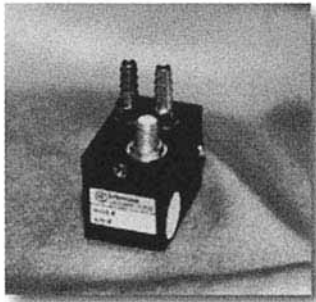


10. AOモードロッカー

(Acousto-Optic Mode Lockers)



10-1. Introduction

レーザーからの出力は通常、共振器の縦モード周波数に相当するある周波数の同調から成り立っています。これらの周波数は、以下の式で与えられます。

$$V_{mnq} = \frac{c}{2L} \left[(q+1) + \frac{m+n+1}{\pi} \arccos \sqrt{\left(1 - \frac{L}{r_1}\right) \left(1 - \frac{L}{r_2}\right)} \right] \dots\dots\dots(1)$$

Cは光の速度、Lは共振器の光路長、 r_1 、 r_2 は共振器に使われている2枚のミラーの曲率を表します。縦モード指数はqで表される一方、横モード指数はm、nで表されます。m、n、qの値は、共振器内光学フィールドの、軸nodalポイント（例：E=0のところのポイント数）を指します。(1)の式より、縦モード周波数 V_{mnq} は平行プレーンキャビティの空間と等しく（ $r_1=r_2=$ 、固体レーザーで使用する周波数として）、交差プレーンではnodalポイントは存在しないことから最も好まれる動作モードとされている、最少オーダーの横モード（ $m=n=0$ ）と等しくなります。隣接した縦モード間の周波数スペース V_0 は以下の式で与えられます。

$$V_0 = c / 2L \dots\dots\dots(2)$$

例えばキャビティの光路長が $L=1.5m$ だとすると以下のようになります。

$$V_0 = 3 \times 10^8 / (2 \times 1.5) = 100MHz$$

ある特定のレーザービームに存在する縦モードの実際値Nは、ゲインがレーザーの発振しきい値を越えたところのゲインプロファイル内の縦モードの数によって決められます。通常、様々な縦モードの相対的な位相はランダムなので、従って、レーザー出力の総強度は存在するモードの強度合計によって与えられます。その合計は、Nにシングル縦モードの強度をかけたものとおおよそ一致します。モードロッキング技術は、実際は位相ロ

ック（様々な縦モードの中から関連する位相の差を補正してそれらを連結させる）のプロセスと言えます。これに関してFourier分析から説明される3つの結論が出てきます。第1は、 V_0 （相対的な位相差の補正をしたもの）により周波数スペースで分離された信号の重複像が与えられ、その結果が光パルストレインです。このパルスの連続周期Tは以下の通りです。

$$T = 1/V_0 = 2L/c \dots\dots\dots(3)$$

例えば $V_0=100MHz$ の時 $T=10ns$ です。第2に、各光パルス幅 t は、ロックされた縦モードの総数N反比例して、以下の式とおおよそ等しくなります。

$$\Delta\tau = 1/N \cdot T \dots\dots\dots(4)$$

もし、 $N=10^4$ 、 $T=10ns$ なら、 $t=1ps$ です。最後に、それぞれのライトの増幅Eはロックされた横モードに比例して、おおよそ $E=NE_0$ に等しくなります。ここで E_0 は、個々の横モードの増幅になります。結果として、それぞれのライトパルスの強度は以下の式で与えられます。

$$I = N^2 I_0 = NI \dots\dots\dots(5)$$

I_0 、 E_0^2 はシングル縦モードの強度で、 $I=NI_0$ はモードロッキングしていない時の強度です。(4)、(5)式によれば、レーザーのN値が大きくなるに従い、より良いモードロッキングと言えます。N値を最大にすると、得られるゲインは広げられ、レーザーの発振しきい値は最少になります。

基本的なモードロックの方法に、(3)式で与えられる、Tの周期で周期的なキャビティロス誘導するものがあります。この周期的キャビティロスは様々な横モードの位相ロッキングに相当する規則で、光パルストレインをフィルターするための役割を果たします。特に洗練されたこの周期的キャビティロスの導入として、音響定在波(acoustic standing wave)AO素子を使用した場合があります。定在波 AO素子は、電極面と向かいあった面に音響吸収材はありません。電極面（トランスデューサーが接着している面）と逆面は平行になり、付加する音響波を反射します。結果的に音響定在波は本来の音響波に対し2倍の周波数を持ちます。仮に f_0 を本来の音響波とすれば、AO媒体中の反nodalポイントにかかる負担は、 $2f_0$ 周波数において最大と最少を循環します。AO素子の定在波における音響波周波数を以下の式としたとき、

$$f_0 = v_0 / 2 = c / 4L \dots\dots\dots(6)$$

周波数の周期的なキャビティロス f_0 が生成され、目的とするモードロッキングを得ることができます。AO素子は、プ

リユースターあるいはRaman-Nath方式で駆動します。音響定在波を得るために、音響波伝搬方向に対して垂直な2つの面は、厳密に平行でなければなりません。また、これら2面の距離Wは $1/2$ の整数倍に等しくならなければなりません。は10 μ m オーダーなのに対し、これら2面の距離は通常約10mmなので、前もってこの条件を満たすことはほとんど不可能です。その代わりに、ドライバーの周波数 f_0 を可変に、定在波をAO媒体の中で確立することが可能になります。またキャビティー内のミラーの位置を調整することによって、適切な $V_0=2f_0$ の値を得ることが可能です。

<特徴、アプリケーション>

- 低出力レーザー用
- MHz/GHzのRF周波数変調
- アナログ光強度変調
- デジタルOn/Offスイッチ
- 空冷/TEクーラー
- 低コスト

10-2. FSMLシリーズ(コート無溶融石英)

モデル番号	FSML-50-20-BR-1064	FSML-44-20-BR-800
	Yag Laser 用	Ti:Sapphire Laser 用
材質	溶融石英(コート無し)	
	水平偏光用プリユースターカット	
アパーチャー	3x3mm	3x3mm
搬送波	50MHz	44MHz
変調レート	100MHz	88MHz
バンド幅(3dB)	20MHz	20MHz
透過率	99.7%	99.7%
共振回折効率@34MHz	50%	60%
@44MHz	38%	83%
@54MHz	33%	75%
非共振回折効率@34MHz	15%	30%
@44MHz	22%	40%
@54MHz	17%	30%
音響速度	5.96E+3km/sec	5.96E+3km/sec
波面収差	/10	/10
最大FRパワー	5~7W	5~7W
入力インピーダンス	50	50
V.S.W.R	2.1:1	2.1:1
ケースタイプ	#130	#130

10-3. 可変周波数ドライバー(対応モデル: FSML-50-20, FSML-44-20)

モデル番号	VFE-50-20-DSP 1kHz-F7-X	VFE-44-20-DSP 1kHz-F7-X
周波数範囲	50 \pm 10	44 \pm 10
周波数分解能	1kHz	1kHz
Harmonic Content	\leq -20dBc	\leq -20dBc
安定性	駆動から15分後、0.5ppm。オシレーターにより素子の温度安定性を参照。	
出力	5~7Wフロントパネルを通してマニュアル調節。出力は各AO素子で一番効率が取れるように最適化された値。	
駆動パワー	100VAC \pm 10%、50~60Hz、最大50W	
特徴(標準モデル)	オシレーターを使用して、温度変化に対する高い安定性。thumbwell switch を通して1kHzのステップで、フロントパネルでの制御。	
外観	ドライバーは空冷で、奥行き8.75インチ、横7.5インチ、高さ3.5インチのケースで覆われており、内部にはファンが入っています。このサイズに、コネクター部分は含まれておりません。	
動作環境	0 から最大50 まで。湿気などに対する加工は、施しておりません。	
オプションX	共振周波数調節のための電圧変換(読みとり用)	

10-4. FSMLシリーズ(溶融石英)

モデル番号	FSML-80-20-BR-1064	FSML-125-30-BR-800	FSML-125-30-BR-1060
	Nd:Yag Laser用	Ti:Sapphire Laser用	Nd:Yag Laser用
材質	溶融石英		
波長	1064nm	800nm	1060nm
		(横偏光に合わせて上記波長に対応したBrewster Cut)	
アパーチャー	3x3mm	3x3mm	3x3mm
搬送波	80MHz	125MHz	125MHz
変調レート	160MHz	250MHz	250MHz
バンド幅(3dB)	20MHz	30MHz	30MHz
透過率	99.7%	99.7%	99.7%
共振周波数での変調深さ	@80MHz 60%	@125MHz 50%	@125MHz 30%
非共振周波数での変調深さ	@80MHz 11%	@125MHz 5%	@125MHz 3%
音響速度	5.96E+3km/sec	5.96E+3km/sec	5.96E+3km/sec
波面収差	/10	/10	/10
最大FRパワー	5~7W	5~7W	5~7W
入力インピーダンス	50	50	50
V.S.W.R	2.1:1	2.1:1	2.1:1
ケースタイプ	#140	#140	#140

10-5. 可変周波数ドライバー (For Model: FSML-80-20, FSML-125-30)

モデル番号	VFE-80-20-DSP1kHz-F7-X	VFE-125-30-DSP1kHz-F7-X
周波数範囲	80 ± 10	125 ± 10
周波数分解能	1kHz	1kHz
Harmonic Content	-20dBc	-20dBc
安定性	駆動から15分後、0.5ppm。オシレーターにより素子の温度安定性を参照	
出力	5～7Wフロントパネルを通してマニュアル調節。出力は各AO素子で一番効率をとれるように最適化された値。	
駆動パワー	100VAC ± 10%、50～60Hz、最大50W	
特徴(標準モデル)	オシレーターを使用して、温度変化に対する高い安定性。 thumbwell switch を通して1kHzのステップで、フロントパネルでの制御。	
外観	ドライバーは空冷で、奥行き8.75インチ、横7.5インチ、高さ3.5インチのケースで覆われており、内部にはファンが入っています。このサイズに、コネクター部分は含まれておりません。	
動作環境	最大50 まで。湿気などに対する加工は、施しておりません。	
オプションX	共振周波数調節のための電圧変換(読みとり用)	