第11卷 第2期　　光　学　学　报　　Vol. 11, No. 2
1991年2月　　ACTA OPTICA SINICA　　February, 1991

双波长剩余小数法标定光学劈尖厚度及其约束条件研究

张铁军
(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

提　　要

本文提出了利用双波长标定光学劈尖厚度的剩余小数法，详细研究了该方法所应满足的约束条件，并给出了实验结果。

关键词：剩余小数法，双波长标定，光学劈尖。

一、引　　言

利用菲佐(Fizeau)光学劈尖进行激光波长的测量，即使待测波长的激光产生等厚干涉条纹，通过二极管阵列接收器或CCD将随空间位置变化的干涉信号转换成随时间变化的电信号，通过微型计算机的实时处理求得未知的激光波长。为了测量激光波长，需要确定标定参数和检测参数。干涉条纹的初位相和周期是检测参数，由快速数字滤波方法[1]求得；光学劈尖的厚度和楔角是标定参数，要用已知的准确激光波长予以标定。文献[2～4]中介绍了多波长标定法和双波长标定法，但是文献[4]中介绍的双波长标定法在实际运用时存在一些问题，它并不总是成立，而必须满足一定的约束条件。

本文详细研究了采用双波长进行光学劈尖厚度标定的剩余小数法及所应满足的一些约束条件，发展了剩余小数法[5,6]已有的结论，而且也是对文献[4]的进一步完善。

二、改进的剩余小数法

对已知的准确波长λ_i，光学劈尖的厚度应满足：

$$2X_0=(N_i-\Delta N_i)\lambda_i/n(\lambda_i), \tag{1}$$

式中$n(\lambda_i)$为光学劈尖介质在波长λ_i处的折射率，N_i为干涉条纹第一个极小值的干涉序数，ΔN_i为X_0处的剩余小数序数，它可由对初位相d_{PHi}和周期d_{FPi}的测量求得

$$\Delta N_i=\frac{d_{PHi}}{d_{FPi}}, \tag{2}$$

而N_i可采用改进的剩余小数法求得。为此，假设光学劈尖厚度的近似值为$X_0\approx X_0'+\Delta X_0$，$X_0'$为光学劈尖的初始厚度，它可采用常规的计量仪器测得，ΔX_0为X_0的不确定量，且令$\Delta X_0>0$。对波长λ_1，最接近$2n(\lambda_1)X_0'/\lambda_1$的整数$N_1'$选择为$N_1$的近似值，那么有

收稿日期：1990年6月4日；收到修改稿日期：1990年8月27日

$$N'_1=\mathrm{Int}[2n(\lambda_1)X'_0/\lambda_1]+1, \tag{3}$$

$$N_1=N'_1+K, \tag{4}$$

式中 Int 表示取整，K 为待定的修正整数，K 的取值范围由 X_0 的不确定量 ΔX_0 决定，即

$$|K|\leqslant 2n(\lambda_1)\Delta X_0/\lambda_1。 \tag{5}$$

为了确定 K 值，必须选择另外一个或几个已知的准确波长 λ_i，从而有相应的近似干涉序数及剩余小数序数 $\Delta N'_i$ 满足

$$\frac{(N'_i-\Delta N'_i)\lambda_i}{n(\lambda_i)}=\frac{(N'_1-\Delta N_1)\lambda_1}{n(\lambda_1)}, \tag{6}$$

由(1)、(4)和(6)式可得

$$N_i-\Delta N_i=N'_i-\Delta N'_i+\frac{K\lambda_1 n(\lambda_i)}{\lambda_i n(\lambda_1)}, \tag{7}$$

或

$$\left.\begin{aligned}&N_i-\Delta N_i=\left\{N'_i+\mathrm{Int}\left[\frac{K\lambda_1 n(\lambda_i)}{\lambda_i n(\lambda_1)}\right]+I\right\}-(I+\Delta N'_i-\Delta P_i),\\&\Delta P_i=\frac{K\lambda_1 n(\lambda_i)}{\lambda_i n(\lambda_i)}-\mathrm{Int}\left[\frac{K\lambda_1 n(\lambda_i)}{\lambda_i n(\lambda_1)}\right],\end{aligned}\right\} \tag{8}$$

式中 ΔP_i 为$[K\lambda_1 n(\lambda_i)/\lambda_i n(\lambda_1)]$的小数部分，$I$ 为整数调整参量，其取值规则见表 1，在理想情况下，(8)式中右边第二个括号内的表达式应该与该式中左边测量出的剩余小数序数相等，即

$$\Delta N_i=\Delta N'_i+I-\Delta P_i。 \tag{9}$$

但是在实际情况下，绝对满足(9)式的 K 是不存在的，对已知的 $i=1, 2, \cdots, M$ 个准确的标定波长 $\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_M$，引入误差函数 $E(K)$满足

$$E(K)=\sum_{i=2}^{M}|\Delta N_i-(I+\Delta N'_i-\Delta P_i)|/(M-1)。 \tag{10}$$

那么使 $E(K)$具有最小值的 K 即为所求值，由(4)式和(1)式可求光学劈尖厚度。

三、双波长剩余小数法标定所应满足的约束条件

假设标定波长 λ_i 可以表示为

$$\lambda_i=\lambda_{i0}+\Delta\lambda_{i0}, \tag{11}$$

式中 λ_{i0} 为 λ_i 的准确量，$\Delta\lambda_{i0}$ 为 λ_i 的不准确定量。由(3)式可以求得

$$\begin{aligned}N'_i&=\mathrm{Int}\left[\frac{2n(\lambda_{10})X'_0}{\lambda_{10}+\Delta\lambda_{10}}\right]+1\\&\approx\mathrm{Int}\left[\frac{2n(\lambda_{10})X'_0}{\lambda_{10}}\right]+1+\mathrm{Int}\left\{\frac{2n(\lambda_{10})X'_0}{\lambda_{10}}-\mathrm{Int}\left[\frac{2n(\lambda_{10})X'_0}{\lambda_{10}}\right]\right.\\&\quad\left.-\frac{2n(\lambda_{10})X'_0\Delta\lambda_{10}}{\lambda_{10}^2}\right\}。\end{aligned} \tag{12}$$

为了使小数部分 $[2n(\lambda_{10})X'_0/\lambda_{10}]-\mathrm{Int}[2n(\lambda_{10})X'_0/\lambda_{10}]$ 与不确定量部分 $2n(\lambda_{10})X'_0\Delta\lambda_{10}/\lambda_{10}^2$ 不影响整数部 $\mathrm{Int}[2n(\lambda_{10})X'_0/\lambda_{10}]+1$的取值，应该有

$$-1<[2n(\lambda_{10})X'_0/\lambda_{10}]-\mathrm{Int}[2n(\lambda_{10})X'_0/\lambda_{10}]-[2n(\lambda_{10})X'_0\Delta\lambda_{10}/\lambda_{10}^2]<1$$

亦即

$$-\frac{\lambda_{10}^2}{2n(\lambda_{10})X_0'}\left\{1-\left[\frac{2n(\lambda_{10})X_0'}{\lambda_{10}}-\mathrm{Int}\left(\frac{2n(\lambda_{10})X_0'}{\lambda_{10}}\right)\right]\right\}<\Delta\lambda_{10}$$
$$<\frac{\lambda_{10}^2}{2n(\lambda_{10})X_0'}\left\{1+\left[\frac{2n(\lambda_{10})X_0'}{\lambda_{10}}-\mathrm{Int}\left(\frac{2n(\lambda_{10})X_0'}{\lambda_{10}}\right)\right]\right\}, \tag{13}$$

这是唯一确定 N_1' 对 $\Delta\lambda_{10}$ 提出的约束条件。

又假设 $d_{PHi}=d_{PHi0}+\Delta d_{PHi0}$、$d_{FPi}=d_{FPi0}+\Delta d_{FPi0}$，$d_{PHi0}$、$d_{FPi0}$ 为 d_{PHi}、d_{FPi} 的准确量，Δd_{PHi0}、Δd_{FPi0} 为 d_{PHi}、d_{FPi} 的不确定量。由(7)式可得

$$\left.\begin{aligned}N_2-\Delta N_{20}&\approx[(N_1'+K-\Delta N_{10})\lambda_{10}n(\lambda_{20})/\lambda_{20}n(\lambda_{10})]+\Delta E(K)\\&=N_1'+K+\mathrm{Int}\left[[(N_1'+K-\Delta N_{10})\frac{\Delta\lambda_{12}}{(\lambda_{20}/n(\lambda_{20})}\right]\\&\quad+I-[\Delta N_{10}+I-\Delta P(K)]+\Delta E(K),\\\Delta N_{i0}&=\frac{d_{PHi0}}{d_{FPi0}}\quad(i=1,\ 2),\\\Delta\lambda_{12}&=\frac{\lambda_{10}}{n(\lambda_{10})}-\frac{\lambda_{20}}{n(\lambda_{10})},\end{aligned}\right\} \tag{14}$$

式中 I 为整数调整参量，取值规则类似于表1。$\Delta E(K)$ 为不确定量误差函数，且

$$\left.\begin{aligned}\Delta E(K)&=(N_1'+K-\Delta N_{10})\frac{\lambda_{10}n(\lambda_{20})}{\lambda_{20}n(\lambda_{10})}\left(\frac{\Delta\lambda_{20}}{\lambda_{10}}-\frac{\Delta\lambda_{20}}{\lambda_{20}}\right)\\&\quad-\Delta N_{10}\frac{\lambda_{10}n(\lambda_{20})}{\lambda_{20}n(\lambda_{10})}\left(\frac{\Delta d_{PH10}}{d_{PH10}}-\frac{\Delta d_{FP10}}{d_{FP10}}\right)+\Delta N_{20}\left(\frac{\Delta d_{PH20}}{d_{PH20}}-\frac{\Delta d_{FP20}}{d_{FP20}}\right),\\\Delta P(K)&=(N_1'+K-\Delta N_{10})\frac{\Delta\lambda_{12}n(\lambda_{20})}{\lambda_{20}}-\mathrm{Int}\left[(N_1'+K-\Delta N_{10})\frac{\Delta\lambda_{12}n(\lambda_{20})}{\lambda_{20}}\right],\end{aligned}\right\} \tag{15}$$

Table 1 Selecting Rules for Parameter I

I	conditions
0	K=0 or K>0 and $\Delta N_i'>\Delta P_i$ or K<0 and $\Delta N_i'<1+\Delta P_i$
+1	K>0 and $\Delta N_i'<\Delta P_i$
-1	K<0 and $\Delta N_i'>1+\Delta P_i$

如果标定波长和检测参数不存在误差，那么 $\Delta E(K)=0$，由(10)式试给出的误差函数 $E(K)$ 为

$$E(K)=|\Delta N_{20}-[\Delta N_{10}+I-\Delta P(K)]|, \tag{16}$$

使 $T(K)$ 取最小值的 K 值即为所求。但是在实际情况下，标定波长和检测参数总存在一定的误差，$\Delta E(K)\neq0$，由于 $\Delta E(K)$ 的存在很可能使由(16)式判断出的最小值出现偏差，进而 K 值也出现偏差。因此，必须对 $\Delta E(K)$ 加以约束，使 $\Delta E(K)$ 被限定在不足以使 K 的选择发生 $K\pm1$ 的误差范围内。

1. 由双波长唯一确定 K 值的条件

为了能够由 $E(K)$ 取最小值唯一地定出 K 值，实质上就是要求函数 $\Delta P(K)$ 在 K 的取值范围内不存在周期性，而函数 $\Delta P(K)$ 与 K 之间恰为周期性的锯齿波函数，其周期 T 由下式给出

$$T=\frac{[\lambda_{20}/n(\lambda_{20})]}{|\Delta\lambda_{12}|}, \tag{17}$$

那么每隔周期 T，便出现一个极小值，如果不对 K 的取值范围加以限制，那么便有许多的极

小值能够满足(16)式。对于厚度不确定量为 ΔX_0 的光学劈尖，K 的最大可取值 K_{max}，由(5)式给出

$$|K_{max}|=\mathrm{Int}\left[\frac{2n(\lambda_1)\Delta X_0}{\lambda_1}\right]。\tag{18}$$

从而 K 的取值范围为 $2|K_{max}|=2\,\mathrm{Int}[2n(\lambda_1)\Delta X_0/\lambda_1]$ 为了唯一地确定 K 值，应该满足 $2|K_{max}|<T$，该式可近似地表示为 $[4n(\lambda_{10})\Delta X_0/\lambda_{10}]<\lambda_{20}/n(\lambda_{20})|\Delta\lambda_{12}|$。因此，为了唯一地确定 K 值及 X_0 值，厚度的不确定量应满足

$$\Delta X_0<\frac{\lambda_{10}\lambda_{20}}{4n(\lambda_{10})n(\lambda_{20})|\Delta\lambda_{12}|}。\tag{19}$$

2. 对不确定量误差函数 $\Delta E(K)$ 的约束条件

为了使不确定量误差函数 $\Delta E(K)$ 不影响 $E(K)$ 对 K 的确定，就应该使 $\Delta E(K)$ 的存在不足以造成 $E(K)$ 对 K 的确定有 $K\pm1$ 的判断误差，亦即要求 $|\Delta E(K)|<|E(K)-E(K\pm1)|$ 或者表示为

$$|\Delta E(K)|<|\Delta P(K)-\Delta P(K\pm1)|。\tag{20}$$

于是可得

$$\begin{aligned}\Bigg|\Delta N_{20}\left(\frac{\Delta d_{PH20}}{d_{PH20}}-\frac{\Delta d_{FP20}}{d_{FP20}}\right)-\Delta N_{10}\left(\frac{\Delta d_{PH10}}{d_{PH10}}-\frac{\Delta d_{FP10}}{d_{FP10}}\right)\frac{\lambda_{10}n(\lambda_{20})}{\lambda_{20}n(\lambda_{10})}\\+(N_1'+K-\Delta N_{10})\left(\frac{\Delta\lambda_{10}}{\lambda_{10}}-\frac{\Delta\lambda_{20}}{\lambda_{20}}\right)\frac{\lambda_{10}n(\lambda_{20})}{\lambda_{20}n(\lambda_{10})}\Bigg|<\frac{|\Delta\lambda_{12}|n(\lambda_{20})}{\lambda_{20}}。\end{aligned}\tag{21}$$

在实际情况下，近似有下列关系

$$\left.\begin{aligned}&\left|\frac{\Delta\lambda_{10}}{\lambda_{10}}\right|\approx\left|\frac{\Delta\lambda_{20}}{\lambda_{20}}\right|=\left|\frac{\Delta\lambda}{\lambda}\right|,\\&\left|\frac{\Delta d_{PH10}}{d_{PH10}}\right|\approx\left|\frac{\Delta d_{PH20}}{d_{PH20}}\right|=\left|\frac{\Delta d_{PH}}{d_{PH}}\right|,\\&\left|\frac{\Delta d_{FP10}}{d_{FP10}}\right|\approx\left|\frac{\Delta d_{FP20}}{d_{FP20}}\right|=\left|\frac{\Delta d_{FP}}{d_{FP}}\right|。\end{aligned}\right\}\tag{22}$$

那么(12)式可以转换为

$$\left|\frac{\Delta\lambda}{\lambda}\right|<\frac{|\Delta\lambda_{12}|-\left[\frac{\Delta N_{20}\lambda_{20}}{n(\lambda_{20})}+\frac{\Delta N_{10}\lambda_{10}}{n(\lambda_{10})}\right]\left(\left|\frac{\Delta d_{PH}}{d_{PH}}\right|+\left|\frac{\Delta d_{FP}}{d_{FP}}\right|\right)}{\frac{[2(N_1'+K-\Delta N_{01})\lambda_{10}]}{n(\lambda_{10})}}。\tag{23}$$

(23)式就是对不确定误差函数 $E(K)$ 的约束条件，它反映了 $|\Delta\lambda_{12}|$、$|\Delta d_{PH}/d_{PH}|$、$|\Delta d_{FP}/d_{FP}|$ 与 $|\Delta\lambda/\lambda|$ 之间的相互制约的关系。显然，当 $|\Delta d_{PH}/d_{PH}|=|\Delta d_{FP}/d_{FP}|=0$ 时，应满足 $|\Delta\lambda/\lambda|<[n(\lambda_{10})|\Delta\lambda_{12}|/2(N_1'+K-\Delta N_{10})\lambda_{10}$; 当 $|\Delta d_{PH}/d_{PH}|\neq0$ 及 $|\Delta d_{FP}/d_{FP}|\neq0$ 时，至少应满足

$$|\Delta d_{PH}/d_{PH}|+|\Delta d_{FP}/d_{FP}|<|\Delta\lambda_{12}|/\{[\Delta N_{20}\lambda_{20}/n(\lambda_{20})]+[\Delta N_{10}\lambda_{10}/n(\lambda_{10})]\},$$

四、实验结果及分析

图1给出了双波长光学劈尖厚度标定的实验装置原理图，实验装置由三部分组成：连续波可调谐环形染料激光器提供连续可调谐的标定激光波长，迈克尔逊数字激光波长计波长

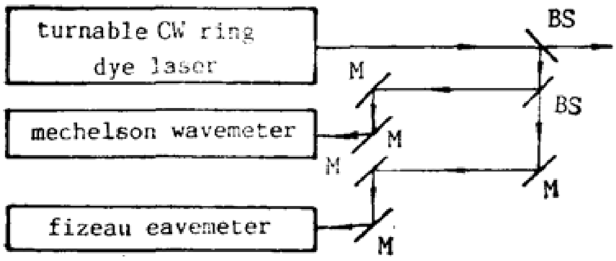

Fig. 1 The experiment schematic for optical wedge space calibration with two calibrating wavelengths

Table 2 Valuse of calibrating wavelengths λ_i and excess fractional drders ΔN_i

i	λ_i(nm)	ΔN_i
1	569.9003	0.2142
2	570.6915	0.4251
3	571.4884	0.6361
4	575.4531	0.4858
5	580.8630	0.4722
6	590.2506	0.8126

测量λ_i精度优于2×10^{-7}[7]和非佐激光波长计中的光学劈尖厚度和楔角待标定[8]，光学劈尖介质的折射率取自文献[9]的数据，其检测的剩余小数序数值ΔN_i列于表2。

图2给出了由实验测得的误差函数$E(K)$与K的关系曲线，光学劈尖的初始厚度$X'_0=585000\,\mathrm{nm}$，不确定量$\Delta X_0=17200\,\mathrm{nm}$，$\lambda_{10}=569.900\,\mathrm{nm}$，$\lambda_{20}$列入于图中，图中$K$应为整数离散点。由标定结果知$K=-1$使所有的$E(K)$均取极小值，相应的光学劈尖厚度$X_0=584864.42\,\mathrm{nm}$，表3列出了在$K=-1$附近不同$K$时的$E(K)$值。

计算结果表明，双波长标定光学劈尖厚度所测得的误差函数$E(K)$与K呈周期性分

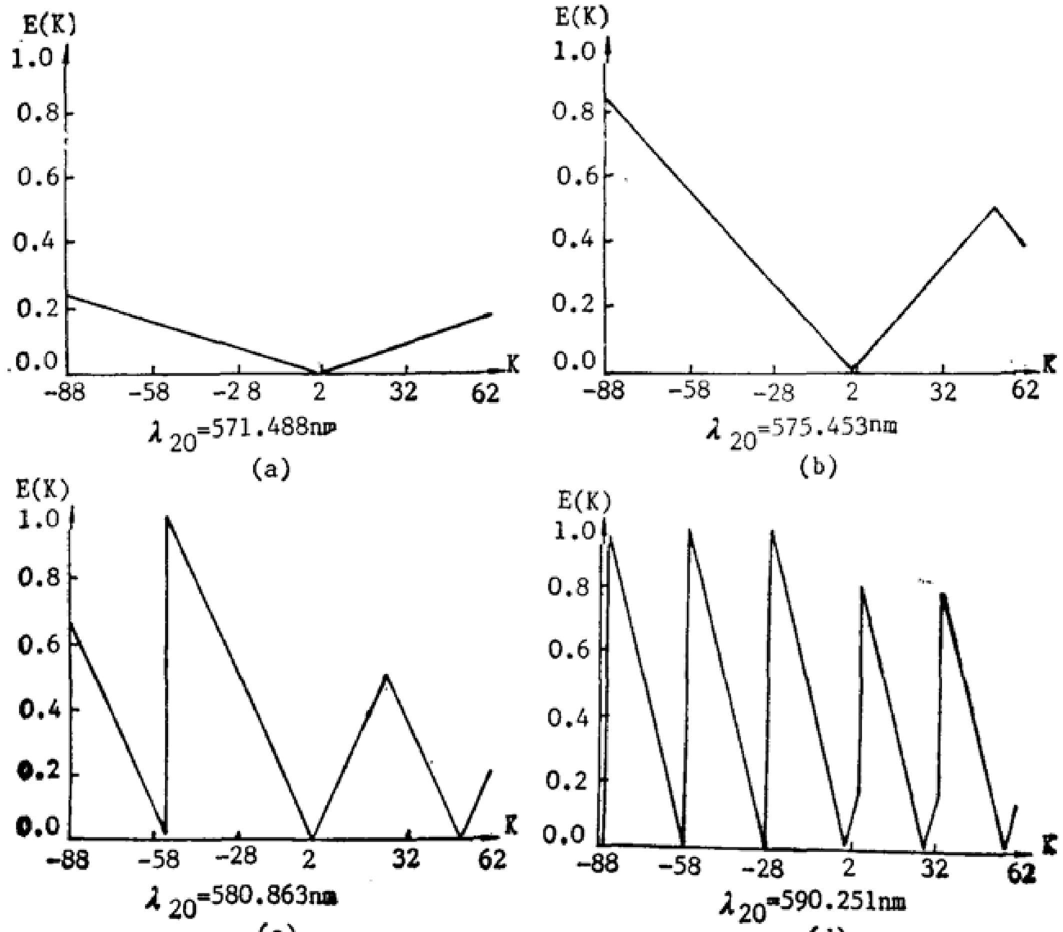

Fig. 2 Plots of relation between error function $E(K)$ and K

Table 3　Values of $E(K)$ with different K around $K=-1$

	570.6915	571.4884	575.4531	580.8630	590.2506
-3	7.602×10^{-3}	3.077×10^{-3}	1.730×10^{-2}	4.22×10^{-2}	8.41×10^{-2}
-2	6.197×10^{-3}	5.893×10^{-3}	7.5×10^{-3}	2.31×10^{-2}	4.92×10^{-2}
-1	4.793×10^{-3}	8.708×10^{-3}	2.1×10^{-3}	4.0×10^{-3}	1.43×10^{-2}
0	3.388×10^{-3}	1.152×10^{-2}	1.19×10^{-2}	1.5×10^{-2}	2.06×10^{-2}
+1	1.984×10^{-3}	1.143×10^{-2}	2.17×10^{-2}	3.42×10^{-2}	5.55×10^{-2}

布，其周期的大小反比于两标定波长的差别 $|\Delta\lambda_{12}|$，$|\Delta\lambda_{12}|$ 愈小，周期愈大，误差函数 $E(K)$ 的极小值之间的间隔愈大。在使 $E(K)$ 取极小值的 $K=-1$ 附近，不同的 K 值所得的 $E(K)$ 值之间的差别随着 $|\Delta\lambda_{12}|$ 的增大而增大，亦即周期愈大，$|E(K)-E(K\pm1)|$ 愈小。为了能够唯一地确定 K 值，$|E(K)-E(K\pm1)|$ 愈大愈好，且极小值之间的间隔(周期)也愈大愈好，这是两种相互矛盾的要求。由(20)式可知，$|E(K)-E(K\pm1)|$ 是不确定量误差函数 $|\Delta E(K)|$ 的上限，必须尽可能增大 $|E(K)-E(K\pm1)|$ 或减小 $|\Delta E(K)|$。在实际标定光学劈尖厚度时，标定激光波长和检测参数均存在一定的不确定量，而且一般情况下不能减小这些不确定量，亦即 $|\Delta E(K)|$ 总是固定存在的。所以，为了唯一准确地确定 K 值，应该尽可能地增大 $|E(K)-E(K\pm1)|$ 取值，从而增大 $|\Delta\lambda_{12}|$ 的取值，这便导致了 $E(K)$ 极小值之间的间隔变小及光学劈尖厚度的不确定量 ΔX_0 的减小。表 4 给出了不同

Table 4　Values of T, $|K_{max}|$ and ΔX_{0max} in different calibrating wavelengths
($\lambda_1=569.900$ nm)

	λ_2=570.6915nm	λ_2=571.4884nm	λ_2=575.453nm	λ_2=580.863nm	λ_2=590.256nm
T	712.02	355.23	102.30	52.31	28.64
K_{max}	356	177	51	26	14
ΔX_{omax}	69526.61nm	34687.56nm	9989.56nm	5107.64nm	2769.15nm

Table 5　The permitted maximum values of $\left(\left|\frac{\Delta d_{PH}}{d_{PH}}\right|+\left|\frac{\Delta d_{FP}}{d_{FP}}\right|\right)$

λ_2(nm)	$(\lvert\Delta d_{PH}/d_{PH}\rvert+\lvert\Delta d_{FP}/d_{FP}\rvert)_{max}$
570.6915	2.197×10^{-3}
571.4884	3.312×10^{-3}
575.4531	1.401×10^{-2}
580.8630	2.802×10^{-2}
590.2506	3.426×10^{-2}

Table 6 The permitted values of $|\Delta\lambda/\lambda|$ in different values of $\left(\left|\frac{\Delta d_{PH}}{d_{PH}}\right|+\left|\frac{\Delta d_{FP}}{d_{FP}}\right|\right)$

$\Delta\lambda/\lambda$ \ λ_2 / $\Delta d_{PH}/d_{PH}+\Delta d_{FP}/d_{FP}$	570.0915	571.4884	575.4531	580.8630	590.2506
0	2.348×10^{-7}	4.713×10^{-7}	1.648×10^{-6}	3.254×10^{-6}	6.041×10^{-6}
1×10^{-3}	1.279×10^{-7}	4.713×10^{-7}	1.530×10^{-6}	3.318×10^{-6}	5.865×10^{-6}
5×10^{-3}	------	------	1.059×10^{-6}	2.673×10^{-6}	5.159×10^{-6}
1×10^{-2}	------	------	4.713×10^{-7}	2.093×10^{-6}	4.278×10^{-6}

标定波长下 $E(K)$ 的周期 T、K 的最大取值 $|K_{max}|$ 和初始厚度不确定量 ΔX_0 的最大取值 ΔX_{0max}，表 5 给出了在 $|\Delta\lambda/\lambda|=0$ 条件下，$(|\Delta d_{PH}/d_{PH}|+|\Delta d_{FP}/d_{FP}|)$ 的最大可取值 $(|\Delta d_{PH}/d_{PH}|+|\Delta d_{FP}/d_{FP}|)_{max}$，表 6 给出了不同 $(|\Delta d_{PH}/d_{PH}|+|\Delta d_{FP}/d_{FP}|)$ 条件下 $|\Delta\lambda/\lambda|$ 的允许取值；表 5 和表 6 中 $\lambda_1=569.900$ nm。由这两组结果可知，检测参数和标定波长的不确定量愈大，那么就要求 $|\Delta\lambda_{12}|$ 也愈大，这同前面的分析是一致的。

本文所讨论的双波长改进的剩余小数法标定光学劈尖的厚度与文献[4]提出的双波长标定光学劈头厚度的方法实质上都是一样的，但文献[4]中并没有给出双波长标定光学劈尖厚度所应满足的约束条件。本文的理论分析和实验结果均已证明：双波长标定光学劈尖厚度是可行的，但必须满足一定的约束条件。光学劈尖厚度的不确定量 ΔX_0(及相应的 $|K_{max}|$)，两个标定被长 λ_1、λ_2 之差别 $|\Delta\lambda_{12}|$ 同检测参数 ΔN_{10}、ΔN_{20} 及标定波长 λ_1、λ_2 的不确定量之间是相互制约的关系，检测参数和标定波长的不确定量越小，对 ΔX_0 及 $|\Delta\lambda_{12}|$ 的约束也就愈弱。

参 考 文 献

[1] J. J. Snyder; *Appl. Opt.*, 1980, **19**, No. 8 (Apr), 1223.
[2] M. B. Morris *et al.*; *Appl. Opt.*, 1984, **23**, No. 21 (Nov), 3862.
[3] 沃敏政等;《中国激光》,1989, **16**, No. 11 (Nov), 651。
[4] D. Lu *et al.*; *Opt. & Laser Technol.*, 1984, No. 8 (Aug), 206.
[5] Zhu Shidong; *J. O. S. A.*, 1987, **4**, No. 2 (Feb), 352.
[6] M. Born *et al.*; *«Principles of Optics»*, (Pergamon, Oxford, 1980), **7, 6, 4.**
[7] 许凤明等;《光学机械》1984, No. 6 (Dec), 11。
[8] 张铁军等;《激光与红外》, 1990, **20**, No. 4 (Jul), 29。
[9] 天津大学等;《物理光学》, (国防工业出版社, 北京, 1980), **299**。

Study of excess fraction method for calibrating optical wedge spacing with two known wavelength and its restrictive conditions

ZHANG TIEJUN
(*Changcnun Institute of Optics & Fine Mechanics, Aca emia Sinica, Changchun* 130022)

(Received 4 June 1990; revised 17 August 1990)

Abstract

An excess fraction method for calibrating optical wedge spacing with two known wavelengths is proposed in this paper. The restrictive conditions for this method are discussed and the experimental results are given.

Key words: an excess fraction method, calibration with two wavelengths, optical wedge spacing.