

可視光波長多重通信のための受信用バンドパスフィルタに関する研究

Reception band-pass filter for visible light WDM communication

北見工業大学 ○ 福山 桃可, 曾根 宏靖, 原田 建治, 菅原 詩織, 古瀬 裕章

Kitami Inst. Tech. ○ M. FUKUYAMA, H. SONE, K. HARADA, S. SUGAWARA, H. HURUSE

1 研究背景

最近, 人間の目に見える光に情報を載せて伝達する可視光通信が注目されている. また, 応答速度の早い LED (数 Mbps) が普及し, それを可視光通信に用いた研究が脚光を浴びている. さらに, 多色 LED の各色に別々の信号を入れることによって, 波長多重 (WDM) 化の高速伝送が可能となることが提案されている [1]. そのシステムは教育教材にも利用されている. その通信を行う場合, 受信側には, 各色を識別するためのバンドパスフィルタが必要である. 従来は色つきセロハンが用いられているが, 識別度が低かった.

本研究では, 簡易的なバンドパスフィルタとして Lyot Filter[2] を用いることを提案し, シミュレーションを行い, 実験値と比較して, 各波長の識別性能の調査を行った.

2 バンドパスフィルタ

Lyot Filter は偏光板で挟んだ複屈折媒質 (位相差フィルム) を多層積層することで特定波長の鋭い透過スペクトルを実現している. この原理に基づき, 位相差フィルムの枚数を換えることにより異なる色を透過できる. Lyot Filter の構成を Fig.1 に示す. 偏光板は平行ニコル配置とし, その間に位相差フィルムを複数枚挟んだ.

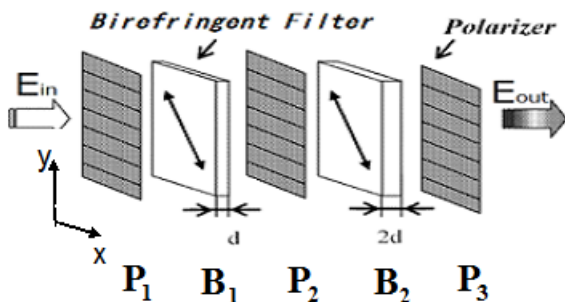


Fig. 1 Lyot Filter の基本構成

出力光の偏光状態はジョーンズベクトルにより, (1) 式に示される.

$$\mathbf{E}_{out} = \begin{pmatrix} E_x \\ E_y \end{pmatrix} = \mathbf{P}_3 \cdot \mathbf{B}_2 \cdot \mathbf{P}_2 \cdot \mathbf{B}_1 \cdot \mathbf{P}_1 \cdot \mathbf{E}_{in} \quad (1)$$

ここで $\mathbf{B}_1, \mathbf{B}_2$ を (2) 式に示す. $\mathbf{P}_1, \mathbf{P}_2, \mathbf{P}_3$ は x 成分のみを通す偏光板である.

$$\mathbf{B}_1, \mathbf{B}_2 = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} e^{i\frac{\pi}{2}} & 0 \\ 0 & e^{-i\frac{\pi}{2}} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \quad (2)$$

E_x は偏光 x の成分, E_y は偏光 y の成分である. 今回はフィルムを 45° に傾けた ($\theta=45^\circ$). フィルムの位相差

Γ はリタデーション R と波長 λ で (3) 式のように表せる.

$$\Gamma = \frac{2\pi R}{\lambda} = \frac{2\pi \cdot \Delta n \cdot d}{\lambda} \cdot R_s(\lambda) \quad (3)$$

R は位相差フィルムの複屈折 Δn とフィルム層の厚さ d の積で与えられる. $\mathbf{B}_1$ では d , $\mathbf{B}_2$ では $2d$ とした. また, 560nm を基準にしたフィルムの相対 R 値の波長依存性を 4 次関数で最小二乗近似した $R_s(\lambda)$ を考慮した. 透過率光強度 T は偏光板の波長透過率特性を 6 次関数で最小二乗近似した $T_p(\lambda)$ とフィルムの波長透過率特性を 3 次関数で最小二乗近似した $T_f(\lambda)$ を考慮し, (4) 式に示す.

$$T = (|E_x|^2 + |E_y|^2) \cdot T_p(\lambda) \cdot T_f(\lambda) \quad (4)$$

3 実験

3.1 実験方法

研究では, 青, 緑, 赤三色を調べたが, 本稿では青色の結果のみを示す. 青色を識別するための Lyot Filter の構成は偏光板 3 枚に位相差が 140nm のフィルムを 3 枚と 6 枚を間に挟んだものである.

3.2 実験結果

赤色線はシミュレーション結果を示す. 黒色線は実験結果である, 赤色線と黒色線の縦軸は右軸で示す. 灰色線は青色セロハンの透過特性を示し, 破線は各色の LED の発光特性を示す. その結果, 青色のシミュレーションで予測した結果と実験結果がほぼ一致した. また, 最大透過率強度は色つきセロハンより劣るが, 隣の緑色信号との識別度の向上を確認できた. 赤色, 緑色についての結果は当日紹介する.

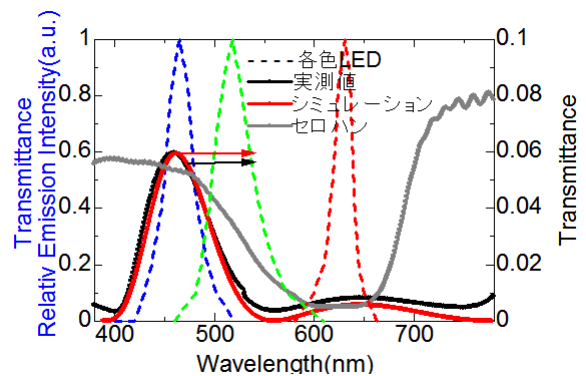


Fig. 2 青色に関する透過率特性及び LED の発光特性

参考文献

- [1] Lee, C. G, et al.: Optical Engineering. **46**, p.12500 (2007).
- [2] B. Lyot : Annales d'Astrophysique. **7**, p.31 (1944).