

## 5 Comentários e Conclusões

Nesta dissertação foi demonstrada a geração de pulsos curtos ópticos multiplexados no domínio do tempo através da técnica de mode locked. Durante o processo de geração e estabilização dos pulsos obtidos na saída do laser em anel é importante destacar o controle da coerência .

Os diferentes tamanhos da cavidade apresentados no capítulo 2 indicam que a coerência do MLFRL esta diretamente relacionada a este fator. Sendo assim a medida que o tamanho do anel era reduzido, maior se tornava o tempo de coerência permitindo um melhor travamento de modos dentro da cavidade.

A simetria elíptica do guia de onda utilizado é totalmente diferente das configurações utilizadas nos circuitos geradores de pulsos ultra curtos ou até mesmo solitônicos. Esta combinação da polarização elíptica com a própria forma do meio de ganho da cavidade funcionou como um filtro secundário na separação e formação dos modos. Isto permitiu uma maior sensibilidade para a seleção do modo dominante propagante dentro da cavidade.

Em paralelo aos valores experimentais obtidos, um programa de computador realizou uma simulação baseado no modelo de cavidade em anel com espelhos simples através do domínio do tempo. Durante as simulações questões como ruídos de fase e amplitude foram exploradas por se tratarem de fatores responsáveis pelo baixo acoplamento de modos e conseqüentemente largura do pulso.

Os resultados obtidos através das simulações contribuíram para a compreensão do comportamento da cavidade. O sistema MLFRL utilizado operou em torno da frequência de 2.48 GHz gerando pulsos com largura de 45 ps.

Estes pulsos foram os valores padrões utilizados para análise do comportamento da cavidade e posterior multiplexação óptica. Uma característica importante que justificou o uso deste valor como referência foi o valor do duty cycle da ordem de 10%, isto permitiu que houvesse uma baixa interferência intersimbólica.

Além da geração dos pulsos curtos “efeitos colaterais”, foram observados, onde destacam-se o efeito multiplicativo, o qual através do sintetizador na frequência padrão obtia uma taxa de repetição na saída do anel até 3 vezes maior, chegando em alguns casos a 7.7 GHz. A duração destes pulsos estava compreendida entre 22 e 30 ps, um limite inferior ao da precisão fornecido pelo fabricante dos equipamentos eletrônicos de detecção.

Estes valores não foram utilizados em função de serem extremamente instáveis em amplitude bem como para multiplexação estariam acima dos valores possível de serem medidos pelo fotodetector de 17 GHz, para pulsos que estariam com taxa de repetição de 41 Ghz.

O contrário foi observado na região de 4 GHz, o efeito divisivo foi medido obtendo uma taxa de repetição da ordem de 1 GHz, com pulsos de largura de 40 ps. Deste modo a combinação dos efeitos pode ser aplicada diretamente para relógios ópticos de alta performance para processamento de redes totalmente fotônicas.

Apesar da geração dos pulsos havia a necessidade do controle da cavidade permanentemente contra agentes externos. O primeiro sistema implementado para controle da cavidade para estabilizar os modos acoplados e reduzir o nível de ruído foi a aplicação de um piezo drum. O piezo produziu o efeito contrário inseriu mais ruído ao sistema e para algumas frequências ele alterava o tempo de vóo na cavidade. Seu funcionamento era semelhante ao de um recombinação de dos modos.

Sendo assim projetei uma “geladeira“ dentro da qual isolei a cavidade. As flutuações de temperatura dentro do laboratório alteravam os travamento de modos da cavidade. O resfriamento com o uso de peutier permitiu que a cavidade operasse na temperatura de 12°C e ficasse isolada de todo o ambiente. Após a construção deste dispositivo a estabilidade modal foi atingida gerando pulsos curtos no domínio do tempo.

O *up grade* do sistema gerador de pulsos ópticos curtos em 2.48Gbps para 10 Gbps ocorreu quando os pulsos curtos foram multiplexados opticamente no domínio do tempo. Além do cuidado na geração, estabilizar os sinais em cada linha de atraso foi um trabalho hercúleo devido primeiramente as imprecisões no corte da fibra. Durante as primeiras medidas as quais formaram pulsos superpostos visto que erros maiores que 5mm prejudicaram seriamente a

formação do dado multiplexado. Uma medida para contornar a combinação exata dos pulsos foi o uso de violino( esticador de fibra) para compensar as impresões de corte.

O maior desafio para implementação do mux óptico é construir linhas de atraso com erro mínimo para que não haja superposição de pulsos. As diferenças de amplitude observadas durante a multiplexação são resultado dos valores obtidos pelo processo de solda dos elementos de fibra óptica. O setup construído permite que taxas mais elevadas também sejam alcançadas a medida que o sistema de detecção tivesse uma maior banda. A confiabilidade e a manutenibilidade são fatores importantes e possíveis de serem aplicados ao experimento.

Sendo assim vejo que o *up grade* de redes de alta velocidades comerciais pode ser implementado para taxas de 10Gbps a baixo custo visto o número reduzido de componentes adicionais. Uma importante característica no funcionamento é que o processamento do sinal na multiplexação é puramente óptico de modo que dispensa o uso de dispositivos eletrônicos extras permitindo a operação de taxas de até 40 Gbps.

A grande dificuldade existente para operacionalidade deste sistema esta contida na estabilização dos modos dentro da cavidade do anel basicamente. Pois a duração do pulso esta relacionada diretamente com a quantidade de modos acoplados, ou seja, quanto maior for o número de modos acoplados tem-se no domínio no tempo um pulso mais estreito.

Sendo necessários que técnicas de contenção, controle e correção de ruídos e interferência dentro da cavidade devem ser aplicadas para garantir a operação do sistema.

Explorar as características de efeitos multiplicativos e divisivos constituem 2 razões importantes para operação de relógios totalmente ópticos nas redes fotônicas. A capacidade de gerar os pulsos ópticos curtos através da técnica MLFRL, permite que sejam implementados excelentes relógios ópticos para operação em redes fotônicas. Destaco também a importância desta tecnologia para implementação em sistemas de detecção optoeletrônicos aplicados em defesa eletrônica.

Multiplexar opticamente o pulso na razão de 1:4 é o passo inicial para operação e observação do comportamento para taxas elevadas. A etapa seguinte a esta é observar a transmissão e recepção dos pulsos curtos ópticos gerados sob o regime *modelocked*.

Para futuros sistemas ópticos de alta velocidade este trabalho será referência para pontos sensíveis na geração e multiplexação óptica no domínio do tempo.