

1 Introdução

Os avanços da indústria eletrônica requerem materiais que realizem funções que anteriormente não eram alcançadas pelos materiais tradicionais. Atualmente, o desenvolvimento de LASERs (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) e LEDs (Light Emitting Diodes) azuis para uso na indústria eletro-eletrônica estão entre as tecnologias mais pesquisadas.

Os nitretos derivados do Grupo III (AlN, GaN, InN) são materiais promissores na área eletro-eletrônica. Dentre estes nitretos, o nitreto de gálio (GaN) apresenta luminescência azul quando submetido a uma passagem adequada de corrente. As aplicações possíveis para os LASERs e LEDs azuis fazem com que haja um intenso esforço de pesquisas em torno de novas rotas de síntese e das propriedades eletro-ópticas apresentadas pelo GaN.

Um LED é uma fonte que emite luz em uma determinada faixa de comprimento de onda. O laser emite de maneira semelhante a um LED. No LASER, no entanto, toda a luz obtida a partir do dispositivo, está focada em um único feixe.

Os LASERs foram, primeiramente, desenvolvidos a partir de tubos de gás e em outros aparatos fisicamente volumosos. Para se tornarem viáveis economicamente devem se tornar pequenos, baratos, menos frágeis e preferencialmente no estado sólido¹. O raio LASER é gerado quando o material sólido é submetido a uma carga elétrica específica, a qual excita seus elétrons, provocando a emissão de fótons. Os fótons são amplificados e refletidos através de microscópicos espelhos existentes nas camadas internas do sólido cristalino gerador de forma a “emergirem” em uma extremidade do cristal, como um único feixe. Atualmente, o LASER azul é obtido a partir do carbeto de silício, SiC e do GaN. Estes LASERs, no entanto, ainda não são viáveis comercialmente. O custo atual de um LASER azul produzido pela *Nichia Co.* a partir do GaN oscila em torno de US\$ 2000,00. Há um consenso entre as grandes empresas indicando que para a viabilização comercial o seu custo não pode ultrapassar o valor de US\$ 10,00 a unidade¹. Além do custo, o tempo de vida útil, que atualmente corresponde a poucas horas, é uma outra barreira tecnológica.

O LED azul tem muitas aplicações devido a sua alta eficiência energética. Atualmente, os LEDs desenvolvidos ainda não alcançaram o aproveitamento

desejado de energia, no entanto, o atual estágio de desenvolvimento deste tipo de dispositivo mostra que esta meta de eficiência será alcançada em breve. Em termos comparativos, uma lâmpada de sódio, funcionando sem interrupções durante um ano, representa um gasto de US\$ 53,00. Um LED, nas mesmas condições operacionais, apresenta um gasto de apenas US\$ 7,00. Em relação ao tempo de vida útil, enquanto uma lâmpada comum tem este tempo estimado em apenas 750 horas, um LED apresenta durabilidade superior a 100.000 horas. Todos estes pontos têm levado inúmeras empresas a investirem maciçamente na pesquisa deste dispositivo². Em 1998 o mercado total para LEDs foi estimado em US\$ 2,5 bilhões sendo dois terços deste total relativo aos LEDs vermelhos e infravermelhos baseados em GaAs / AlGaAs ou GaInP. O restante está relacionado aos LEDs verdes e azuis quase inteiramente baseados em InGaN.³

Mesmo levando em consideração as inúmeras vantagens dos LEDs azuis, a principal meta buscada pelas empresas de alta tecnologia é a obtenção comercialmente viável do LASER azul. Além da *Nichia* - empresa japonesa que está na vanguarda no desenvolvimento do LASER baseado em GaN -, grandes empresas como a Xerox, Sony, Fujiitsu, Bosch e Hewlett-Packard estão trabalhando para alcançar um material viável para a produção de LASER azul.

Esta busca é motivada, principalmente, pela possibilidade de substituição dos atuais LASERs vermelhos usados para gravar e ler informações em DVDs. A gravação de um DVD a partir da utilização de LASER azul possibilita triplicar a capacidade de armazenamento de informação. Isto significa que um DVD gravado a partir de um LASER azul tem sua capacidade ampliada para 15 *Gigabytes* contra 4,5 *Gigabytes* obtidos pelo processo atual de gravação¹.

Os trabalhos publicados na literatura a respeito do GaN, mostram a intensificação da pesquisa em síntese, análise de propriedades e caracterização deste material nos últimos seis anos. Os primeiros trabalhos de pesquisa estavam voltados apenas para a síntese de filmes de GaN através de métodos de deposição a partir da fase vapor, como MOVPE (Metalorganic Vapor Phase Epitaxy)⁵, MOCVD (Metalorganic Chemical Vapor Deposition)⁶⁻⁹, CBE (Chemical Beam Epitaxy)¹⁰ HVPE (Hydrogen Vapor Phase Epitaxy)¹¹, MBE (Molecular Beam Epitaxy)¹²⁻¹³, LEO (Lateral Epitaxy Overgrowth)¹⁴⁻¹⁵ e implante de íons através do método PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)¹⁶.

A síntese de GaN em pó não é recente²³⁻²⁷. Os primeiros trabalhos publicados nesta área, no entanto, não se preocupavam com a qualidade do material obtido, mas apenas com o desenvolvimento de uma rota de síntese inorgânica para um composto cerâmico sem nenhuma aplicação prática. Os trabalhos atuais buscam a síntese e aplicação de GaN de elevada qualidade produzido como pó²⁸⁻³⁸ e mais recentemente, também como nanofilamentos⁴³⁻⁴⁵.

O levantamento bibliográfico mostra que em todos os métodos pesquisados, o GaN em pó é produzido em reatores ou aparatos experimentais onde as condições operacionais são extremas. Assim, a obtenção do GaN só é alcançada a partir de um elevado tempo reacional, em temperaturas superiores a 1000 °C e com uso de insumos não disponíveis com elevada pureza no mercado nacional, como o gálio metálico e o óxido de gálio, Ga₂O₃.

O presente trabalho pretende estudar uma metodologia mais simples de obtenção do GaN a partir da utilização do carbono como agente redutor no meio reacional. Esta metodologia, pretende, desta maneira evitar a utilização do gálio metálico, material normalmente empregado como agente redutor nos métodos de síntese a partir da nitreção em atmosfera de amônia do óxido de gálio.

Neste trabalho é apresentado também um novo tipo de reator que favorece o contato entre as fases reagentes, possibilitando maior conversão destas fases em produto (GaN) no sistema.