D.; Mourao, R. T.; Jakomin, R.; Pires, M.P.; Degani, M. H.; Maialle, M. Z.; Souza, P. L.; Quantum Structure Infrared Photodetector International Conference QSIP 2014, Santa Fe, New Mexico. (2014)
- [17] G. M. Penello, M. H. Degani, M. Z. Maialle, M. P. Pires, and P. L. Souza, *IEEE Journal of Quantum Electronics* 49, 747 (2013).



Mauricio Pamplona Pires

Professor Adjunto IV do Instituto de Física da UFRJ



Patrícia Lustoza de Souza

Professora Titular do CETUC PUC-Rio