



導波路型音響光学広角偏向器

砂 川 寛

富士写真フイルム(株)宮台技術開発センター 〒258 神奈川県足柄上郡開成町宮台 798

1. ま え が き

レーザービームを偏向・走査する光偏向器は、レーザービームプリンターをはじめとして各種光情報処理装置に応用されている。その多くは、回転多面鏡、ガルバノミラー等の機械的な偏向器であり、レーザー光源や受光素子の固体化が進むなかで、機械的な回転や変位に頼らない固体光偏向器が期待されている。一方、音響光学効果を用いた偏向器は、機械的可動部分がないため信頼性が高く、また高速性、ランダムアクセス性という特徴を有しているが、実用装置に用いられている例はあまり多くない。その大きな理由は、音響光学偏向器が機械式に比べ偏向角が小さく、解像点数が少ないためと考えられる。

ここでは、音響光学偏向器の偏向角、解像点数を改善し実用的なレーザービームプリンターへの応用の可能性を開くため、われわれが提案した二回回折法による導波路型音響光学広角偏向器¹⁾について紹介する。

2. 音響光学偏向器の広偏向角化法

2.1 音響光学偏向器の広偏向角化の課題

光学媒体中の超音波は、周期的な屈折率分布を発生させ、これが位相格子として作用し光波をブラッグ回折させる。音響光学偏向器では、この超音波の周波数を変化させ回折角を制御し光を偏向する。

したがって、広偏向角を得るには、超音波周波数を高くし、その変化幅(帯域)を広くする必要がある。しかし、通常のパルク型音響光学素子では、高周波で広帯域なトランスデューサの実現は困難であるので、偏向角は $2\sim 3^\circ$ に留まっている。

従来より、偏向角拡大の研究は数多くなされているがその方法の一つに表面弾性波(surface acoustic wave; SAW)による光導波路型音響光学偏向器^{2,3)}がある。この構成は音波と光が媒体表面に閉じ込められ、高回折率が期待される。また、トランスデューサは、プレーナ型のチルト・チャープ IDT (inter-digital transducer)

が用いられ、高周波化が比較的容易で全帯域で高効率なブラッグ回折が可能となる。しかし、帯域を広くしすぎると SAW 励振効率は低下する。

そこで、超音波周波数帯域をいくつかの狭帯域 IDT に分けるマルチプル・チルト・IDT 法^{2,4)}が提案されている。しかし、この方法は、IDT の切換え点において、SAW あるいは回折光同士が干渉し回折光量が極端に低下するという欠点がある。

2.2 二回回折法による広偏向角化

これらの課題を克服し、高周波化や広帯域化を図らずに、比較的高効率で広偏向角が得られる方法として、導波路型音響光学偏向器の二回回折法を提案した。この方式は、図1に示すように一度回折した回折光を再度回折させ、連続的に1番目と2番目の SAW 周波数を掃引して偏向を行う。この方式では、1回の偏向に比べ2倍の偏向角が得られる。

光ビームを連続的に偏向する際重要なことは、図2の波数ベクトル図に示すように、SAW 周波数 f を f_{\max} から f_{\min} まで掃引中、回折効率を一定に保つため下記のブラッグ条件を常に満足することである。

$$k_1 + K_1 = k_2 \quad (1)$$

$$k_2 + K_2 = k_3 \quad (2)$$

ここで、 k_1 , k_2 , k_3 , K_1 , K_2 はそれぞれ入射光、一回回折光、二回回折光(偏向光)、第一の SAW、第二の SAW の波数ベクトルである。このような方式が可能な理由は、図1に示すチルト・チャープ IDT が SAW の方向と周波数を任意に変えられ、二度の回折でもブラッグ条件を常に満足できるからである。

3. 二回回折デバイスの設計と作製

3.1 結晶基板と光導波路

結晶基板として X 板 LiNbO_3 を用い、Ti 拡散導波路を作製し、導波光として Y-伝播 TE モードを採用した。この構成は、① 電気機械結合定数 k^2 が大きいので高い SAW 変換効率が期待できる、② 大きな光弾性定数 P_{31} に加え、大きな電気光学定数 r_{33} が作用するの

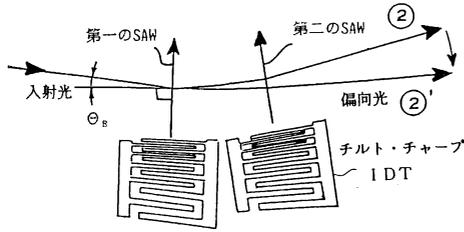


図 1 二回折法による光偏向

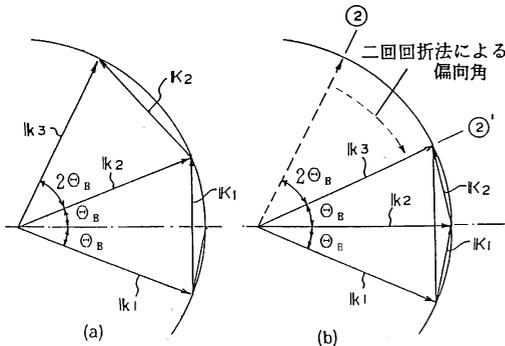


図 2 二回折法の波数ベクトル図による説明
(a) $f = f_{max}$, (b) $f = f_{min}$, $f_{max} = 2f_{min}$ の場合

で、高い回折効率期待できる、③ 低損失な導波路が容易に作製できるという特長を有する。

3.2 高効率 IDT

高効率な IDT を得るためには、50 Ω 系の高周波アンプにマッチングの良いこと、IDT の電極指長を極力長くすることが必要である。広帯域 IDT の場合 50 Ω マッチングは困難であるが、スミスの等価回路⁵⁾を用い挿入損を最小にするようにパラメータを決めた。また電極指長を長くするため、ドッグレッグ構造²⁾を採用した。作製は、電子ビーム描画法を用いた。

3.3 光入出力法

導波路への光入出力は LGC (linear grating coupler)⁶⁾を用いた。これは、幅の広い高品質な導波光・偏向光が容易に得られ、高解像点数を得るに有利である。作製はフォトリソグラフィ法を用いた。

この構成で、IDT の帯域を 500 MHz、導波光ビーム幅を 10 mm、光波長を 0.78 μm とすれば、偏向角 13°、解像点数 2200 点の偏向器が実現可能である。

4. スキャナー特性評価

光源に半導体レーザー (波長 0.79 μm) を用い、図 3 に示す構成でデバイスの評価を行った。結果を表 1 に示す。回折率は、均一になるよう最低値で補正した。超

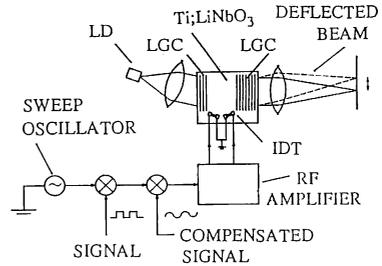


図 3 スキャナー特性評価の構成

表 1 光スキャナー特性評価結果

SAW 中心周波数 (MHz)	750
SAW 周波数帯域 (MHz)	450
導波光ビーム径 (mm)	8.7
偏向角 (deg.)	11.8
結像レンズ焦点距離 (mm)	550
走査幅 (mm)	114
解像点数 ^{*1}	1500
回折効率 ^{*2} (%)	10

*1 解像点数は、解像スポット 1/e² 径で定義した。

*2 回折率は二回の回折の積であり、均一になるよう補正している。駆動パワーは各 IDT 当り約 0.8 W である。

音波周波数帯域 450 MHz、導波光ビーム幅 8.7 mm で、11.8° という広い偏向角と 1500 点という高解像点数を実現できた。

5. む す び

音響光学偏向器の偏向角と解像点数を改善する二回折法による導波路型音響光学広角偏向器を紹介した。

元来、音響光学偏向器は、小型、高速性、ランダムアクセス性、高信頼性という特長を有している。これらに加えて二回折法による広偏向角化を用いれば、高速光スキャナー・高速固体分光器・ランダムアクセス光ピックアップ等各種レーザー装置への応用の可能性が大きく拡がると考えている。

文 献

- 1) 羽鳥正美, 野崎信春, 砂川 寛, 後藤千秋, 飯島俊雄, 神山宏二: 信学技報, **OQE 88-139** (1989) 9-14.
- 2) C. S. Tsai: IEEE Trans. Circuits Syst., **CAS-26** (1979) 1072-1098.
- 3) 野崎信春, 梶原敏明, 西原 浩: 信学技報, **OQE 85-177** (1986).
- 4) 山本 昇, 宮脇 守, 中村憲司, 松本和也: Microopt. News, **5** (1987) 27-32.
- 5) W. R. Smith, H. M. Gerard, J. H. Collins, T. M. Reeder and H. J. Shaw: IEEE Trans. Microwave Theory Techn., **MTT-17** (1969) 856-864.
- 6) M. L. Dakss, L. Kuhn, P. F. Heidrich and B. A. Scott: Appl. Phys. Lett., **16** (1970) 523.

(1989年12月1日受理)