

Células Fotovoltaicas

Aluno: Daniel de Lima Liers

Orientador: Marco Aurélio C. Pacheco

Introdução

Esse projeto visa desenvolver células solares baseadas em nanoestruturas semicondutoras auxiliadas por algoritmos genéticos, como fonte de energia renovável. São dois tipos de células. A primeira delas sendo células de alta eficiência com semicondutores da classe III-V. Já o segundo tipo de células, são as híbridas de baixo custo com semicondutores III-V também. Por fim o auxílio dos algoritmos genéticos busca aperfeiçoar o funcionamento dessas células, inspirados na evolução natural e genética.

Objetivos

Primeiramente busca-se testar a viabilidade de aumentar a eficiência das células solares de semicondutores III-V introduzindo camadas de pontos ou poços quânticos no intuito de absorver a parte infravermelha que não é absorvida atualmente. Através de Inteligência Computacional desenvolver técnicas para a otimização das células fotovoltaicas híbridas, dessa forma sendo possível a produção de dispositivos de baixo custo e com boa eficiência. Por fim busca-se preparar e testar a eficiência dessas células.

Metodologia

A metodologia ainda não foi posta em prática devido ao laboratório de pesquisa de energia solar (SOLEIL) estar em fase final de construção. Porém houve estudos sobre como trabalhar no desenvolvimento das técnicas para a otimização dos dispositivos fotovoltaicos.

Em relação ao primeiro objetivo, estruturas *pin* de células solares de InGaAs, GaInP e InAlAs serão crescidas pela técnica de epitaxia na fase vapor utilizando metalorgânicos sobre substrato de InP onde os dopantes *n* e *p* serão o Si e o Zn. As estruturas devem ser semelhantes às descritas nas referências de 1 a 3. Essas estruturas serão caracterizadas através de medidas de corrente e voltagem para se determinar a voltagem de circuito aberto, corrente de curto circuito, *fill factor* e a eficiência. Outra medida que será importante é a de resposta espectral onde a corrente produzida pela célula solar será medida em função do comprimento de onda da luz incidente. Finalmente medidas de absorção do espectro solar serão feitas. A estrutura crescida deverá ser otimizada.

A segunda etapa do processo será o acoplamento de poços e pontos quânticos de InGaAs e InAs, respectivamente, nessas estruturas. Cresceremos uma amostra com camadas de poços quânticos de InGaAs/InAlAs dopados com Si e outra com camadas de pontos quânticos de InAs com o mesmo tipo de dopagem. Em seguida cresceremos sobre tais camadas a mesma estrutura otimizada obtida na etapa precedente. As mesmas medidas de caracterização das estruturas serão feitas nessas duas novas amostras. Os resultados obtidos com a amostra simples serão comparados com os fornecidos pelas amostras que contém poços e pontos quânticos acoplados. A absorção no infravermelho deve ser mais elevada. A estrutura que apresentar melhor desempenho, a acoplada com poços ou com pontos quânticos,

será selecionada e deverá então ser otimizada. Assim, pretendemos demonstrar que com as estruturas inéditas propostas por nós é possível aumentar ainda mais a eficiência das atuais células solares.

Certamente não se pode prever com precisão a duração do período de otimização das amostras, pois há vários parâmetros envolvidos: composição das ligas, dopagem, espessura das diferentes camadas e condições de crescimento epitaxial. Caso haja tempo hábil ainda dentro do projeto, pretendemos, numa terceira etapa, crescer estruturas de células tandem com e sem acoplamento a poços ou pontos quânticos e fazer o mesmo estudo comparativo.

Em relação ao segundo objetivo, o emprego de técnicas de Inteligência Computacional na área de células solares tem sido pouco explorado ainda, apesar do grande potencial em obter soluções impensáveis por um especialista e com grandes melhorias, como foi reportado em alguns trabalhos deste grupo. A utilização destas técnicas no projeto de dispositivos fotovoltaicos é possível devido à existência de modelos físicos confiáveis e capazes de serem implementados em computador.

Neste trabalho será realizada a construção de um simulador baseado no trabalho teórico e em trabalhos experimentais de dispositivos fotovoltaicos. A validação dos resultados obtidos pelo software será feita por comparação com os trabalhos teóricos e por experimentos laboratoriais. O desenvolvimento do simulador das nanoestruturas será feito utilizando linguagem C. Com o intuito de buscar um software de alto desempenho, técnicas de programação paralela serão utilizadas. Duas abordagens serão consideradas. A primeira visa desenvolver um programa paralelo, sob o paradigma de memória compartilhada. Esta abordagem tem como finalidade aproveitar os recursos da arquitetura multicore presente em cada nó do cluster. A segunda abordagem visa o paradigma de troca de mensagens para permitir que o programa seja distribuído pelos diversos nós de um cluster. Utilizando estas duas abordagens é possível aproveitar todos os recursos de hardware que o equipamento dispõe. O simulador será construído utilizando modelos físicos bastante estudados e de validade confirmada e será baseado nos modelos teóricos conhecidos.

O método para construção de células solares ótimas é um processo de escolha de diferentes parâmetros de síntese. Eles têm de ser ajustados de forma a maximizar a eficiência e minimizar os custos de produção. Geralmente estes objetivos são conflitantes na construção deste tipo de dispositivo. É uma quantidade muito grande de dados para serem ajustados junto com metas conflitantes, o que torna o problema de difícil resolução para um ser humano, porém a utilização do computador é conveniente, uma vez que é capaz de realizar atividades rotineiras de forma muito rápida. Deste modo pode-se utilizar o computador associado a um modelo inteligente de otimização para buscar a melhor configuração para uma célula solar.

Os Algoritmos Evolutivos são largamente utilizados nestes tipos de aplicações. Várias razões podem ser identificadas para esta popularidade. Primeiramente, os métodos evolutivos têm mostrado bons resultados em problemas em que muitos outros métodos falharam. Essencialmente, Algoritmos Genéticos constituem métodos de busca e otimização, altamente paralelos, inspirados nos princípios Darwinianos de seleção natural e reprodução genética, que privilegiam os indivíduos mais aptos com maior longevidade e, portanto, com maior probabilidade de reprodução.

Estes algoritmos são inspirados nos processos genéticos de organismos biológicos para procurar soluções ótimas ou sub-ótimas. Para tanto, procede-se da seguinte maneira: cada possível solução de um problema pode ser codificada em uma estrutura chamada “cromossomo”, que é composta por uma cadeia de *bits* ou símbolos. Então, esses cromossomos representam indivíduos, que são evoluídos ao longo de várias gerações, de forma similar aos seres vivos, de acordo com os princípios da seleção natural e sobrevivência dos mais aptos, conforme descrito por Charles Darwin em seu livro “A Origem das espécies”. Simulando estes processos, os algoritmos genéticos são capazes de “evoluir” soluções de

problemas do mundo real. Neste projeto os Algoritmos Genéticos serão aplicados para obtenção da melhor configuração de células solares que forneça dispositivos de alta eficiência e de baixo custo.

O sistema de inferência de parâmetros experimentais dos dispositivos nanoestruturados utilizará uma ou mais das seguintes técnicas: Redes Neurais, Lógica Fuzzy ou Programação Genética. Os dados e os resultados de experimentos já realizados ou a serem realizados neste projeto serão apresentados aos sistemas de inferência como forma de treinamento. Estes dados serão divididos em dois: treinamento e teste. Primeiramente, os valores dos padrões de treinamento serão apresentados ao sistema de inferência que será atualizado até apresentar um erro de saída aceitável, comparando sempre com os valores reais. Em seguida, os valores dos padrões dos conjuntos de testes, que não foram apresentados ao sistema no processo de treinamento, serão usados para validar o aprendizado do sistema. Caso o erro seja pequeno suficiente, o sistema estará apto a responder corretamente a qualquer outro padrão de entrada que lhe será apresentado e assim o sistema de inferência de parâmetros de experimentos estará disponível aos usuários. O sistema de inferência pode facilmente fazer a previsão dos impactos de um determinado parâmetro na síntese dos nanodispositivos.

A combinação de um sistema de inferência com um sistema de otimização por Algoritmo Genético permitirá aos pesquisadores descobrir quais os parâmetros ótimos para a realização de síntese de um determinado nanodispositivo, eliminando os custos de experimentos de tentativa e de erro. O software de inferência desenvolvido neste trabalho será utilizado na síntese das células solares, podendo posteriormente ser estendido para outros dispositivos que utilizem nanoestruturas semicondutoras, tais como sensores e lasers.

Os compostos orgânicos, polímeros orgânicos, corantes orgânicos e os filmes de óxidos metálicos serão sintetizados reproduzindo metodologias de sínteses atuais e bem reportadas na literatura [20-25]. São metodologias simples, eficientes e rápidas. Caso seja necessário, algumas adaptações e modificações serão realizadas. Os reagentes, materiais e solventes usados em todas as sínteses serão adquiridos de fontes comerciais. Dependendo dos resultados dos estudos teóricos e de simulação computacional, serão propostas algumas alterações nas estruturas das moléculas orgânicas já estudadas teoricamente e mais promissoras, visando desenvolver, inicialmente, teoricamente, estruturas orgânicas e orgânicas poliméricas mais eficientes para a síntese de compostos inéditos que serão usados em células fotovoltaicas.

As estruturas das moléculas orgânicas, dos polímeros orgânicos, dos corantes orgânicos e dos filmes isolados e purificados serão caracterizadas pelas técnicas convencionais de análise química: espectroscopia vibracional (IV - FTIR), Raman e eletrônica (UV-visível). A determinação estrutural destes compostos será também feita empregando o método de difração de raios-X.

Nas análises termogravimétricas, as moléculas orgânicas, os polímeros orgânicos, os corantes orgânicos e os filmes de óxidos metálicos serão acondicionados em cadinhos de platina e pesados em balança termogravimétrica acoplada ao espectrofotômetro FTIR. A análise termogravimétrica gera como resultado uma curva de decomposição térmica que fornece os percentuais dos fragmentos de massa perdidos em função da temperatura. Estes fragmentos serão simultaneamente analisados por espectroscopia de infravermelho. Os elementos C, H, e N, bem como O e S serão analisados simultaneamente mediante curva de calibração obtida com padrões secos e de alta pureza em condições iguais às das análises, com tempo de queima de 600 segundos, sob temperatura de 1000 oC e fluxo de gás hélio. As amostras serão pesadas em balança analítica com precisão de 10⁻⁴g entre 2 a 3 mg de cada amostra, acondicionadas

em cápsula de estanho. Todas as análises serão feitas em triplicata e irão fornecer o percentual de carbono, hidrogênio e nitrogênio, bem como O e S das amostras.

Conclusões

Devido o laboratório ainda não estar pronto , não foi possível por em pratica a metodologia propriamente dita e chegar a conclusões concretas através de dados. Mas com os estudos feitos é possível ver o potencial de desenvolvimento desta área de dispositivos fotovoltaicos.

Pretende-se desenvolver um simulador que descreva com fidelidade um dispositivo fotovoltaico com poços quânticos, bem como a obtenção de protótipos de células solares híbridas baseadas em nanoestruturas que validem o design e que permitam estimar a eficiência e os custos de produção industrial destes dispositivos em larga escala.

Referências

- 1- Dr. Marco Aurélio C. Pacheco .
- 2- <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=imagem-3d-otimizar-celulas-solares-organicas&id=010115091002>
- 3- Dra Jacqueline Alves.