

# 线性双折射对光学玻璃电流传感器输出特性影响的理论分析\*

王政平 李庆波 刘晓瑜 黄宗军 史金辉

(哈尔滨工程大学理学院, 哈尔滨 150001)

**摘 要** 对线性双折射及入射起偏角对光学玻璃电流传感器输出特性的影响进行了理论推导与分析, 给出了光学玻璃电流传感器在非理想状态下线性双折射对输出电压的调制函数的数学表达式, 并给出了入射起偏角对系统影响的数学表达式及其对系统有无影响的条件. 结果表明, 线性双折射会以  $Sa(\delta)$  函数(抽样函数)的形式调制理想光学玻璃电流传感器输出信号的尺度因子, 同时以  $-\sin^2(\delta/2)$  为影响因子决定入射起偏角对系统影响的大小; 当入射起偏角取某些特殊值时其对系统的影响为零. 该工作结果对于光学玻璃电流传感器的研究、设计具有一定的理论参考意义.

**关键词** 光学电流传感器; 琼斯矩阵; 线性双折射

**中图分类号** TP212.14 **文献标识码** A

## 0 引言

光学电流传感器(OCS)是指那些利用光学技术直接或间接地对电流换能或测量, 从而实现对电流传感的装置<sup>[1]</sup>. 与传统的油浸式电流互感器相比, 在高压大电流测量中采用光学技术具有明显的优越性: 无发生爆炸等灾难性事故的潜在危险, 无次级开路导致高压的危险, 满足绝缘要求、无磁饱和及铁芯大电感导致的信号滞后现象、抗电磁干扰、响应频域宽、便于遥感和遥测、结构紧凑、质量轻等<sup>[2]</sup>. 但目前真正可立足于市场的光学电流传感器产品仍不多见<sup>[3]</sup>. 其根本原因之一就在于光学玻璃电流传感头或光纤的线性双折射效应对测量结果存在明显的影响, 故在很大程度上限制了光学电流传感器的进一步发展<sup>[4]</sup>. 因此, 对于光学玻璃电流传感器(BGOCS)而言, 仍有必要从理论、实验及工艺等方面对线性双折射对其性能产生影响的机理、克服办法等进行深入的研究.

就目前可见的报道而言, 关于线性双折射对 BGOCS 输出特性影响的理论分析通常仅限于对某些以特定起偏角度入射的光学系统的分析<sup>[5]</sup>. 为了对上述问题获得更具有一般性的理论结果, 本文从任意起偏角入射的情形出发, 导出并分析了 BGOCS 的输出电压对线性双折射与入射起偏角依赖关系的一般性理论公式.

## 1 光学玻璃电流传感系统琼斯矩阵

BGOCS 系统构成如图 1 所示. 光学玻璃电流传

感头输出的、未进入 Wollaston 棱镜之前的电矢可用琼斯矩阵表示为<sup>[6]</sup>

$$E_{out} = F_4 R_3 F_3 R_2 F_2 R_1 F_1 E_{in}(\theta) \quad (1)$$

式中  $E_{out}$  是传感头出射的、未进入 Wollaston 棱镜之前的电矢量,  $F_i$  是反映光在传感头每臂传输过程中产生的物理效应的琼斯矩阵 ( $i = 1, 2, 3, 4$ ),  $R_j$  是描述光在传感头每个反射面上反射效应的琼斯矩阵 ( $j = 1, 2, 3$ ),  $E_{in}(\theta)$  是透过起偏器后进入传感头的电矢量.

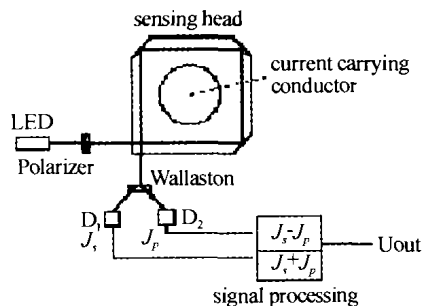


图 1 传感头的模型  
Fig. 1 The model of the sensing head

由于所研究的系统在传感头的三个反射面上均镀有单层介质保偏反射膜<sup>[7]</sup>, 故反射相移对系统的影响可以被忽略, 则系统的反射矩阵可以表示为

$$R_1 = R_2 = R_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

当入射起偏角为  $\theta$  时,  $E_{in}(\theta)$  为

$$E_{in}(\theta) = A \begin{bmatrix} \cos \theta \\ \sin \theta \end{bmatrix} \quad (3)$$

假设传感头的四臂等长, 载流导线位于传感头中心, 则传感头四臂上的传输矩阵相同, 即有  $F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = F$ , 其琼斯矩阵为<sup>[8]</sup>

$$F = \begin{bmatrix} A & -B \\ B & A^* \end{bmatrix} \quad (4)$$

\*黑龙江省自然科学基金资助项目(项目编号:F01-02)

Email: zpwang@hrbeu.edu.cn

收稿日期: 2003-07-21

式中

$$\begin{aligned} A &= \cos(\Psi/2) + j\sin(\Psi/2)\cos(\chi) \\ B &= \sin(\Psi/2)\sin(\chi) \\ \Psi &= 2\sqrt{(\delta/2)^2 + \phi^2} \end{aligned} \quad (5)$$

且

$$\cos(\chi) = \delta/\Psi \quad (6)$$

$$\sin(\chi) = 2\phi/\Psi \quad (7)$$

式中  $\delta$  为传感头每个臂上的线性双折射,  $\phi$  为传感

头每个臂上的法拉第旋转角.

为了获得输出光强的两个互相正交的分量, 需要将 Wollaston 棱镜的两个透光轴设置成分别与入射线偏光偏振方向成  $\pm 45^\circ$  的状态. 则系统输出电矢与入射矢成  $-45^\circ$  的分量为

$$E_{\text{out}-45^\circ}(\delta, \theta) = P_{\theta-45^\circ} E_{\text{out}}(\delta, \theta) \quad (8)$$

式中,  $P_{\theta-45^\circ}$  为 Wollaston 棱镜透光轴方向与起偏器透光轴方向成  $-45^\circ$  的部分的矩阵, 其具体形式为<sup>[9]</sup>

$$P_{\theta-45^\circ} = \begin{bmatrix} \cos^2(\theta-45^\circ) & \cos(\theta-45^\circ)\sin(\theta-45^\circ) \\ \cos(\theta-45^\circ)\sin(\theta-45^\circ) & \sin^2(\theta-45^\circ) \end{bmatrix} \quad (9)$$

输出电矢与入射矢成  $+45^\circ$  的分量为

$$E_{\text{out}+45^\circ}(\delta, \theta) = P_{\theta+45^\circ} E_{\text{out}}(\delta, \theta) \quad (10)$$

式中,  $P_{\theta+45^\circ}$  为 Wollaston 棱镜透光轴方向与起偏器透光轴方向成  $+45^\circ$  的部分的矩阵, 其可表示为

$$P_{\theta+45^\circ} = \begin{bmatrix} \cos^2(\theta+45^\circ) & \cos(\theta+45^\circ)\sin(\theta+45^\circ) \\ \cos(\theta+45^\circ)\sin(\theta+45^\circ) & \sin^2(\theta+45^\circ) \end{bmatrix} \quad (11)$$

相应的光强分别为

$$I_{\theta-45^\circ}(\delta, \theta) = E_{\text{out}-45^\circ}(\delta, \theta)^+ E_{\text{out}-45^\circ}(\delta, \theta) \quad (12)$$

$$I_{\theta+45^\circ}(\delta, \theta) = E_{\text{out}+45^\circ}(\delta, \theta)^+ E_{\text{out}+45^\circ}(\delta, \theta) \quad (13)$$

式(12)、(13)中上角标“+”表示对电矢进行厄米运算. 经过差除和的信号处理电路后, 系统的输出电压为

$$U_{\text{out}}(\delta, \theta) = \frac{I_{\theta+45^\circ}(\delta, \theta) - I_{\theta-45^\circ}(\delta, \theta)}{I_{\theta+45^\circ}(\delta, \theta) + I_{\theta-45^\circ}(\delta, \theta)} \quad (14)$$

## 2 双折射 $\delta = 0$ 时理想系统输出特性

由式(4)、(5)、(6)、(7)可知, 当传感头双折射  $\delta = 0$  时, 式(4)变为

$$F = \begin{bmatrix} \cos \phi & -\sin \phi \\ \sin \phi & \cos \phi \end{bmatrix} \quad (15)$$

将式(2)、(3)和(15)代入式(1)可得

$$E_{\text{out}} = A \begin{bmatrix} \cos(4\phi + \theta) \\ \sin(4\phi + \theta) \end{bmatrix} \quad (16)$$

由式(8)、(9)、(16)可以求得此时系统输出电矢与入射矢成  $-45^\circ$  的分量为

$$E_{\text{out}-45^\circ} = A \begin{bmatrix} \frac{1}{2} [\cos(4\phi + \theta) - \sin(4\phi - \theta)] \\ \frac{1}{2} [\sin(4\phi + \theta) - \cos(4\phi - \theta)] \end{bmatrix} \quad (17)$$

又由式(10)、(11)、(16)可以求得系统输出电矢与入射矢成  $+45^\circ$  的分量为

$$E_{\text{out}+45^\circ} = A \begin{bmatrix} \frac{1}{2} [\cos(4\phi + \theta) + \sin(4\phi - \theta)] \\ \frac{1}{2} [\sin(4\phi + \theta) + \cos(4\phi - \theta)] \end{bmatrix} \quad (18)$$

将式(17)、(18)分别代入式(12)和(13)可得系统

输出光矢分别与入射矢成  $\pm 45^\circ$  的两个分量的光强分别为

$$I_{\theta-45^\circ} = E_{\text{out}-45^\circ}^+ E_{\text{out}-45^\circ} = \frac{A^2}{2} [1 - \sin(8\phi)]$$

$$I_{\theta+45^\circ} = E_{\text{out}+45^\circ}^+ E_{\text{out}+45^\circ} = \frac{A^2}{2} [1 + \sin(8\phi)]$$

将其代入式(14)可得系统处于理想状态时的输出电压为:  $U_{\text{out}} = \sin 8\phi$

定义  $\Phi = 4\phi$  表示传感头四臂上产生的总的法拉第旋转角, 并考虑到该量值足够小, 则上式可以写为<sup>[11]</sup>

$$U_{\text{out}} = \sin(2\Phi) \approx 2\Phi = 2VI \quad (19)$$

为给出比较直观的印象, 进行了计算机仿真. 传感头尺寸及光路如图2所示. 其中传感头采用的 ZF-7 光学玻璃的 Verdet 常数为  $V = 2.23 \times 10^{-5} \text{ rad/A}$ , 系统中每个传感臂上的 Faraday 偏转角可用下式计算

$$d\phi_i = V\mathbf{H}d\mathbf{l} = \frac{VI}{2\pi} \frac{xj - yi}{x^2 + y^2} (dx\mathbf{i} + dy\mathbf{j}) =$$

$$\frac{VI}{2\pi} \frac{xdy - ydx}{x^2 + y^2}$$

$$\phi_i = \int d\phi_i$$

式中  $\phi_i$  表示第  $i$  个臂的法拉第转角. 根据图2, 其

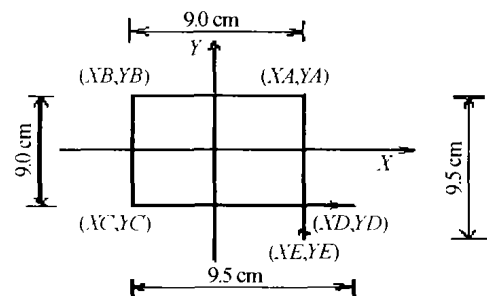


图2 传感头尺寸及光路示意图

Fig.2 Schematic diagram of the optical paths and the dimensions of the sensing head

具体计算公式分别为

$$\phi_1 = XA \frac{VI^{YA}}{2\pi^{YE}XA^2 + y^2} dy$$

$$\phi_2 = YA \frac{VI^{XB}}{2\pi^{XA}YA^2 + x^2} dy$$

$$\phi_3 = XB \frac{VI^{YC}}{2\pi^{YB}XB^2 + y^2} dy$$

$$\phi_4 = YC \frac{VI^{XD}}{2\pi^{XC}YC^2 + x^2} dy$$

式中:  $XA = 4.5 \text{ cm}$ ;  $YA = 4.5 \text{ cm}$ ;

$$XB = -4.5 \text{ cm}; YB = 4.5 \text{ cm}; XC = -4.5 \text{ cm};$$

$$YC = -4.5 \text{ cm}; XD = 5.0 \text{ cm}; YD = -4.5 \text{ cm};$$

$$XE = 4.5 \text{ cm}; YE = -5.0 \text{ cm}. \text{ 入射光经过传感}$$

头的四臂后,产生的总的法拉第旋转角为

$$\phi_{\text{总}} = \phi_1 + \phi_2 + \phi_3 + \phi_4 \quad (20)$$

设系统单位长度的双折射为  $\alpha^\circ/\text{cm}$ , 则传感头各边上的双折射  $\delta_i(\alpha)$  为:  $\delta_i = \alpha l_i (i = 1, 2, 3, 4)$ . 其中为  $l_i$  传感头第  $i$  个臂的长度, 对于所研究的系统来说,  $l_1 = 9.5 \text{ cm}$ ;  $l_2 = 9.0 \text{ cm}$ ;  $l_3 = 9.0 \text{ cm}$ ;  $l_4 = 9.5 \text{ cm}$ . 入射光经过传感头的四臂后,产生的总的双折射为

$$\delta_{\text{总}} = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 \quad (21)$$

综合法拉第旋转角及双折射的影响,传感头第  $i$  个臂上产生的相移为

$$\Psi_i = 2 \sqrt{\left(\frac{\delta_i}{2}\right)^2 + (\phi_i)^2} \quad (i = 1, 2, 3, 4)$$

入射光经过传感头的四臂后的总相移为

$$\Psi_{\text{总}} = \Psi_1 + \Psi_2 + \Psi_3 + \Psi_4 \quad (22)$$

令待测电流  $I = 0 \sim 1000 \text{ A}$ ,  $\alpha = 0$ , 将上述数据代入式(19)得到理想系统输出特性仿真结果如图3所示.

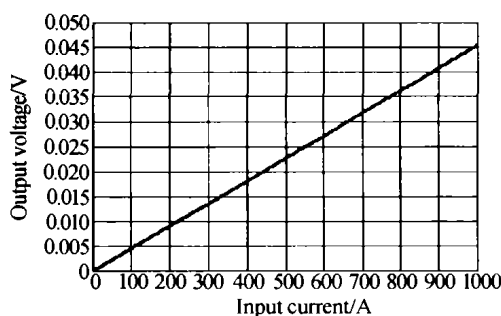


图3 理想系统仿真

Fig. 3 The simulate diagram of ideal system

### 3 非理想系统输出特性 ( $\delta \neq 0$ )

此时,系统的琼斯矩阵为式(4). 将式(2)、(3)和(4)代入式(1)得

$$E_{\text{out}}(\delta, \theta) = A \begin{bmatrix} E_{\text{outx}}(\delta, \theta) \\ E_{\text{outy}}(\delta, \theta) \end{bmatrix} \quad (23)$$

式中

$$E_{\text{outx}}(\delta, \theta) = \cos(2\Psi) \cos(\theta) - \sin(2\Psi) \cdot \sin(\chi) \sin(\theta) + j \sin(2\Psi) \cos(\chi) \cos(\theta)$$

$$E_{\text{outy}}(\delta, \theta) = \cos(2\Psi) \sin(\theta) + \sin(2\Psi) \cdot \sin(\chi) \cos(\theta) - j \sin(2\Psi) \cos(\chi) \sin(\theta)$$

由式(8)、(9)、(23)可以求得此时系统输出电矢与入射矢成  $-45^\circ$  的分量为

$$E_{\text{out}-45^\circ}(\delta, \theta) = A \begin{bmatrix} E_{\text{out}-45^\circ\text{x}}(\delta, \theta) \\ E_{\text{out}-45^\circ\text{y}}(\delta, \theta) \end{bmatrix} \quad (24)$$

式中

$$E_{\text{out}-45^\circ\text{x}}(\delta, \theta) = \cos(2\Psi) \sin(\theta) + \cos(2\Psi) \cdot \cos(\theta) - \sin(2\Psi) \sin(\chi) \sin(\theta) - \sin(2\Psi) \cdot \sin(\chi) \cos(\theta) + j[\sin(2\Psi) \cos(\chi) \sin(3\theta) + \sin(2\Psi) \cos(\chi) \cos(\theta)]$$

$$E_{\text{out}-45^\circ\text{y}}(\delta, \theta) = \cos(2\Psi) \sin(\theta) - \cos(2\Psi) \cdot \cos(\theta) - \sin(2\Psi) \sin(\chi) \cos(\theta) + \sin(2\Psi) \cdot \sin(\chi) \sin(\theta) - j[\sin(2\Psi) \cos(\chi) \cos(3\theta) + \sin(2\Psi) \cos(\chi) \sin(\theta)]$$

由式(10)、(11)、(23)可以求得此时系统输出电矢与入射矢成  $+45^\circ$  的分量为

$$E_{\text{out}+45^\circ}(\delta, \theta) = A \begin{bmatrix} E_{\text{out}+45^\circ\text{x}}(\delta, \theta) \\ E_{\text{out}+45^\circ\text{y}}(\delta, \theta) \end{bmatrix} \quad (25)$$

式中

$$E_{\text{out}+45^\circ\text{x}}(\delta, \theta) = \cos(2\Psi) \cos(\theta) - \cos(2\Psi) \cdot \sin(\theta) + \sin(2\Psi) \sin(\chi) \cos(\theta) - \sin(2\Psi) \cdot \sin(\chi) \sin(\theta) + j[-\sin(2\Psi) \cos(\chi) \sin(3\theta) + \sin(2\Psi) \cos(\chi) \cos(\theta)]$$

$$E_{\text{out}+45^\circ\text{y}}(\delta, \theta) = \cos(2\Psi) \cos(\theta) + \cos(2\Psi) \cdot \sin(\theta) + \sin(2\Psi) \sin(\chi) \cos(\theta) + \sin(2\Psi) \cdot \sin(\chi) \sin(\theta) + j[\sin(2\Psi) \cos(\chi) \cos(3\theta) - \sin(2\Psi) \cos(\chi) \sin(\theta)]$$

将式(24)、(25)分别代入式(12)和(13)可得此时系统输出光矢分别与入射矢成  $\pm 45^\circ$  的两个分量的光强为

$$I_{\theta-45^\circ}(\delta, \theta) = \frac{A^2}{2} [1 - \sin(4\Psi) \sin(\chi) + \sin^2(2\Psi) \sin(4\theta) \cos^2(\chi)]$$

$$I_{\theta+45^\circ}(\delta, \theta) = \frac{A^2}{2} [1 + \sin(4\Psi) \sin(\chi) - \sin^2(2\Psi) \sin(4\theta) \cos^2(\chi)]$$

再由式(14)可得系统处于非理想情况时的输出电压为

$$U_{\text{out}}(\delta, \theta) = \sin(4\Psi) \sin(\chi) - \sin^2(2\Psi) \cdot \sin(4\theta) \cos^2(\chi)$$

将式(6)、(7)代入上式可得

$$U_{\text{out}}(\delta, \theta) = 2\phi \frac{\sin(4\Psi)}{\Psi} - \frac{\delta^2}{\Psi^2} \sin^2(2\Psi) \sin(4\theta)$$

定义  $\Phi = 4\phi$ 、 $\Psi_{\text{总}} = 4\Psi$ 、 $\delta_{\text{总}} = 4\delta$ ，其中  $\Psi_{\text{总}}$  表示传感头四臂总的相移， $\Phi$  表示总的法拉第转角，而  $\delta_{\text{总}}$  表示总的双折射。则上式可以写为

$$U_{\text{out}}(\delta, \theta) = 2\Phi \frac{\sin(\Psi_{\text{总}})}{\Psi_{\text{总}}} - \frac{\delta_{\text{总}}^2}{\Psi_{\text{总}}^2} \sin^2(\Psi_{\text{总}}/2) \cdot \sin(4\theta) \quad (26)$$

又当双折射远大于法拉第转角时，由式(5)知： $\Psi_{\text{总}} \approx \delta_{\text{总}}$ 。在此情况下，系统输出电压可进一步写为

$$U_{\text{out}}(\delta, \theta) = 2\Phi \frac{\sin(\delta_{\text{总}})}{\delta_{\text{总}}} - \sin^2(\delta_{\text{总}}/2) \sin(4\theta) \quad (27)$$

由上式知：当双折射小到可略时，非理想系统式(27)将趋近理想系统式(19)，其输出电压只与法拉第转角有关。

非理想系统的输出电压不仅与法拉第转角有关，而且与线性双折射、入射起偏角有关。线性双折射对于尺度因子有一个具有抽样函数形式的影响因子  $\sin(\delta_{\text{总}})/\delta_{\text{总}}$ 。同时，线性双折射与起偏角共同作用，使系统输出产生一直流分量  $-\sin^2(\delta_{\text{总}}/2) \cdot \sin(4\theta)$ ，其大小随起偏角呈正弦样变化，其幅度与线性双折射大小有关。当  $\theta = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ \dots$  时，直流分量为零。其计算机仿真结果如下。

### 3.1 入射起偏角对非理想系统输出特性曲线的影响

令待测电流  $I = 0 \sim 1000 \text{ A}$ ，线性双折射为  $0.5^\circ/\text{cm}$ ，入射起偏角分别为  $60^\circ, 45^\circ$  和  $30^\circ$ ，得到输出特性仿真结果如图 4 所示。由其可见，当线性双折射不为零时，入射起偏角明显地引起了输出曲线截距的变化。

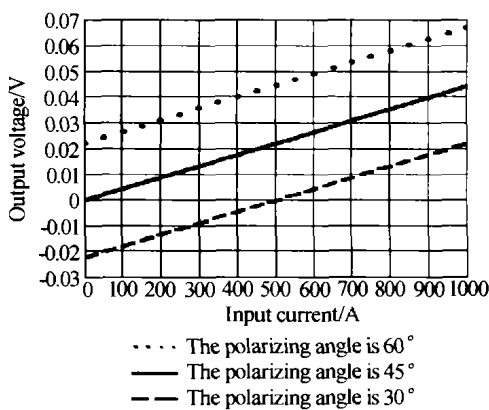


图 4 入射起偏角对系统输出特性影响仿真结果  
Fig. 4 The simulate diagram about the effect of polarizing angle upon the performance of OCS

### 3.2 线性双折射对非理想系统输出特性曲线的影响

令待测电流  $I = 0 \sim 1000 \text{ A}$ ，入射起偏角为  $45^\circ$ ，线性双折射分别为  $0.5^\circ/\text{cm}, 1.0^\circ/\text{cm}, 2.0^\circ/\text{cm}$  和  $3.0^\circ/\text{cm}$ ，得到系统输出特性仿真结果如图 5 所示。由其知，线性双折射明显地改变了输出曲线的斜率。

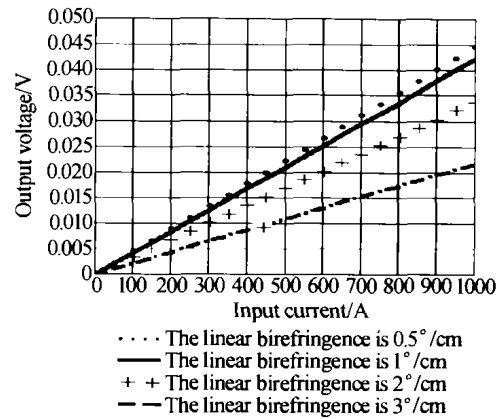


图 5 线性双折射对系统输出特性影响的仿真结果  
Fig. 5 The simulate diagram about the effect of the linear birefringence upon the performance of OCS

### 3.3 线性双折射对非理想系统输出电压的影响

令待测电流  $I = 1000 \text{ A}$ ，线性双折射变化范围为  $\alpha = 0.01^\circ/\text{cm} \sim 3^\circ/\text{cm}$ ，入射起偏角分别为  $0^\circ, 45^\circ$  和  $90^\circ$ ，得到仿真结果如图 6 所示。由其知，线性双折射可明显地改变输出曲线的幅度。

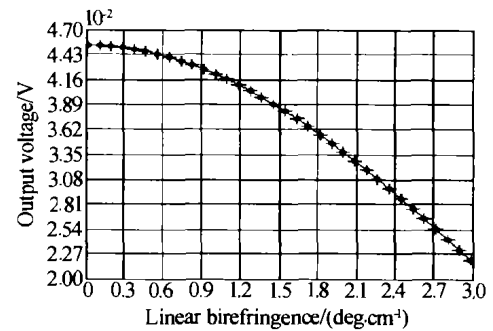


图 6 线性双折射对系统输出电压影响的仿真结果  
Fig. 6 The simulate diagram about the effect of the linear birefringence upon the output voltage of OCS

### 3.4 入射起偏角对非理想系统输出电压的影响

令待测电流  $I = 1000 \text{ A}$ ，入射起偏角  $\theta = 0^\circ \sim 90^\circ$ ，线性双折射分别为  $0.1^\circ/\text{cm}, 0.5^\circ/\text{cm}, 1.0^\circ/\text{cm}$  和  $3.0^\circ/\text{cm}$ ，得到仿真结果如图 7 所示。

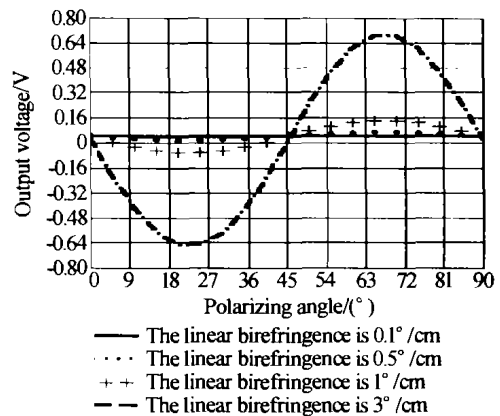


图 7 入射起偏角对系统输出电压影响的仿真结果  
Fig. 7 The simulate diagram about the effect of the polarizing angle upon the output voltage of OCS

由图 7 可知，输出电压随起偏角增大按正弦曲线的规律变化，其变化幅度与线性双折射大小有关。

## 4 结论

本文从理论上研究了线性双折射对 BGOCS 输出特性的影响,导出了适用于任意入射起偏角的、具有普遍意义的输出信号与线性双折射及入射起偏角之间函数关系的公式. 该公式表明:对于线性双折射为零的理想系统,输出信号与待测电流成正比,在不考虑后续电路的增益时,其比例系数大小取决于传感头材料的 Verdet 常数. 对于线性双折射远大于法拉第旋转的非理想系统,线性双折射将以抽样函数的形式影响输出特性曲线的斜率,同时还会以  $-\sin^2(\delta_{\text{总}}/2)$  的形式影响入射起偏角对输出曲线截距影响的程度;输出曲线的截距随起偏角改变则呈正弦样变化,当入射起偏角为  $0^\circ$ 、 $45^\circ$  或  $90^\circ$  时,曲线截距为零. 因此,在 BGOCS 的工程设计中,应采取必要的技术措施,尽可能地减小玻璃传感头内的线性双折射,并将预偏角设定为  $45^\circ$ .

### 参考文献

- 1 Ning Y N, Wang Z P, Palmer A W, et al. Recent progress in optical current sensing techniques. *Rev Sci Instrum*, 1995, **66**(5):3097 ~ 3111
- 2 Cease T W, Johnston P. A magneto-optic current transducer. *IEEE Trans on Pur Del*, 1990, **15**(2): 548 ~ 553
- 3 刘晔,王采堂,苏彦民. 光学电流互感器线性双折射效应的补偿研究-神经网络方法. *光纤与电缆及其应用技术*, 1999, (5):25 ~ 28
- 4 刘晔,王采堂,苏彦民,等. 电力系统适用光学电流互感器的研究新进展. *电力系统自动化*, 2000, **24**(17):60 ~ 64
- 5 李红斌. 光学电流传感器传感头的研究. *光学学报*, 1997, **17**(7):946 ~ 949
- 6 王政平,李庆波,马瑞颖,等. 起偏器参量对光学电流互感器性能的影响. *光子学报*, 2003, **32**(4):444 ~ 447
- 7 王政平,康崇,黄宗军,等. 用于 Faraday 电流传感器的保偏膜光学电流传感元件. *光子学报*, 2003, **27**(2):136 ~ 140
- 8 Tabor W J, Chen F S. Electromagnetic propagation through materials possessing both Faraday rotation and birefringence: experiments with Ytterbium Orthoferrite. *J of Appl Phys*, 1969, **40**(7):2760 ~ 2765
- 9 Theocaris P S, Gdoutos E E. Matrix Theory of Photoelasticity. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1979. 53

## Theoretical Analysis of the Effects of the Linear Birefringence Upon the Performance of a Bulk Glass Optical Current Sensor

Wang Zhengping, Li Qingbo, Liu Xiaoyu, Huang Zongjun, Shi Jinhui  
School of Science, Harbin Engineering University, Harbin 150001

Received date:2003-07-21

**Abstract** The effects of the linear birefringence and incident polarizing angle upon the performance of a bulk glass optical current sensor are derived and analyzed, a modulation formula to describe the influences of the linear birefringence to the output signal of the sensor is given. The effect of the incident polarizing angle upon the performance of the system and the condition to determine if or not it can exert the influence are also given. The results show that the linear birefringence will modulate the scale factor of the system with a  $\text{Sa}(\delta)$  function, it can also affect the extent of the influence of the incident polarizing angle, taking  $-\sin^2(\delta/2)$  as the influence factor, at the same time. When the incident polarizing angle has some special values such as  $0$ ,  $45$ , or  $90$  degree, the effect to the system will be zero. These results might provide some useful reference to the researchers and designers of bulk glass optical current sensors.

**Keywords** Optical current sensors; Jones Matrix; Linear birefringence



**Wang Zhengping** A professor and supervisor for the students for Ph. D. Degrees at Harbin Engineering University (HEU), was born in 1949, in Heilongjiang Province of China, obtained his B. Sc. in Physics and M. Eng. in Electronic Engineering Degrees at the Dept. of Physics and the Dept. of Electronic Engineering of the HEU in 1982 and 1989, respectively. His research interest is mainly concentrated in the area of fiber-optic sensing technology. More than fifty papers have been published in academic journals and proceedings of international conferences in China and abroad since 1991.