光伝送工学
第 3 回レポート

濱崎 直紀
（学籍番号：28G19096）

令和元年 12 月 11 日

3.1

郡速度 v_g および分散パラメータ D_c はそれぞれ次式で定義される．

$$\frac{1}{v_g} \equiv \frac{dk}{d\omega} \qquad\qquad D_c \equiv -\frac{2\pi c}{\lambda^2}\left(\frac{d^2k}{d\omega^2}\right)$$

(a) 波長 λ における郡速度の角周波数依存性 $dv_g/d\omega$ を，D_c, c, λ，及び λ における郡速度 $v_g(\lambda)$ で表せ．

(b) 波長 $1.5\mu m$ 近傍で波長間隔が $0.8nm$ の 2 つの波長光が $10Gbps$ で強度変調されている．この 2 つの光パルス列が $D_c = 17ps/km - nm$ の光ファイバを伝播するとき，2 つのパルス列の相対時間位置が 1 ビット分ずれる伝播長を求めよ．

解答

(a) $D_c \equiv -\frac{2\pi c}{\lambda^2}\left(\frac{d^2k}{d\omega^2}\right)$ より

$$D_c = -\frac{2\pi c}{\lambda^2}\frac{d}{d\omega}\left(\frac{dk}{d\omega}\right)$$

$\frac{1}{v_g} \equiv \frac{dk}{d\omega}$ を代入して

$$\begin{aligned} D_c &= -\frac{2\pi c}{\lambda^2}\frac{d}{d\omega}\left(\frac{1}{v_g}\right) \\ &= -\frac{2\pi c}{\lambda^2}\left(-\frac{1}{v_g^2}\right)\left(\frac{dv_g}{d\omega}\right) \end{aligned}$$

よって

$$\frac{dv_g}{d\omega} = \frac{\lambda^2 v_g^2 D_c}{2\pi c}$$

(b) 1 ビットあたりの時間 T は

$$\begin{aligned} T &= \frac{1}{10 \times 10^9} \\ &= 10^{-10}[\mathrm{s}] = 10^2[\mathrm{ps}] \end{aligned}$$

1 ビット分ずれるときの伝搬長 L は

$$\begin{aligned} 17 \times L \times 0.8 &= 100 \\ L &\fallingdotseq 7.35[\mathrm{km}] \end{aligned}$$

3.2

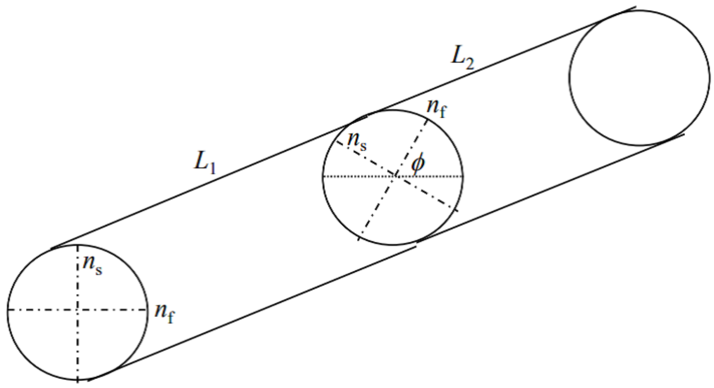
主軸方向の屈折率が $\{n_f, n_s\}$ で，長さが L_1 と L_2 の 2 本の複屈折ファイバが，主軸方向が角度 ϕ 傾いて接続されている．これに対し，1 本目のファイバに，右廻り円偏波光を入力した．

(a) L_1 伝搬後（1 本目出力端）の偏波状態を 1 本目ファイバの主軸座標系で表せ.

(b) 上記偏波状態を 2 本目ファイバの主軸座標系で表せ.

(c) 2 本目ファイバ出力端における偏波状態を 2 本目ファイバの主軸座標系で表せ.

(d) 2 本目ファイバ出力端における偏波状態を 1 本目ファイバの主軸座標系で表せ.



解答

(a) 1 本目ファイバにおける偏波状態を $\boldsymbol{E_1}$ とすると

$$\begin{aligned}\boldsymbol{E_1}(z=0) &= (E_{1x}(0), E_{1y}(0)) \\ &= (A, Ae^{-\frac{\pi}{2}i})e^{-i\omega t}\end{aligned}$$

ただし，ファイバの伝搬方向を z とする屈折率は $\{n_f, n_s\}$ なので，1 本目のファイバ伝送中の偏波状態は

$$\boldsymbol{E_1}(z) = (Ae^{in_f k_0 z}, Ae^{-\frac{\pi}{2}i}e^{in_s k_0 z})e^{i\omega t}$$

よって，L_1 伝搬後の偏波状態は

$$\boldsymbol{E_1}(L_1) = (Ae^{in_f k_0 L_1}, Ae^{-\frac{\pi}{2}i}e^{in_s k_0 L_1})e^{i\omega t}$$

(b) 2 本目のファイバは，主軸方向が ϕ 傾いているので
接続境界においては

$$\begin{pmatrix} E_{2x}(L_1) \\ E_{2y}(L_1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\phi & -\sin\phi \\ \sin\phi & \cos\phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_{1x}(L_1) \\ E_{1y}(L_1) \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned}\boldsymbol{E_2}(L_1) &= (E_{1x}(L_1)\cos\phi - E_{1y}(L_1)\sin\phi, E_{1x}(L_1)\sin\phi + E_{1y}(L_1)\cos\phi) \\ &= (Ae^{in_f k_0 L_1}\cos\phi - Ae^{-\frac{\pi}{2}i}e^{in_s k_0 L_1}\sin\phi, Ae^{in_f k_0 L_1}\sin\phi + Ae^{-\frac{\pi}{2}i}e^{in_s k_0 L_1}\cos\phi)e^{-i\omega t}\end{aligned}$$

(c)

$$\boldsymbol{E_2}(L_1 + L_2) = (E_{2x}(L_1)e^{in_f k_0 L_2}, E_{2y}(L_1)e^{in_s k_0 L_2})$$

(d) $-\phi$ だけ回転させると

$$
\begin{aligned}
\begin{pmatrix} \cos\phi & \sin\phi \\ -\sin\phi & \cos\phi \end{pmatrix}
\begin{pmatrix} E_{2x}(L_1+L_2) \\ E_{2y}(L_1+L_2) \end{pmatrix}
&= \begin{pmatrix} E_{2x}(L_1+L_2)\cos\phi + E_{2y}(L_1+L_2)\sin\phi \\ -E_{2x}(L_1+L_2)\sin\phi + E_{2y}(L_1+L_2)\cos\phi \end{pmatrix} \\
&= \begin{pmatrix} E_{2x}(L_1)e^{in_f k_0 L_2}\cos\phi + E_{2y}(L_1)e^{in_s k_0 L_2}\sin\phi \\ -E_{2x}(L_1)e^{in_f k_0 L_2}\sin\phi + E_{2y}(L_1)e^{in_s k_0 L_2}\cos\phi \end{pmatrix} \\
&= \begin{pmatrix} (Ae^{in_f k_0 L_1}\cos\phi - Ae^{-\frac{\pi}{2}i}e^{in_s k_0 L_1}\sin\phi)e^{in_f k_0 L_2 \cos\phi} \\ -(Ae^{in_f k_0 L_1}\cos\phi - Ae^{-\frac{\pi}{2}i}e^{in_s k_0 L_1}\sin\phi)e^{in_f k_0 L_2 \sin\phi} \end{pmatrix} e^{-i\omega t} \\
&+ \begin{pmatrix} (Ae^{in_f k_0 L_1}\sin\phi - Ae^{-\frac{\pi}{2}i}e^{in_s k_0 L_1}\cos\phi)e^{in_s k_0 L_2}\sin\phi \\ (Ae^{in_f k_0 L_1}\sin\phi - Ae^{-\frac{\pi}{2}i}e^{in_s k_0 L_1}\cos\phi)e^{in_s k_0 L_2}\cos\phi \end{pmatrix} e^{-i\omega t}
\end{aligned}
$$