

7. AOチューナブルフィルタ

(AOTF:Acoust Optic Tunable Filter)

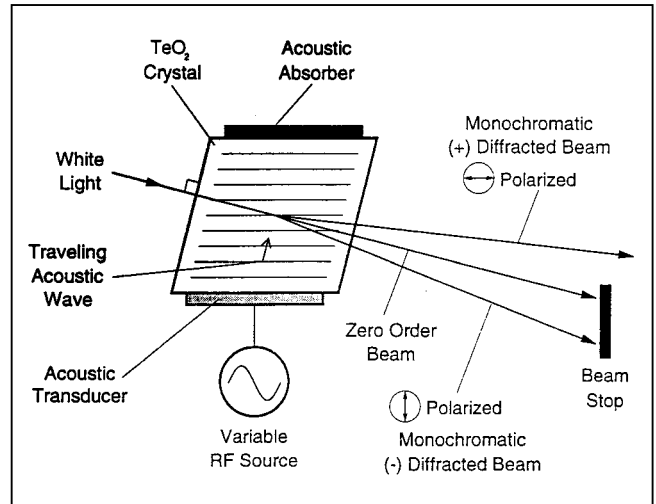
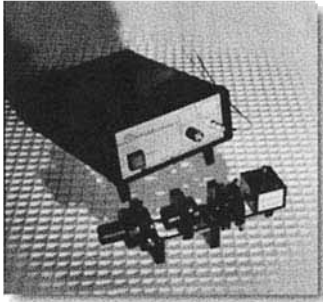


図14. AOTFのスキマティック図

7-1. Introduction

音響光学チューナブルフィルタ（Acoust Optic Tunable Filter：AOTF）は電気的なスペクトルバンドパスフィルタです。全固体型の電気-光学デバイスで可動部分がありません。構成は、音響（振動）波がある結晶から成り、ラジオ周波数（RF）が白色光あるいは多色光源から単一波長の光を取り出します。選択される光の波長は、結晶に入れたRF周波数の機能によりものです。従って、RFに変化を持たせることにより、分離される波長、フィルタがかかった光も変化します。この波長は素子の幾何学性からは独立しています。

最も一般的に可視-近赤外領域のAOTFは、二酸化テルル（TeO₂）を使用したnon-collinearタイプです（結晶中で音響波と光学波が非常に異なる角度を持って伝搬する）。図はTeO₂のAOTFです。TeO₂結晶の一片にトランスデューサ-接着されています。トランスデューサ-はRFが入力されると振動（音響波）を放射します。振動の周波数は入力したRFの周波数と等しくなります。TeO₂中を音響波が通過するとき結晶格子が縮めたり、緩まったりします。この屈折率の変化が透過型のグレーティングあるいはブラッグ偏向器のような働きをします。昔ながらのグレーティングとは異なりAOTFはある特定の1波長のみを回折し、よりフィルタに近いと言えます。そのため、回折は平面上や表面だけでなく、より大きなボリュームで以って起こり、回折パターンはリアルタイムで動きます。回折された光の波長は“フェーズマッチング”により決まり、以下の式で表されます。

$$\lambda = \Delta n \alpha v / f a$$

n はTeO₂結晶の復屈折、 a と $f a$ はそれぞれ音響波の速度と周波数、 α はAOTFのデザインによる複合パラメータを表します。従って、回折により選択された光の波長は、単純に入力するRFの周波数により変化することになります。図の様に、回折光の強度は2本の1次光(+)(-)に分散します。これらビームは

AOTFをチューナブルフィルタとして使用する場合は、非回折のプロード光をブロックするためにビームブロックを使用し、(+)(-)の単波長光を実験に使用します。ビーム間の角度はデバイスの設計によって異なりますが、通常2-3°です。選択された光のバンド幅は素子と駆動波長により異なり、最高1nmのFWHMまで可能です。透過効率は非常に高く（最高98%）で、2本の1次光(+)(-)に分散しています。AOTFのその他の特徴としては、RFパワーを変えることにより回折光の強度を正確にかつ迅速に変更できることです。

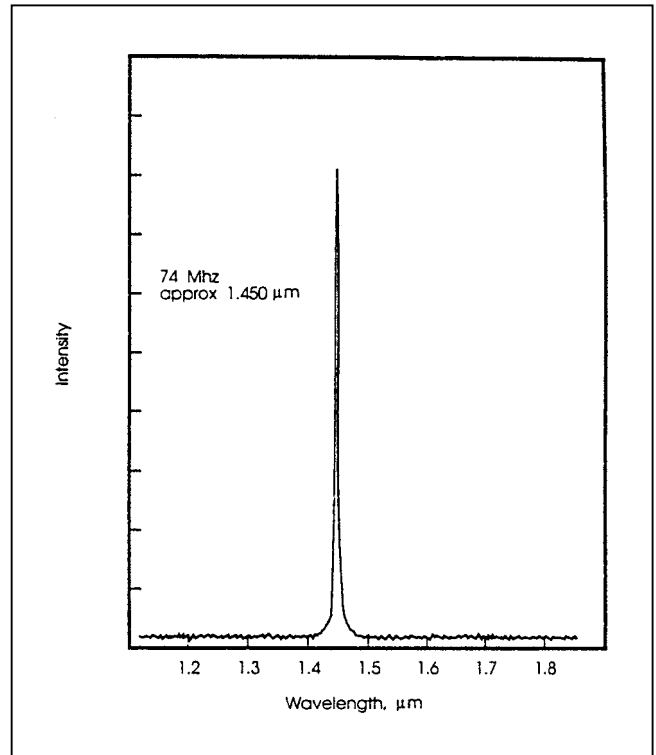


図15. AOTFからの出力プロット

7-2. 紫外-可視用AOTF

モデル番号	TEAF_-36-52	TEAF_-40-65	TEAF_-45-70	TEAF_-50-1.0
波長範囲	360-520nm	400-650nm	450-700nm	500-1000nm
駆動周波数	100-190MHz	220110MHz	180-100MHz	155-70MHz
光分解能	S/H (グラフ参照)			
駆動RFパワー	> 70% (アパーチャガイド参照)			
ピーク回折効率	0.5-1.5W (アパーチャガイド参照)			
RFコネクタ	SMA	SMA	SMA	SMA

***対応する波長(周波数)は、光学システムのアライメントにより多少(±10%)変わる場合があります。

標準アパーチャー

アパーチャー	3.0x3.0mm	5.0x5.0mm	7.0x7.0mm	10.0x10.0mm
モデル番号	TEAF3-XX-YY	TEAF5-XX-YY	TEAF7-XX-YY	TEAF10-XX-YY
ピーク回折効率	90%	85%	75%	70%
駆動パワー	0.5-1.0W	0.5-1.0W	1.0-1.5W	1.0-1.5W
パッケージタイプ*	#170			
RFコネクタ	SMA	SMA	SMA	SMA

*TEクーラーも取り付け可能です(オプション)

7-3. 可視用イメージングAOTF

モデル番号	TEAF_-40-65	TEAF_-45-70	TEAF_-50-1.0
波長範囲	400-650nm	450-700nm	500-1000nm
駆動周波数	220110MHz	180-100MHz	155-70MHz
光分解能	S/H (グラフ参照)		
ピーク回折効率	> 70% (アパーチャガイド参照)		
駆動RFパワー	1.0-1.5W (アパーチャガイド参照)		
RFコネクタ	SMA	SMA	SMA
ケースタイプ	#170	#170	#170

標準アパーチャー

アパーチャー	7.0x7.0mm	10.0x10.0mm
モデル番号	TEAF7-XX-YY	TEAF10-XX-YY
ピーク回折効率	75%	70%
空間分解能*	80-90line pair/mm	80-90line pair/mm
駆動パワー	1.0-1.5W	1.0-1.5W
パッケージタイプ**	#170	
RFコネクタ	SMA	SMA

その他アパーチャーサイズも対応致します。

*空間分解能は光学倍率に依存します。上記の値はx10画像システムで測定された値です。

**TEクーラーも取り付け可能です(オプション)

7-4. 赤外用AOTF

モデル番号	TEAF_-36-52	TEAF_-40-65	TEAF_-45-70	TEAF_-50-1.0
波長範囲	800-1600nm	1200-2000nm	1500-3000nm	2400-4500nm
駆動周波数	130-60MHz	90-50MHz	68-34MHz	40-20MHz
光分解能	S/H/EH (グラフ参照)			
回折効率	50%	50%	40%	35%
駆動RFパワー	2.0-4.0W (アパーチャガイド参照)			

標準アパーチャー

アパーチャー	3.0x3.0mm	5.0x5.0mm	7.0x7.0mm	10.0x10.0mm
モデル番号	TEAF3-XX-YY	TEAF5-XX-YY	TEAF7-XX-YY	TEAF10-XX-YY
駆動パワー	2.0-4.0W	2.0-4.0W	2.0-4.0W	2.0-4.0W
パッケージタイプ*	#170			
RFコネクタ	SMA	SMA	SMA	SMA

*TEクーラーも取り付け可能です(オプション)

7-5. 赤外用高分解能AOTF (UHタイプ)

7-5. 高分解能赤外用AOTF

モデル番号	スペクトル範囲	対応する周波数	スペクトル分解能	回折効率
TEAF_-80-1.6-UH	800-1600nm	190-90MHz	S/H/EH	50%
TEAF_-1.2-1.7-UH	1200-1700nm	120-80MHz	S/H/EH	50%
TEAF_-1.5-2.4-UH	1500-2400nm	90-55MHz	S/H/EH	40%
TEAF_-2.4-3.2-UH	2400-3200nm	55-40MHz	S/H/EH	35%
TEAF_-3.2-4.5-UH	3200-4500nm	45-30MHz	S/H/EH	30%

上記デバイスには下記のアパーチャサイズが選ばいただけます。

標準アパーチャー

アパーチャー	3.0x3.0mm	5.0x5.0mm	7.0x7.0mm	10.0x10.0mm
モデル番号	TEAF3-XX-YY	TEAF5-XX-YY	TEAF7-XX-YY	TEAF10-XX-YY
駆動パワー	2.0-4.0W	2.0-4.0W	2.0-4.0W	2.0-4.0W
パッケージタイプ*	#170			
RFコネクタ	SMA	SMA	SMA	SMA

*TEクーラーも取り付け可能です(オプション)

7-6. ラマン分光用高分解能AOTF

モデル番号	TEAF5-40-.65UH
スペクトル範囲	400-650nm
対応周波数範囲	200-400MHz
スペクトル分解能	1.5 @400nm
ラマン分光用高分解能AOTF	3.2 @633nm
RF駆動パワー	2.0W
遅延	10 μ秒
立ち上がり時間	30 μ秒
入射/出力偏光	垂直/水平
RFコネクタ	SMA
許容角度	± 1.5 °
回折効率	>50%
光学アパーチャー*	5x7mm

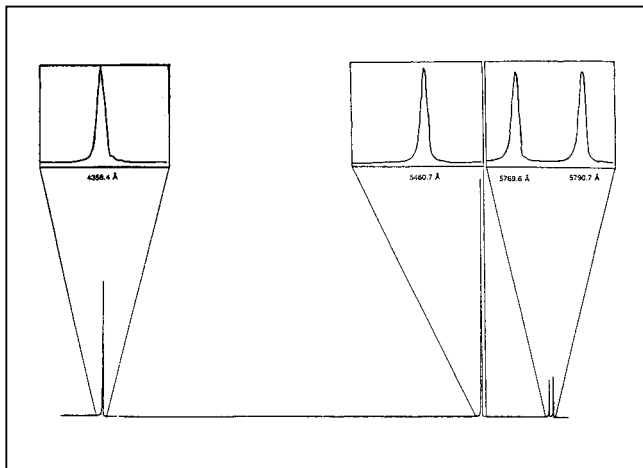


図16. AOTFを使用したプロトタイプ分光器による小型水銀ランプの可視スペクトル

7-7. AOTFコントローラー

7-8. -DDS コントローラー

(Direct Digital RF Synthesizer)

DDSモデルAOTFコントローラーは、IBM互換機PCシステムで駆動させるアンプ付ダイレクトデジタルRFシンセサイザーボードです。DDSボードは、直接AOTFと接続する外部RFアンプユニットを接続します。インターフェイスユニットは標準の110VAC, 60Hzあるいは220VAC 50Hzラインに1.5Aの電気容量で駆動します。

周波数*	100-200MHz
周波数ステップサイズ**	30Hz
周波数精度	0.01%精度(100ppm); 15-75
周波数スイッチ速度	最高250 μ秒(fminからfmax)
位相ノイズ	<-45dBc/Hz@1kHz in 1Hzバンド幅
出力	通常+33dBm(2W)***
出力制御	25dBレンジ(最小)の12bitアッテネータ
出力インピーダンス	50
出力コネクタ	フロントパネル上のSMAジャック

*AOTFコントローラーの周波数範囲はご購入されたAOTF素子に必要とされる範囲のみ駆動可能です。コントローラーカードは、各素子のパラメーターが出荷前に入力されています。

**これは、RFドライバーのパラメーターであり、AOTF素子の分解能はありません。

***2.0Wは標準仕様です。

<アプリケーション>

TeO₂AOTFの波長制御

マルチレーザ光ライン選択のプログラミング制御

AOTFの1次、2次回折光の波長選択と強度変調

コヒーレント、非コヒーレントレーザ光の出力強度制御

<必要なコンピューター>

16bit ISA、拡張スロットを搭載したIBM互換機（英語版OSが望ましい）

<付属ソフトウェア>

付属ソフトウェアでは出力RF信号の周波数と強度の制御が可能です。DOSを制御する簡単なグラフィックインターフェイスを持つWindows 3.11/95バージョンでの供給になります。

<オプション>

RF変調オプション

A.M. アナログ強度変調

A.S.K. 強度シフトキーあるいはデジタル強度変調

F.M. アナログ周波数変調

F.S.K. 周波数シフトキーあるいはデジタル周波数変調

P.A.M. パルス強度変調（内部/外部パルスジェネレーター）

その他オプション

DCn カスタム電源DC “n” ポルト

B RF出力にBNCコネクタ使用

E 200-250VAC 50-400Hz電源
M O.E.M.あるいは特注パッケージ
X, Y, Z 特殊なオプション仕様

7-9. -PPS コントローラー

(PC controlled AOTF driver)

PPSモデルAOTFコントローラーはAC電源込みの単体型のRF周波数シンセサイザーです。PCの平行ポート(プリンターポート)にDB25コネクタケーブルを接続し周波数制御をおこないます。

周波数*	100.0-200.0MHz
周波数ステップサイズ**	15.625Hz
周波数精度	0.010%精度(100ppm) 0-60
周波数スイッチ速度	最高15m秒(fminからfmax)
位相ノイズ	<-45dBc/Hz@1kHz in 1Hz/バンド幅
出力	通常+33.0dBm(2W)***
出力制御	20dB可変アンプ(オプション)
出力インピーダンス	50
出力コネクタ	フロントパネル上のSMAジャック

*周波数範囲はご購入されたAOTF素子に必要とされる範囲に調整済。

**2.0Wは標準仕様です。30W出力はオプション。AOTFにより、最大RF出力レベルは出荷前に設定済。

<アプリケーション>

TeO₂AOTF波長制御

内蔵フィードバック制御ループを用いたコヒーレント、非コヒーレントレーザ光の出力強度制御

<フロントパネルのコントローラー>

- 1.電源スイッチ
- 2.パワー出力コネクタ (SMA)

<必要なコンピューター>

プリンター (平行) ポート付のIBM互換機 (PC、XT、AT、英語版OSが望ましい)。

<付属ソフトウェア>

付属ソフトウェアはシンセサイザーがPCの平行ポートに接続しているとき出力RF信号の周波数と強度を制御します。PPSを制御する簡単なグラフィックインターフェイスを持つDOSバージョンでの供給になります。

<オプション>

RF変調オプション

- A.M. アナログ強度変調
- A.N. 0-20dBのRFアッテネター (フロントパネルノブ)
- A.S.K. 強度シフトキーあるいはデジタル強度変調
- F.M. アナログ周波数変調
- F.S.K. 周波数シフトキーあるいはデジタル周波数変調

P.A.M. パルス強度変調 (内部/外部パルスジェネレーター)
その他オプション

- DCn カスタム電源DC “ n ” ボルト
- B RF出力にBNCコネクタ使用
- E 200-250VAC 50-400Hz電源
- M O.E.M.あるいは特注パッケージ
- X, Y, Z 特殊なオプション仕様

7-10. -SPS コントローラー

(PC controlled AOTF driver)

SPSモデルAOTFコントローラーは、AC電源込みの単体型のRF周波数シンセサイザーです。PCのシリアルポートにDB-9コネクタを接続し周波数制御をします。

周波数*	100.0-200.0MHz
周波数ステップサイズ**	15.625Hz
周波数精度	0.010%精度(100ppm) 0-60
周波数スイッチ速度	最高15m秒(fminからfmax)
位相ノイズ	<-45dBc/Hz@1kHz in 1Hz/バンド幅
出力	通常+33.0dBm(2W)***
出力制御	20dB可変アンプ(オプション)
出力インピーダンス	50
出力コネクタ	フロントパネル上のSMAジャック

*周波数範囲はご購入されたAOTF素子に必要とされる範囲に調整済。

**2.0Wは標準仕様です。30W出力はオプション。AOTFにより、最大RF出力レベルは出荷前に設定済。

<アプリケーション>

TeO₂AOTFの波長制御

内蔵フィードバック制御ループによるコヒーレント、非コヒーレントレーザ光の出力強度制御

<フロントパネルのコントローラー>

- 1.電源スイッチ
- 2.パワー出力コネクタ (SMA)

<必要なコンピューター>

シリアルポート付IBM互換機 (PC、XT、AT、英語版OSが望ましい)。

<付属ソフトウェア>

付属ソフトウェアはシンセサイダーがPCのシリアルポートに接続しているとき出力RF信号の周波数と強度の制御が可能です。SPSを制御する簡単なグラフィックインターフェイスを持つWindows 3.11/95バージョンでの供給になります。

<オプション>

RF変調オプション

- A.M. アナログ強度変調
- A.N. 0-20dBのRFアッテネター (フロントパネルノブ)

A.S.K. 強度シフトキーあるいはデジタル強度変調
 F.M. アナログ周波数変調
 F.S.K. 周波数シフトキーあるいはデジタル周波数変調
 P.A.M. パルス強度変調 (内部/外部パルスジェネレーター)

B RF出力にBNCコネクタ使用
 E 200-250VAC 50-400Hz電源
 M O.E.M.あるいは特注パッケージ
 X, Y, Z 特殊なオプション仕様

その他オプション

DCn カスタム電源DC “n” ボルト
 B RF出力にBNCコネクタ使用
 E 200-250VAC 50-400Hz電源
 M O.E.M.あるいは特注パッケージ
 X,Y,Z 特殊なオプション仕様

周波数*	100.0-200.0MHz
周波数制御	フロントパネル上のBNCコネクタからの0-10V入力(0-5V:オプション)
周波数精度	15分のウォームアップ後、一定温度で1%精度
スキャン速度	最小50 μ 秒(電圧チューニングにより最小から最大までチューニング)
出力	通常+33.0dBm(2W)**
出力制御	20dB可変アンプ(オプション)
変調	TTLあるいはアナログAM/アナログFM(全てオプション)
出力インピーダンス	50
出力コネクタ	フロントパネル上のSMAジャック

*周波数範囲はご購入されたAOTF素子に必要とされる範囲に調整済。

**2.0Wは標準仕様です。30W出力はオプション。AOTFにより、最大RF出力レベルは出荷前に設定済。

7-11. -VCO コントローラー

(Voltage controlled AOTF driver)

VCOモデルAOTFコントローラーはAC電源込み単体型のRF周波数ドライバーです。

<アプリケーション>

TeO₂と水晶AOTFの両波長制御に対応します。
 内蔵フィールドバック制御ループを用いた、コヒーレント、非コヒーレントレーザ光の出力強度制御

<フロントパネルのコントローラー>

- 1.アンプ制御ノブ(オプション)
- 2.電源スイッチ
- 3.パワー出力コネクタ(SMA)

<オプション>

RF変調オプション

A.M. アナログ強度変調
 A.N. 0-20dBのRFアッテネ - ター(フロントパネルノブ)
 A.S.K. 強度シフトキーあるいはデジタル強度変調
 F.M. アナログ周波数変調
 F.S.K. 周波数シフトキーあるいはデジタル周波数変調
 P.A.M. パルス強度変調(内部/外部パルスジェネレーター)

その他オプション

DCn カスタム電源DC “n” ボルト