



Serviço Público Federal  
Universidade Federal do Pará  
Instituto de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica  
Av. Augusto Correa, 01 – 66075 -110 – Belém – Pará - Brasil.  
Telefone/fax: (0xx 91) 3201 – 7634 / e-mail: [ppgee@ufpa.br](mailto:ppgee@ufpa.br)

## EMENTA

INSTITUTO: <b>Instituto de Tecnologia / UFPA</b>		DEPARTAMENTO: <b>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica - PPGEE</b>		
CÓDIGO: <b>PPGEE0246</b>	NOME DA DISCIPLINA: <b>TÓPICOS ESPECIAIS EM TELECOMUNICAÇÕES: DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS E FOTONICOS DE NANOTUBOS DE CARBONO E DE GRAFENO</b>	TIPO: <b>Optativa</b>	CH <b>60</b>	CR <b>04</b>
ÁREA (S): <b>Telecomunicações</b>		LINHA (S) DE PESQUISA: <b>Eletromagnetismo Aplicado</b>		
<b>Súmula:</b> <b>I. Visão geral de nanotubos de carbono e grafeno</b> Uma breve história do nanotubos de carbono e grafeno. Síntese de nanotubos e de grafeno. Técnicas de caracterização. <b>II. Elétrons em sólidos: uma introdução básica</b> A mecânica quântica dos elétrons em sólidos. Um elétron no espaço vazio. Um elétron em um sólido finito vazio. Um elétron em um sólido periódico: modelo de Kronig-Penney. Estrutura básica de cristal de sólidos. Estrutura básica de um sólido cristalino. A rede Bravais. <b>III. Grafeno</b> A rede direta e recíproca. Estrutura de banda eletrônica. Dispersão de energia tight-binding. Dispersão linear de energia e densidade de portadores. Nanofitas de grafeno. <b>IV. Nanotubos de carbono</b> Quiralidade: um conceito para descrever nanotubos. Zona de Brillouin do nanotubo de carbono. Estrutura de banda e a derivação da banda proibida. Limitação do formalismo tight-binding. <b>V. Propriedades de nanotubos de carbono</b> Densidade de estado para elétrons livres em uma dimensão. Densidade de estado nanotubo zigzag, armchair e quiral e densidade de estados universal para os nanotubos de carbono semicondutores. Velocidade de grupo. Massa efetiva. Densidade de portadores. Condutância quântica. Condutância quântica de nanotubos de carbono de parede múltipla. Capacitância quântica do grafeno. Capacitância quântica de nanotubos de carbono metálicos. Capacitância quântica de nanotubos de carbono semicondutores. Indutância cinética de nanotubos de carbono metálicos. Condutância quântica. <b>VI. Interconexões de nanotubos de carbono</b> Espalhamento de elétrons. Modelo de resistência para nanotubo de carbono de parede simples de baixo campo. Modelo de resistência para nanotubo de carbono de parede simples de alto campo e densidade de corrente. Modelo de interconexão de linha de transmissão. Modo de transmissão em linha com perdas nanotubo de carbono.				



Serviço Público Federal  
Universidade Federal do Pará  
Instituto de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica  
Av. Augusto Correa, 01 – 66075 -110 – Belém – Pará - Brasil.  
Telefone/fax: (0xx 91) 3201 – 7634 / e-mail: [ppgee@ufpa.br](mailto:ppgee@ufpa.br)

## **EMENTA**

### **VII. Transistores de nanotubos de carbono de efeito de campo**

(CNFET)

Geometria do dispositivo nanotubos de carbono de efeito de campo. Teoria balística para contatos ôhmicos em nanotubos de carbono. Parâmetros de desempenho balístico CNFET. Diferença entre convencionais 2D MOSFETs e FETs 1D balísticos.

### **VIII. Aplicações de nanotubos de carbono e grafeno**

Dispositivos eletrônicos. Dispositivos fônicos passivos de THz e ótica. Sensores químicos e biossensores.

#### **Bibliografia:**

- [1] H.S. Philip Wong, Dejiakinwande, Carbon nanotube and graphene device physics, Cambridge University, 2011.
- [2] Neil W. Ashcroft, N. David Mermin, Solid state physics, Lect. Holt, Rinehart and Winston, 1976.
- [3] I. Oliveira, V. de Jesus, Introdução a física do estado sólido, Editora livraria da física, São Paulo, 2005.

PROFESSOR (A):

**Victor Alexandrovich Dmitriev**

Atualizada em: 04/04/2024