$$\begin{cases} n_1^2(\vartheta_1)-n_2^2(\vartheta_2)\approx n_0^2\left[4\delta+\dfrac{n_e^2-n_0^2}{n_e^2}\sin^2\vartheta_1\right] \\ n_1(\vartheta_1)\approx n_2(\vartheta_2)\approx n_0,\quad \delta=\dfrac{\lambda(\text{毫米})}{360n_0}\rho\,(\text{度/毫米}) \end{cases}$$

其中 ρ（度/毫米）为旋光率。对一定波长的激光，在选定 ϑ_a（因而 $v(\vartheta_a)$ 为已知）后，由求解上述 Dixon 方程可得 $\vartheta_1\sim f$ 和 $\vartheta_2\sim f$ 关系，从而完全确定反常布喇格衍射的几何关系。

我们对五种常用激光波长和各种 ϑ_a 值作了系统计算，并取 $\Delta\vartheta_1=0.08°$ 来确定工作频带。得到下列结论：(i) 无论对哪种波长的激光，只要 $\vartheta_a>4°$，都可把凹陷频率 f_d 排斥在工作频带之外从而使衍射光强均匀化；(ii) 对 1.064 微米只要 $\vartheta_a>4°$，对 6328 埃只要 $\vartheta_a>5°$，对 4880、5145 和 4416 埃只要 $\vartheta_a>6°$，即可使 $\vartheta_1>\vartheta_{1,\min}$，从而入射光可用线偏振 e 光；(iii) ϑ_a 增大时，工作频率和带宽都逐渐增大，但从 TeO_2 单晶对慢切变波的吸收来考虑希望工作频率不超过 135 兆赫，因此对四种可见激光而言 ϑ_a 不宜大于 6°。

综合以上系统计算结果，我们认为对于四种可见激光波长均以取 $\vartheta_a=6°$ 为最适宜，对于 1.064 微米则 ϑ_a 可取在 6～8° 间。

氧化碲声光偏转器的布喇格带宽和扫描线性问题

北京工业大学　徐介平

在上一篇文章中我们是在选定 ϑ_a 的条件下求解 Dixon 方程得到 $\vartheta_1\sim f$ 和 $\vartheta_2\sim f$ 关系（迄今为止国内外所有的讨论都是这样进行的），并以 $\Delta\vartheta_1=0.08°$ 作为选取工作频带的依据，这样做的理由是很不充分的，另外所解出的 $\vartheta_2\sim f$ 关系具有明显的非线性，因而曾有人提出补偿扫描线性的方案。

然而声光偏转器的实际工作情况是入射光方向 ϑ_1 保持不变，并通过限制换能器的长度 L，使超声波分散在一定角度范围内以得到较大的布喇格带宽。因而一个符合实际情况的解法应该是在 ϑ_1 保持不变的条件下求解下列联立方程

$$\begin{cases} v^2(\vartheta_a)=v^2_{[110]}\cos^2\vartheta_a+v^2_{[001]}\sin^2\vartheta_a \\ \sin\pm(\vartheta_a-\vartheta_1)=\dfrac{\lambda}{2n_0v(\vartheta_a)}\left\{f+\dfrac{n_0^2v^2(\vartheta_a)}{\lambda^2 f}\left[4\delta+\dfrac{n_e^2-n_0^2}{n_e^2}\sin^2\vartheta_1\right]\right\} \\ \sin\pm(\vartheta_2-\vartheta_a)=\dfrac{\lambda}{2n_0v(\vartheta_a)}\left\{f-\dfrac{n_0^2v^2(\vartheta_a)}{\lambda^2 f}\left[4\delta+\dfrac{n_e^2-n_0^2}{n_e^2}\sin^2\vartheta_1\right]\right\} \end{cases}$$

得到 $\vartheta_a\sim f$ 和 $\vartheta_2\sim f$ 关系。我们对 6328 埃、5145 埃、4880 埃和 4416 埃激光波长和一系列 ϑ_1 值作了这种计算，从计算结果可以得到下列结论：(i) 所解得的 $\vartheta_2\sim f$ 关系具有十分良好的线性，因而以往所作扫描线性补偿的讨论完全是多余的；(ii) $\vartheta_a\sim f$ 关系亦有极值，极值频率 f_0 与由 $\dfrac{d\vartheta_1}{df}=0$ 所确定的极值频率一致（可由 Dixon 方程直接证明），ϑ_a 的极值记作 ϑ_{a0}；(iii) 按上篇文章讨论我们取 $\bar{\vartheta}_a=6°$，令 $\delta\vartheta_{a0}=|\bar{\vartheta}_a-\vartheta_{a0}|$，我们将以 ϑ_a 在 $\bar{\vartheta}_a\pm\delta\vartheta_{a0}$ 内为依据来确定工作频带 (f'_L, f'_H)；(iv) 计算表明当 ϑ_1 变小时，$\delta\vartheta_a$ 和带宽 $f'_H-f'_L$ 将增大，但 ϑ_1 太小将使 f_d 落入近带 (f'_L, f'_H) 内，这是不允许的，使带宽 $f'_H-f'_L$ 尽量大但又保证 f_d 在通带外的设计应称为最佳设计，对于四种可见激光入射角的最佳值 $\vartheta_{1,\mathrm{opt}}$（对 $\bar{\vartheta}_a=6°$ 而言）分别为 4°11′、4°5′、4°3′ 和 3°58′。

然而上面以 ϑ_a 在 $\bar{\vartheta}_a\pm\delta\vartheta_{a0}$ 内为依据来确定工作频带仍然是不严格的，事实上一定长度 L 的换能器在频带低端和高端处超声的发散角是不同的。最为严格的处理办法是计算超声能量的角分布（它由熟知的单缝衍射公式给出）结合由 Dixon 方程解出的 $\vartheta_a\sim f$ 关系就可确定在每一频率 f 起作用的超声能量 $P_a(f)$，这样在规定了能容许的不均匀度（例如 4 分贝）后，就可以完全精确地确定换能器长度 L 和 4 分贝 布喇格带宽 (f_L, f_H)；具体办法是先在 f_0 处按规定的不均匀度确定 L，即可按规定的不均匀度确定低端频率 f_L 和高端频率 f_H。对于四种可见激光且入射角 ϑ_1 取 $\vartheta_{1,\mathrm{opt}}$ 时的计算结果如下表所示：

激 光 波 长 (埃)	f_0 (兆赫)	L (毫米)	f_L (兆赫)	f_H (兆赫)	$d\vartheta_2/df$ (度/兆赫)
6328	71	3.3	44	104	0.0247
5145	94	2.5	59	137	0.0196
4880	101	2.3	65	147	0.0194
4416	120	2.0	77	172	0.0164

其中最后一列为由 $\vartheta_2\sim f$ 关系求出的介质内扫描率 $\frac{d\vartheta_2}{df}$，介质外扫描率 $\frac{d\vartheta_2^{(0)}}{df}=n_0\frac{d\vartheta_2}{df}$。由表可见布喇格带宽均在 60 兆赫以上，因而完全有可能得到 1000 以上的可分辨点。

工作于 1.064 微米的 TeO_2 声光偏转器

北京工业大学　徐介平

在上一篇文章中我们仅对四种可见激光作了计算，但在实际工作中已提出要求工作于 1.064 微米且可分辨点数达 1000 的声光偏转器；另外对于可见激光，我们仅计算了 Dixon 方程的第一组解（对应于 $\vartheta_i=\pm(\vartheta_a-\vartheta_1)$ 和 $\vartheta_a=\pm(\vartheta_2-\vartheta_a)$ 中取 + 号），这是因为对可见激光，第二组解（对应于取 − 号）的工作频率都在 140 兆赫以上，此时 TeO_2 对超声的吸收很严重，但对于 1.064 微米激光，由于 TeO_2 对长波长的旋光率很小导至第一组解的工作频率很低，有必要探讨一下工作于第二组解的情况。

本文按上一篇文章的思路和公式计算了对于 1.064 微米激光，$\bar{\vartheta}_a=6°$ 且工作于第一和第二组解以及 $\bar{\vartheta}_a=8°$ 且工作于第一组解的情况，其主要结果如下表所示：

工 作 状 态	$\vartheta_{1,opt}$ (度)	f_0 (兆赫)	L (毫米)	f_L (兆赫)	f_H (兆赫)	Δf (兆赫)	$\Delta f/f_c$	$Q^{(L)}$	$d\vartheta_2/df$ (度/兆赫)
$\bar{\vartheta}_a=6°$，第一组解	4°18′	38	6.1	23	56	33	0.825	23	0.0428
$\bar{\vartheta}_a=6°$，第二组解	9°18′	77	6.05	61	94	33	0.43	158	−0.0424
$\bar{\vartheta}_a=8°$，第一组解	5°47′	51	3.2	30	79	49	0.89	19.5	0.0418

由上述计算可以得到下列结论：(i) 当离轴角 $\bar{\vartheta}_a$ 增大到 8° 时，4 分贝布喇格带宽可达 49 兆赫，因而当取超声渡越时间 $\tau=20$ 微秒（相当于光孔径 $W=v\tau\approx 13$ 毫米）时，可分辨点数 N 可达 1000；(ii) 工作于第二组解并不能提高布喇格带宽，例如当 $\bar{\vartheta}_a=6°$ 时均只有 33 兆赫；(iii) 但当按第二组解工作时，可将工作频率提高到对于 TeO_2 来说是最适宜的频率，此时带来两大优点：一是使相对带宽 $\frac{\Delta f}{f_c}$ 下降到 0.43，此时在换能器制作中在 X-切 LN 和 TeO_2 之间可仅用单层增透或根本不需增透层，相反当工作于第一组解时 $\frac{\Delta f}{f_c}$ 都在 0.8 以上甚至达到 0.9，此时在 LN 和 TeO_2 间必须有双层增透层，这在工艺上极为麻烦；另一是由于工作频率显著提高而 L 又基本不变，故器件的 Q 值非常高，即使在通带低端 $Q^{(L)}$ 亦达 158，这对某些应用来讲是很可贵的。