**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE POLARIZADORES RADIAIS.**

**Afonso Oliveira de Matos1**; Bianca Kurihari Yoshii2; Jéssica Guerreiro Santos Ramalho2, Valmara Ponte Silveira2; Valéria Loureiro da Silva3

1 Graduando em Engenharia Elétrica; Bolsista de Iniciação Tecnológica – CNPq; afonso.matos@fbter.org.br

2 Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; e-mail do orientador

3 Doutora em Física; Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; valéria.dasilva@fieb.org.br

**RESUMO**

Feixes de laser com polarização radial são importantes por permitirem a focalização do feixe num ponto menor do que com feixes depolarizados ou polarizados linearmente, com aplicações nas áreas de usinagem à laser e microscopia de campo próximo. Neste trabalho foi investigado o perfil dos feixes gerados por dois polarizadores radiais comerciais que fazem uso de tecnologias diferentes, cristal líquido e vidro microprocessado. Os resultados indicam que ambos são efetivos na geração de polarização radial, mas o de cristal líquido possui menor sensibilidade ao alinhamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Polarizador radial; gerador de vortex, *s-waveplate*.

**1. INTRODUÇÃO**

A polarização radial se torna útil quando é necessário produzir um ponto focal extremamente pequeno¹ como, por exemplo, em microscopia de campo próximo² e focalização de laser para usinagem de materiais com precisão³. Feixes com polarização radial ou azimutal podem ser obtidos passando um feixe polarizado linearmente por um polarizador radial4,5, dependendo apenas do alinhamento entre o polarizador e o eixo de polarização do feixe incidente, como indicado na figura 1. Note que nesses casos, o perfil de intensidade resultante do feixe luminoso apresenta um vazio na região central.



Fig.1 Representação da polarização radial e azimuthal.*Fonte: Torres et al.1*

Polarizadores radiais são encontrados com nomes diversos no mercado: polarizador radial, gerador de vortex e s-*waveplate*.4,5 O objetivo deste trabalho é comparar dois polarizadores comerciais produzidos com diferentes tecnologias, cristal líquido e vidro microprocessado e determinar o mais adequado para um sistema de microscopia de campo próximo. A polarização radial gerada foi analisada em termos de estabilidade e sensibilidade ao alinhamento óptico, além da verificação da qualidade da polarização utilizando um polarizador linear.

**2. METODOLOGIA**

Foram realizados dois testes, consistindo basicamente de uma mesma montagem diferindo um teste do outro apenas quanto à troca dos polarizadores radiais. Na figura 2 é apresentada esta montagem.

|  |
| --- |
|  |
| Figura 2: Montagem do sistema composto por Laser HeNe, polarizador radial, polarizador linear e lente. *Fonte: Própria*  |

O primeiro teste consistiu em posicionar um dos polarizadores radiais alinhando-o inicialmente de modo que a marcação (três traços) contida em seu anel de montagem estivesse inicialmente alinhada para cima, ou seja, alinhado com a polarização do laser, desta forma o perfil do feixe foi analisado. Em seguida, um polarizador linear, foi colocado após o polarizador linear, gerando um feixe com dois lóbulos como esperado teóricamente. O polarizador linear foi rotacionado em sentido horário e posteriormente anti-horário e para determinados ângulos foi observado à imagem resultante. Este mesmo procedimento se deu alterando a orientação do polarizador radial, ou seja, alterando a marcação de três traços de modo que fiquem ortogonais à polarização do laser. O segundo teste consistiu em substituir o polarizador radial, mantendo a mesma estrutura de montagem anterior, realizando as mesmas medições.

**3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A sensibilidade do polarizador de cristal líquido, THORLABS (WPV10L-633)4, é mostrado na figura 3, quando este é alinhado corretamente ao feixe incidente, o perfil de intensidade tem as características esperadas para um feixe radialmente polarizado (figura 3a). Para desalinhamentos na ordem de dezenas de micrometros o feixe resultante deixa de possuir o perfil característico como pode ser visto na figura 3b.

|  |  |
| --- | --- |
| a) | b) |
| *Figura 3. a)Imagem do feixe com o polarizador radial e laser HeNe alinhados e b) desalinhados . Fonte: Própria* |

A característica do perfil visto na figura 4 é decorrente de o polarizador linear permitir apenas que as componentes paralelas ao seu eixo de alinhamento passem. A figura 4 mostra que ao variar a posição angular do polarizador linear, as características do perfil resultante também variam, dependendo do alinhamento do polarizador radial em relação ao eixo de polarização do laser, o perfil acompanha a direção de rotação, já quando o alinhamento é ortogonal, a orientação de giro é invertida.

As respostas observados com o polarizador radial da fabricante WOP (RPC-632-06)5, construído usando uma tecnologia com sílica fundida foram semelhantes às apresentadas nas figuras 3 e 4, porém este polarizador apresentou maior sensibilidade ao alinhamento com o caminho óptico.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Pol. Radial em 0° e pol linear em 14°* |  *Pol. Radial em 0° e pol linear em 62°* | *Pol. Radial em 0° e pol linear em 106°* | *Pol. Radial em 0° e pol linear em 324°* |
| *Pol. Radial em 90° e pol linear em 16°* | *Pol. Radial em 90° e pol linear em 62°* | *Pol. Radial em 90° e pol linear em 108°* | *Pol. Radial em 90° e pol linear em 322°* |
| *Figura 4: Imagens do feixe mostrando o perfil de intensidade para vários ângulos do polarizador linear rodado no sentido anti-horário quando o polarizador radial está alinhado verticalmente ou horizontalmente. Fonte: Própria*  |

**4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ambos os polarizadores apresentaram boas respostas aos testes realizados, porém o elemento da fabricante WOP demonstrou maior sensibilidade ao alinhamento com o caminho óptico, tal característica pode se tornar um ponto negativo quando se trata de estabilidade e reprodutibilidade de medidas. Assim sendo, o polarizador feito com cristal líquido demostrou ser mais estável e eficiente quando comparado com o fabricado com sílica fundida, e portanto, mais adequado à um sistema de microscopia de campo próximo.

**Agradecimentos**

Agradecemos a EMBRAPII, SENAI-CIMATEC, UE-DCC/UFMG, LabNS-UFMG pelo apoio financeiro e tecnológico.

**5. REFERÊNCIAS**

1 QUABIS, S. et al.. **Focusing light to a tighter spot.** Opt. Comm,, v. 170, p. 1-7, 2000.

2 Novotny, Lukas. **Near-field optical imaging using metal tips illuminated by higher-order Hermite—Gaussian beams.** Ultramicroscopy, v.71, p.21-29, 1998.

3 TORRES, Remi. **Influence of Laser Beam Polarization on Laser Micro-Machining of Molybdenum.** Journal of Laser Micro/Nanoengineering, v. 8, n.3, p.188-191, 20134 THORLABS. Disponível em < https://www.thorlabs.com/newgrouppage9.cfm?objectgroup\_id=9098> . Acessado em 28/03/2019

5 WOP. Disonível em <<https://www.wophotonics.com/product/radial-polarization-converter-s-waveplate/> >. Acessado em 28/03/2019.

**Declaração**

Eu, **Valéria Loureiro da Silva**, orientadora de Afonso Oliveira de Matos, declaro ter realizado a análise e revisão do resumo expandido tendo como título: **“ESTUDO COMPARATIVO ENTRE POLARIZADORES RADIAIS”**.

Por ser verdade firmamos o presente.

Salvador, \_\_\_ de \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ de 2019.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Valéria Loureiro da Silva**

Professor Adjunto

SENAI CIMATEC