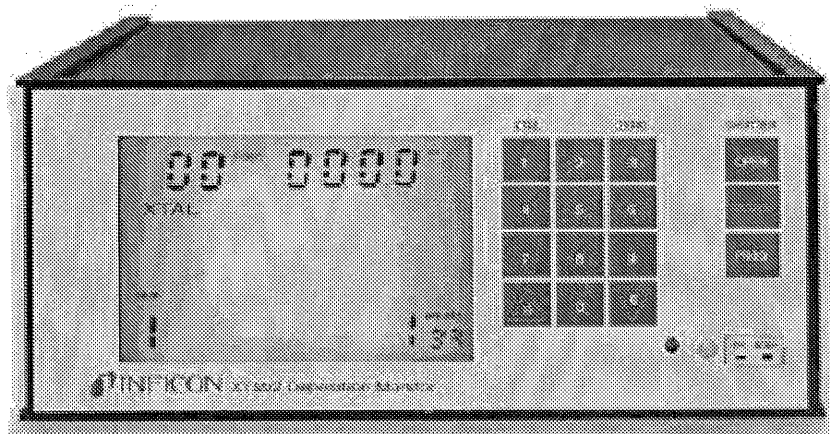




# XTM/2 蒸着制御器

## 取扱説明書



インフィコン株式会社

2006年4月

## 保障について

納品後 1 年以内に部品不良及び製造上の欠陥など、当社の責により発生した故障に関しては、無償にて修理を行います。

ただし、本保障は取扱説書の取扱い指示に従って、正しく使用された場合にのみ適用するものと致します。さらに、以下のような故障に関しては保障の適用を除外させていただきます。

- 1) 不適当な取扱い、使用方法および保管方法に起因する故障
- 2) 当社で販売している保守、交換部品以外のものを使用した場合の故障。
- 3) 火災、水害、地震、落雷、その他不可抗力に起因する故障。

尚、本保障に基く当社の保障責任の範囲は、欠陥部品の修理、または、交換のみに限定するものとし、二次的に発生する損失は適用外と致します。

故障、または異常が発生した場合は、弊社技術サービスセンターまたは営業部門へご連絡下さい。

### 【本製品に付属の AC ケーブルに関する注意事項】

<b>！警告</b>
付属の AC 入力ケーブルは、本蒸着制御機器 XTM/2 以外の製品には使用できません。

### 輸出に関する注意事項：

本製品は、日本国外に輸出する際は外国為替及び外国貿易管理法に規定に基く判定が必要となります。

# 目次

セクション1	XTM/2の概要と仕様	
1.0	XTM/2の概要と仕様	1-1
1.1	取扱操作およびサービスにおける安全上の注意	1-1
1.1.1	参考、注意、警告の表示について	1-1
1.1.2	全般的な安全上のインフォメーション	1-2
1.1.3	アースの接続	1-3
1.1.4	入力電源の接続	1-4
1.2	XTM/2の紹介	1-5
1.3	仕様	1-6
1.3.1	XTM/2の仕様	1-6
1.3.2	センサーの仕様	1-7
1.3.3	XIU (クリスタルインターフェイスユニット) の仕様	1-7
1.4	マニュアルの使用方法ガイド	1-8
セクション2	クイックユースガイド	
2.0	クイックユースガイド	2-1
2.1	開梱、初期点検および構成品の確認	2-1
2.1.1	開梱と点検の手順	2-1
2.1.2	構成品の確認	2-1
2.1.2.1	XTM/2の構成	2-2
2.1.2.2	XTM/2シッパキット	2-2
2.2	電圧の選択	2-3
2.3	設置ガイドとシステム接続図	2-4
2.4	フロントパネルの説明	2-6
2.4.1	XTM/2フロントコントロールパネル	2-7
2.4.2	XTM/2のディスプレイ	2-8
2.5	リアパネルの説明	2-10
2.5.1	パワーモジュール	2-11
2.5.2	コンフィグレーションスイッチ1および2	2-11
2.5.3	接地端子	2-13
2.5.4	システムI/O	2-13
2.5.5	RS232	2-14
2.5.6	センサー	2-15
2.5.7	ユーザー/サービスマンに対する、国際標準の警告シンボル	2-15
2.5.8	レコーダ	2-16
2.5.9	通信オプション	2-16
2.5.10	製造銘板	2-17
2.6	デポジションモニターとしての応用	2-20
2.6.1	モニタリング - ソースシャッターの無い場合	2-20
2.6.2	モニタリング - ソースシャッター付きのシステムの場合	2-21
2.6.3	レートサンプリング	2-21

2. 7	特殊な応用	2-22
2. 7. 1	エッチングへの応用	2-22
2. 7. 2	液体中での測定	2-22
2. 7. 3	生物試料の測定	2-23
2. 7. 4	液体の測定	2-23
2. 7. 5	周波数カウンターとしての使用	2-23
2. 7. 6	コンタミネーションの検出	2-23

### セクション3 設置

3. 0	設置	3-1
3. 1	コントロールユニットの設置-詳細	3-1
3. 1. 1	コントロールユニットの設置	3-1
3. 2	接地とシールド	3-2
3. 2. 1	接地の確認	3-2
3. 2. 2	アース接地への接続	3-3
3. 2. 3	外部配線からのノイズ侵入の最小化	3-4
3. 3	リアパネルへの接続	3-5
3. 3. 1	BNCコネクタ	3-5
3. 3. 2	"D" シェルコネクタ	3-6
3. 4	センサーセレクションガイド	3-8
3. 5	センサー取り付けのガイドライン	3-9
3. 5. 1	センサーの取り付け	3-9
3. 5. 2	Crystal Six	3-11
3. 5. 3	センサー取り付けのチェックリスト	3-12
3. 6	テストモードの使用	3-13
3. 6. 1	動作テスト	3-14
3. 7	外部入出力の詳細	3-16
3. 7. 1	リレー	3-16
3. 7. 2	入力	3-17
3. 7. 3	チャートレコーダー	3-17
3. 8	コンピュータ コミュニケーション	3-18
3. 8. 1	通信の設定	3-18
3. 8. 2	基本コマンド	3-19
3. 8. 3	サービスリクエスト	3-21
3. 8. 4	データロギング	3-22
3. 8. 5	コンピュータコマンドの詳細	3-23
3. 8. 6	RS-232のプログラム例	3-27
3. 8. 7	SEM I IIのプログラム例	3-29
3. 8. 8	IEEE-488のプログラム例	3-31

<b>セクション4 プログラミングと操作の詳細</b>		
4. 0	プログラミングと操作の詳細	4-1
4. 1	ステートシーケンスダイアグラム	4-1
4. 2	ステートの説明	4-3
4. 3	パラメータの許容範囲	4-4
4. 4	クリスタルフェイル	4-5
4. 5	クリスタルフェイルインヒビット	4-5
4. 6	クリスタルライフと初期周波数	4-6
<b>セクション5 校正と測定</b>		
5. 0	校正と測定	5-1
5. 1	DENSITY、TOOLING、Z-RATIOの役割	5-1
5. 2	DENSITYの決め方	5-2
5. 3	TOOLINGの決め方	5-3
5. 4	Z-RATIOの実験による決め方	5-4
5. 5	測定原理	5-6
5. 5. 1	基礎理論	5-6
5. 5. 2	モニタ水晶	5-7
5. 5. 3	周期測定技術	5-10
5. 5. 4	Z-MATCH方式	5-11
5. 5. 5	アクティブ・オシレータ	5-12
5. 5. 6	Mode Lockオシレータ	5-15
5. 6	DENSITYとZ-RATIOの数値表	5-17
<b>セクション6 調整とトラブルシューティング</b>		
6. 0	調整とトラブルシューティング	6-1
6. 1	LCDコントラストの調整	6-1
6. 2	エラーメッセージ	6-2
6. 2. 1	パワーアップエラー	6-2
6. 2. 2	パラメータの変更時のエラー	6-2
6. 2. 3	その他のエラー	6-2
6. 3	トラブルシューティングガイド	6-3
6. 3. 1	主要構成部品およびコネクター類	6-4
6. 3. 2	XTM/2のトラブルシューティング	6-5
6. 3. 3	トランスデューサ/センサーのトラブルシューティング	6-8
6. 3. 4	コンピュータ通信のトラブルシューティング	6-13
6. 4	クリスタルの交換	6-15
6. 4. 1	スタンダードセンサーおよびコンパクトセンサー	6-15
6. 4. 2	シャッター付きセンサーおよびデュアルセンサー	6-16
6. 4. 3	ベークブルセンサー	6-17
6. 4. 4	スパッタ用センサー	6-18
6. 4. 5	クリスタルスナッチャー	6-19

## 図一覧

図2. 1	ヒューズ	2-3
2. 2	システム接続図	2-5
2. 3	XTM/2 フロントパネル	2-6
2. 4	XTM/2のディスプレイ	2-8
2. 5	リアパネル	2-10
2. 6	パワーモジュール	2-11
2. 7	コンフィグレーションスイッチ	2-11
2. 8	接地端子	2-13
2. 9	9ピン" D" 雌コネクタ	2-14
2. 10	15ピン" D" 雌コネクタ	2-15
2. 11	BNCコネクタ	2-16
2. 12	IEEE-488オプション	2-16
2. 13	製造銘板	2-17
3. 1	システム接地線図	3-3
3. 2	ソルダークップコネクタ	3-7
3. 3	センサーの取り付け例	3-9
3. 4	センサー取り付けのガイドライン	3-10
3. 5	XTM/2に使用する場合のCrystal Sixの取り付け	3-11
4. 1	XTM/2のステートシーケンスダイアグラム	4-2
5. 1	水晶振動子	5-7
5. 2	周波数応答スペクトル	5-7
5. 3	厚みすべり振動	5-8
5. 4	アクティブ・オシレータ回路	5-12
5. 5	新しい水晶の直列共振点近辺の位相とゲイン	5-13
5. 6	膜の厚く付いた水晶の直列共振点近辺の位相とゲイン	5-14
6. 1	主要構成部品	6-4
6. 2	スタンダードセンサー (展開図)	6-16
6. 3	ベーカブルセンサー (展開図)	6-17
6. 4	スパッタ用センサー (展開図)	6-18
6. 5	クリスタルスナッチャーの使用方法	6-19

## 表一覧

表2. 1	コンフィグレーションスイッチの設定	2-12
3. 1	センサー選択表	3-8
3. 2	動作テスト時のパラメータ	3-14
3. 3	サービスリクエストコード	3-21
4. 1	ステートの説明	4-3
4. 2	パラメータの許容範囲	4-4

## <水晶式膜厚センサーの取り付け及び使用時の注意事項>

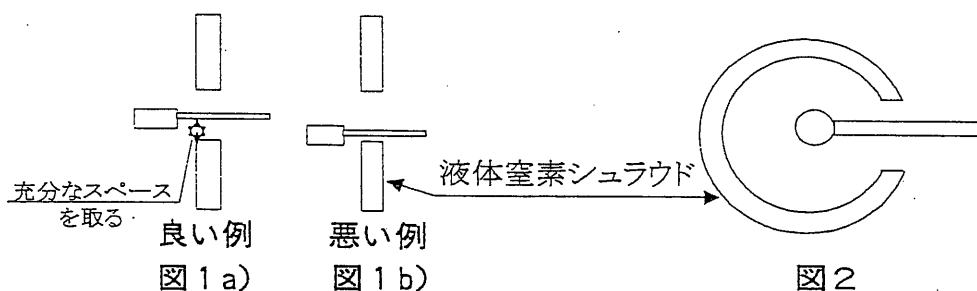
### I. センサーの設置について

センサーを真空装置に設置する際には、冷却体(例えば、液体窒素シュラウド)に接触したり、異常に接近することの無い位置に取り付けて下さい。(図1a)、b))

#### 警告

冷却体に接触すると、センサー水冷管内の水が凍結し、極端な場合には冷却管が破断に至る可能性があります。又、液体窒素シュラウド等の冷却面に囲まれた環境下(図2)では、接触していなくても放射冷却によりセンサー水冷管内の水が凍結する恐れがあります。下記の措置を行って下さい。

- ① 液体窒素シュラウド内の窒素を抜き取る(パージ)
- ② 常時センサーに通水する
- ③ 水冷管内の水を完全に除去する



### II. センサーのベーキングについて

超高真空内装置などでセンサーの加熱・脱ガスが目的で冷却水を止めてセンサー加熱を行う場合には、センサーの最大耐熱温度以内(ベークブルセンサーでは Max.450°C)であることを確認した上で下記の項目を厳守して下さい。(測定時には、規定量の冷却水を必ず流して御使用下さい。)

センサー水冷管内に圧力が加わらないようにして下さい。

#### 警告

加熱時にセンサー水冷管内に水が残っていると、水が蒸発しセンサー水冷管内に異常な圧力が加わり、冷却管が破断に至る可能性があります。センサー水冷管内の水を完全に追い出し、水冷間両端を開放状態にして下さい。

センサー水冷管内の水を完全に除去して下さい。

#### 警告

加熱時、センサー水冷管内にハロゲンイオンを含む水が残っていると、ハロゲンイオンが濃縮し水冷管が腐食割れに至る可能性があります。センサー水冷管内の水を完全に除去して下さい。完全に除去できない場合は、冷却水に純水を使用することを推奨します。

確認方法の一例)N<sub>2</sub>ガスを1kgf/cm<sup>2</sup>で水冷管 INPUT に吹き付け、OUTPUT に置いた紙が濡れないことで水冷管内に水が残っていないことを確認する。

## セクション1

### XTM/2の概要と仕様

1. 0	XTM/2の概要と仕様	1-1
1. 1	取扱操作およびサービスにおける安全上の注意	1-1
1. 1. 1	参考、注意、警告の表示について	1-1
1. 1. 2	全般的な安全上のインフォメーション	1-2
1. 1. 3	アースの接続	1-3
1. 1. 4	入力電源の接続	1-4
1. 2	XTM/2の紹介	1-5
1. 3	仕様	1-6
1. 3. 1	XTM/2の仕様	1-6
1. 3. 2	センサーの仕様	1-7
1. 3. 3	XIU (クリスタルインターフェイスユニット) の仕様	1-7
1. 4	マニュアルの使用方法ガイド	1-8



## 1. 0 XTM/2の概要と仕様

### 1. 1 取扱操作およびサービスにおける安全上の注意

#### 1. 1. 1 参考、注意、警告の表示について

このマニュアルの使用にあたっては、随所に現れる参考、注意あるいは警告と表示された事項に注意を払ってください。このマニュアルではこれらは以下のような意味を持ちます。

**参考：**機器を最大限有効に使用するために有用な情報が書かれています。

**注意：**これを怠ると機器にダメージを与える可能性のある重要な事項です。

---

#### **警告！！**

最も重要なメッセージです。これを怠ると人体への危険や機器に重大なダメージを与える危険があります。

---



このシンボルは、機器の説明書の中に操作やメンテナンス（サービス）に関する重要な説明が有ることを警告するためのものです。

---

## 1. 1. 2 全般的な安全上のインフォメーション

---

警告！！



この機器のケース内にはユーザーサイドでサービスのできる部品はありません。電源コード、システム I/O または補助 I/O が接続されているときは人体にとって危険な電圧がかかっています。全てのメンテナンスは専門家に委ねてください。

---

注意：この機器には電気的変動によって壊れやすい敏感な回路が含まれています。インターフェイスの接続を行なう場合には必ず電源コードを外してください。また、全てのメンテナンスは専門の人に委ねてください。

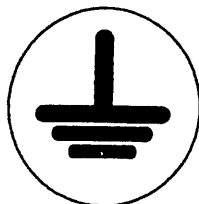
### 1. 1. 3 アースの接続

この機器は保護接地端子付きの電源ソケットを使用すれば3芯のパワーケーブルを通して接地されます。延長ケーブルを用いる場合には保護用接地線を含む3芯のケーブルを用いてください。

---

**警告！！**

保護接地ラインを遮断することは絶対に避けて下さい。ユニットの内部、外部に関わらず保護接地を切ったり、外したりすると危険な状態になります。



このシンボルはユニットの内部で保護接地の接続されている場所を示します。この接続を弛めることは絶対に避けてください。

---

#### 1. 1. 4 入力電源の接続

---

##### 警告！！

このユニットは、入力電源に接続されているときは常に一次側回路に電源電圧が印加されています。



動作中は絶対にカバーを取り外さないでください。

ユニット内部にはユーザーサイドでサービス可能な部分はありません。

上下のカバーはサービスの専門家以外は外さないでください。

安全規格にしたがって使用するために、メインスイッチを備えたラックあるいはシステムに据え付けてください。スイッチは両切りのブレーカスイッチを使用して下さい。また、接地ラインはブレーカを介さずに接続して下さい。

---



付属のAC入力ケーブルは、本蒸着制御器XTM/2以外の製品には使用できません。

## 1. 2 XTM/2の紹介

XTM/2は低価格な、水晶トランスデューサタイプのデポジション/エッチングのプロセスモニタで、MODE LOCK™方式（インフィコン社特許）の測定システムを内蔵しています。この革新的な測定方式によれば、従来技術によるアクティブオシレータをベースとした測定器では得られなかったプロセスに対する保証が得られ、また高速で高精度な測定が可能となります。XTM/2のLCDディスプレイは見やすく、レート、膜厚や経過時間などの必要十分なデポジションデータを常時表示します。クリスタルフェイル、セットポイントへの到達、測定単位やエッチモードなどの特殊メッセージが明瞭に表示されますので見逃す恐れがありません。基本的な機器の操作は内蔵したテストモードとプログラム済みのパラメータによって容易にチェックができます。9つの異なるプロセスパラメータ群のセットアップと保存ができます。RATEおよびTHICKNESSやその範囲を規定するパラメータは従来のKA単位のみならず、直接に質量単位（mg、 $\mu$ g、ng）で表示したりプログラムすることもできます。

本機には全てRS-232（9,600Baudの通信速度までサポート）が標準装備され、SECS IIのプロトコルがサポートされています。またIEEE488インターフェイスがオプションで可能です。ソースやセンサーシャッター、ヒータやバルブなどの様々な外部機器の制御用に、4つのリレーが使用できます。外部シグナルに対応して動作が行なえるように5つの入力ポートが用意されています。インフィコンのトランスデューサファミリーのうちデュアルとクリスタルシックスを除く全てが使用可能です。

### 1. 3 仕様

本マニュアルの作成時点での性能仕様は以下の通りです。INFICON社では、製品改良を継続的に行なっていますので、性能仕様が変更されることもあります。

#### 1. 3. 1 XTM/2の仕様

##### 測定

クリスタル周波数範囲及び精度	6. 0MHz ~ 5. 0MHz ±0. 1Hz (250ms 毎のサンプリングあたり)
膜厚及びレート分解能*	0. 123 Å (250ms 毎のサンプリングあたり)
膜厚精度	0. 5%
1秒あたりの測定回数	4回 (16秒までの測定値の平均機能を選択可能)

##### レコーダー出力

電圧	0 ~ ±10V
分解能	全レンジを13ビットでカバー (1ビットは符号に割り当て)

##### データ更新レート

機能	4Hz
レート/膜厚/質量	レート/膜厚/質量
最小負荷抵抗値	2kΩ (内部インピーダンス 100Ω)

##### 外部I/O

入力	5入力、TTL
出力	4個のリレー出力
	リレー定格:
	電流 2. 5A、電圧 DC30V
	または AC実効値30V (ピーク 42V)
	システムI/Oコネクタにおいて、4個の
	リレー出力の合計電流は6A以下

##### ディスプレイ

形式	2×マルチプレックスカスタムLCD
膜厚分解能**	1Å
レート分解能**	0. 1Å/s (1~99. 9Å/s) 1Å/s (100~999Å/s)
更新レート	1Hz

##### プロセス変数のストレージ

ストレージ量	9セット
1セットあたりの変数	6変数

##### ハードウェアインタフェース

センサー用	1個、15ピンDサブコネクタ
I/O	標準 5入力/4出力
通信	標準 RS232C
	オプション IEEE-488
チャートレコーダー	1個、BNC

##### 動作環境

入力電圧	90~132VACまたは180~264VAC、 47~63Hz、25VA
動作周囲温度	0~50°C

##### 機械的仕様

寸法	H8. 9×W20. 3×D30. 5cm
質量	2. 7kg

\* DENSITY=1. 0、Z-RATIO=1. 0、クリスタル周波数=6MHzとしたときの値

\*\* 別の単位でも測定可能。複数の測定値の平均機能(アベレージング機能)を用いると、より良い分解能が可能。

### 1. 3. 2 センサー（オプション）の仕様

	最大ワーク 温度*	ヘッド部分寸法 (最大外形) mm	水冷パイプ、 真空内ケーブル長 mm	ボディ、 ホルダー材質	IPN (インフィコン型名)
スタンダードセンサー	130℃	直径 27×34×高さ 17.5	30" (760mm)	SUS304	750-211-G1
スタンダードセンサー (シャッター付き)	130℃	直径 27×57×高さ 17.5	30" (760mm)	SUS304	750-211-G2
スパックセンサー	105℃	直径 34.5×高さ 11.8	30" (760mm)	金メッキ ペリリウム銅	007-031
コンパクトセンサー	130℃	28×27×高さ 27	30" (760mm)	SUS304	750-213-G1
コンパクトセンサー (シャッター付き)	130℃	53×41×高さ 46	30" (760mm)	SUS304	750-213-G2
UHVヘッダケーブル センサー	450℃	34×35×高さ 24	12" (305mm) 20" (508mm) 30" (762mm)	SUS304	007-219 007-220 007-221
UHVヘッダケーブル センサー (シャッター 付き)	400℃	37×35×高さ 31	12" (305mm) 20" (508mm) 30" (762mm)	SUS304	750-012-G1 750-012-G2 750-012-G3
シャッターアセンブリ	400℃	(2種類)		300シリーズ ステンレス	750-210-G1 750-005-G1 (スパック)

\* ベーキング時のみ。実際のデポジションモニタの際には水冷が必要です。これらの温度は、高温でのテフロン(PTFE)の特性により制限された最高温度です。実際の使用に際しては、水冷することで、かなり高温の環境下でも悪影響なしに動作することが可能です。

### 1. 3. 3 XIU (Xtal Interface Unit: オシレーターパッケージ) の仕様

XTM/2シリーズの機器は、新しいタイプの”パッシブインテリジェント”オシレーターを使用しています。このオシレーターは、IPNがそれぞれ、757-305-G15、G30、50、およびG100の、長さ15、30、50、または100フィートのケーブル(コントローラーオシレーター間)を利用することができます。従来のアクティブオシレーターは、XTM/2シリーズの機器には使用できません。この新しい技術では、最大で2メートルの長さの真空内ケーブルまで使用可能です。

#### 1.4 マニュアルの使用方法ガイド

このマニュアルはデポジションプロセスに関して良くご存じの方も、余り詳しくご存じ無い方もお使いになることを想定して構成されています。インフィコンのコントローラを使い慣れている方々に対しては、“クイックユースガイド”の章に必要な情報のほとんどが記載されています。その他の章にはクイックユースガイドを補足する詳細な情報が記載されています。

本マニュアルには数多くの貴重な情報が含まれておりますが、必ずしもマニュアルに沿って通読することが得策ではありません。短時間で最大の情報を得るためには以下のプランに従ってマニュアルを読み進むことを推奨します。

- 1) ”参考/注意/警告” (セクション1.1)の項を読んで、安全に関する事項を良く理解して下さい。
- 2) 使用に際して必要となる物や、機器の性能、機能を知るために、クイックユースガイド (セクション2)を読んでください。理解が不十分と思う部分に関しては、マニュアルの他の章を補足として参照して下さい。クイックユースガイドの章のいたるところに、より詳細な情報を得たい場合にどの章を参照すれば良いかの案内が書かれています。クイックユースガイドの最後の節は、本機のデポジションモニター以外の応用に関して書かれています。
- 3) 図の説明の下に図面ナンバーの示されている図がありますが、これは部品番号ではありません。特定の部品あるいはアセンブリーの部品番号に関しては弊社にお問い合わせ下さい。

---

#### 警告！！



本機の内部にはユーザーサイドでサービス可能な部品は有りません。入力電源、システム I/Oあるいは補助 I/Oが接続されている場合は人体に危険な電圧がかかっている可能性がありますので、全てのメンテナンスは専門の人に委ねて下さい。

---



## セクション2

### クイックユースガイド

2. 0	クイックユースガイド	2-1
2. 1	開梱、初期点検および構成品の確認	2-1
2. 1. 1	開梱と点検の手順	2-1
2. 1. 2	構成品の確認	2-1
2. 1. 2. 1	XTM/2の構成	2-2
2. 1. 2. 2	XTM/2シッパキット	2-2
2. 2	電圧の選択	2-3
2. 3	設置ガイドとシステム接続図	2-4
2. 4	フロントパネルの説明	2-6
2. 4. 1	XTM/2フロントコントロールパネル	2-7
2. 4. 2	XTM/2のディスプレイ	2-8
2. 5	リアパネルの説明	2-10
2. 5. 1	パワーモジュール	2-11
2. 5. 2	コンフィギュレーションスイッチ1および2	2-11
2. 5. 3	接地端子	2-13
2. 5. 4	システムI/O	2-13
2. 5. 5	RS232	2-14
2. 5. 6	センサー	2-15
2. 5. 7	ユーザー/サービスマンに対する、国際標準の警告シンボル	2-15
2. 5. 8	レコーダ	2-16
2. 5. 9	通信オプション	2-16
2. 5. 10	製造銘板	2-17
2. 6	デポジションモニターとしての応用	2-20
2. 6. 1	モニタリング - ソースシャッターの無い場合	2-20
2. 6. 2	モニタリング - ソースシャッター付きのシステムの場合	2-21
2. 6. 3	レートサンプリング	2-21
2. 7	特殊な応用	2-22
2. 7. 1	エッチングへの応用	2-22
2. 7. 2	液体中での測定	2-22
2. 7. 3	生物試料の測定	2-23
2. 7. 4	液体の測定	2-23
2. 7. 5	周波数カウンターとしての使用	2-23
2. 7. 6	コンタミネーションの検出	2-23

## 2. 0 クイックユースガイド

### 2. 1 開梱、初期点検および構成品の確認

#### 2. 1. 1 開梱と点検の手順

1. 梱包を解いて機器を取り出して下さい。

2. 輸送中の損傷の有無を良く点検してください。特に梱包箱の外部に乱暴に扱われた痕跡がある場合には充分注意して損傷の有無を確かめて下さい。損傷のある場合には、直ちに輸送業者および購入先に連絡を行って下さい。

3. 構成品の確認と機器の正常動作の確認が終わるまでは梱包材は捨てずにおいて下さい。

#### 2. 1. 2 構成品の確認

以下の構成品リストにしたがって全構成品が含まれていることを確認して下さい。ご注文のオーダーによって構成品の内容が異なりますので、リストの確認に先だっでご注文内容をご確認下さい。

## 2. 1. 2. 1 XTM/2の構成

基本構成	図番	コード#	XTM/2-		
115V 50/60Hz	758-500-G1	1			
230V 50/60Hz	758-500-G2	2			
コンピュータ通信モジュール					
無し	757-211-G1	1			
IEEE-488A <sup>*</sup> ラレルインターフェイス	757-122-G1	2			
ラックマウンティング					
無し		0			
1ユニットマウンティングキット	757-212-G1	1			
2ユニットマウンティングキット	757-212-G2	2			

## 2. 1. 2. 2 XTM/2シップキット

本機は以下の構成で出荷されます。入力電圧の規格の欄に×の付いた列が構成品の数を示しています。

項番	数量		IPNナンバ-	構成品と説明
	G1	G2		
01	-	×	758-203-G1	シップキット XTM/2 115V
02	×	-	758-203-G2	シップキット XTM/2 230V
03	-	1	068-002	17250 パワーケーブル 北米規格
04	1	-	068-151	86511000 パワーケーブル ヨーロッパ規格
05	1	1	051-485	9ピンDサブコネクタ おす
06	1	1	051-620	ケーブルクランプ
07	1	1	051-483	25ピンDサブコネクタ めす
08	1	1	051-619	ケーブルクランプ
09	-	1	062-011	3/8A スローブローフューズ
10	1	-	062-053	3/16A スローブローフューズ
11	4	4	070-811	足

このほかに本マニュアルが含まれています。

## 2.2 電圧の選択

電圧の選択は低電圧用（公称100～から120V）と高電圧用（公称200～240V）から選べます。50Hzと60Hzの区別は有りません。電圧の規格に関しては1.3.1を参照して下さい。

注意：フューズを外して正しい規格の物が使用されていることを確認して下さい。不適切なフューズの使用は危険です。

- ・100～120Vの入力電圧では3/8Aのスローブローフューズ
- ・200～240Vの入力電圧では3/16Aのスローブローフューズが正しい部品です。

また、電圧セレクターが正しい位置にあることを確認して下さい。

- ・100～120Vの入力電圧では115Vのラベルが見え、
- ・200～240Vの入力電圧では230Vのラベルが見えるのが正しい位置です。

参考：本機は規定電圧範囲の±10%の範囲内で動作するような設計がされています。

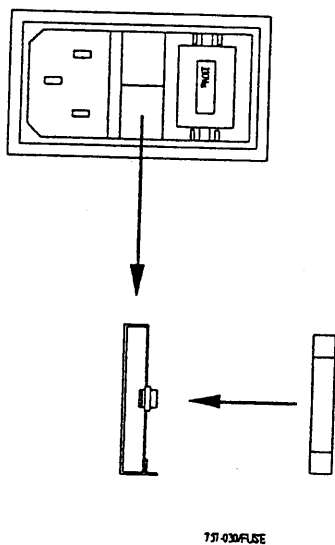




図2.1 フューズ

電圧セレクターを変更する場合には、パワーケーブルとフューズホルダーを取り外す必要があります。セレクターをセットし終わったら、フューズを元に戻ししっかりと押し込んで下さい。選択した電圧に適合したフューズを使用して下さい。

## 2. 3 設置ガイドと説明図

X T M / 2 の設置、操作を行なうために、図 2. 2 の設置ガイド図および図 4. 1 のステートシーケンスダイアグラムを参照して下さい。

更に設置、操作に関して知るためには、これらの図を一通り見て、以下の手順にしたがって下さい。

1. セクション 1. 1 の安全上の注意を読んで下さい。
2.  セクション 2. 2 にしたがって、適切な入力電圧を確認して下さい。
3. セクション 3. 6 を参照して、この機器の基本動作をテストモードを用いて確認して下さい。
4. セクション 2. 5 に書かれているシステムインターフェイスの内容を一覧して下さい。特に、セクション 2. 5. 2 に書かれているように、コンフィグレーションスイッチの設定によっては、特殊な機能が使用可能になる点に注目して下さい。
5.  セクション 3. 1、3. 2、および 3. 3 の設置手順にしたがって、必要なコネクタの配線接続を行なって下さい。
6. セクション 2. 4 のフロントパネルの操作と表示の説明を読んで下さい。
7. セクション 4. 1、4. 2 によって、必要なフィルムパラメータをプログラムして下さい。
8. テストモードを用いて、上で行なったプログラムの動作に間違いが無いかを確認して下さい。
9. X I U (クリスタルインターフェイスユニット) をセンサーに接続して下さい。センサーを新たに取り付ける場合にはセクション 3. 5 のガイドラインにしたがって下さい。
10. テストモードを終了して (準備ができていれば) 蒸着を行なって下さい。



2.4 フロントパネルの説明

XTM/2のフロントパネルの説明はコントロールパネルの説明とディスプレイの説明の2つに分かれています。

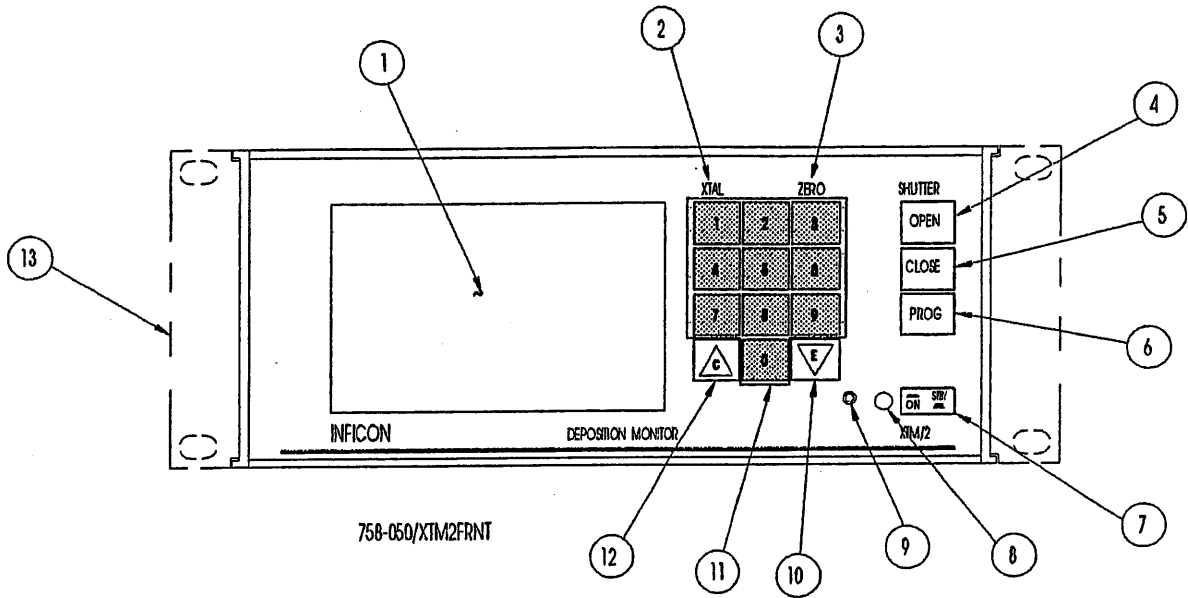


図2.3 XTM/2 フロントパネル

## 2. 4. 1 XTM/2 フロントコントロールパネル

1. LCD ディスプレイ 現在の機器の状態に関する情報と、パラメータを表示します。詳しくはセクション2. 4. 2を参照して下さい。
2. XTAL ディスプレイがオペレートモードの時には、使用したクリスタルライフ、ソフトウェアバージョンおよびクリスタルの周波数を一時的に表示します。周波数表示モードが選択されている場合には、このキーを押すと周波数表示が一時的に0. 01 Hzの桁まで読めるようになります。
3. ZERO オペレートモードの時に、膜厚と経過時間の表示を0にします。
4. OPEN シャッターリレーの接点をクローズとし、積算膜厚（質量）と経過時間を0にします。
5. CLOSE シャッターリレーの接点をオープンとし、（コンフィグレーションスイッチが設定されている場合には—セクション3. 8. 4参照）データロギングを開始します。
6. PROG ディスプレイの、プログラムモードとオペレートモードの切り換えを行います。
7. ON/STBY ユニットへの入力電源（2次電圧）の供給のON/STBYの切り換えを行います。
8. O 緑色のLEDはユニットに電源が供給されていてON/STBYスイッチがONになっていることを示します。
9. O LCDのコントラストと視角の調整が行えます。セクション6. 1参照。
10. ▽ プログラムモード時にパラメータ数値の入力とカーソルダウンの2つの働きをするキーです
11. 数値キー（0-9） データ入力のための数値キーです。
  - a. ゼロキーを押しながらパワーONすると、通信インターフェイスが設定されます。（セクション3. 8. 1参照）
  - b. 9のキーを押しながらパワーONすると、キーを押している間中、図2. 4に示すLCDの全セグメントが点灯します。
12. △ プログラムモード時にクリアとカーソルのアップの2つの機能を持つキーです。また、このキーを押しながらパワーをONにすると、プログラムした全てのパラメータをクリアすることができます。
13. オプションのマウンティングキット。1ユニットをフルラックにマウントする為のキット（IPN 757-212-G1）と、2ユニットをフルラックに並べて取り付けるためのキット（IPN 757-212-G2）があります。



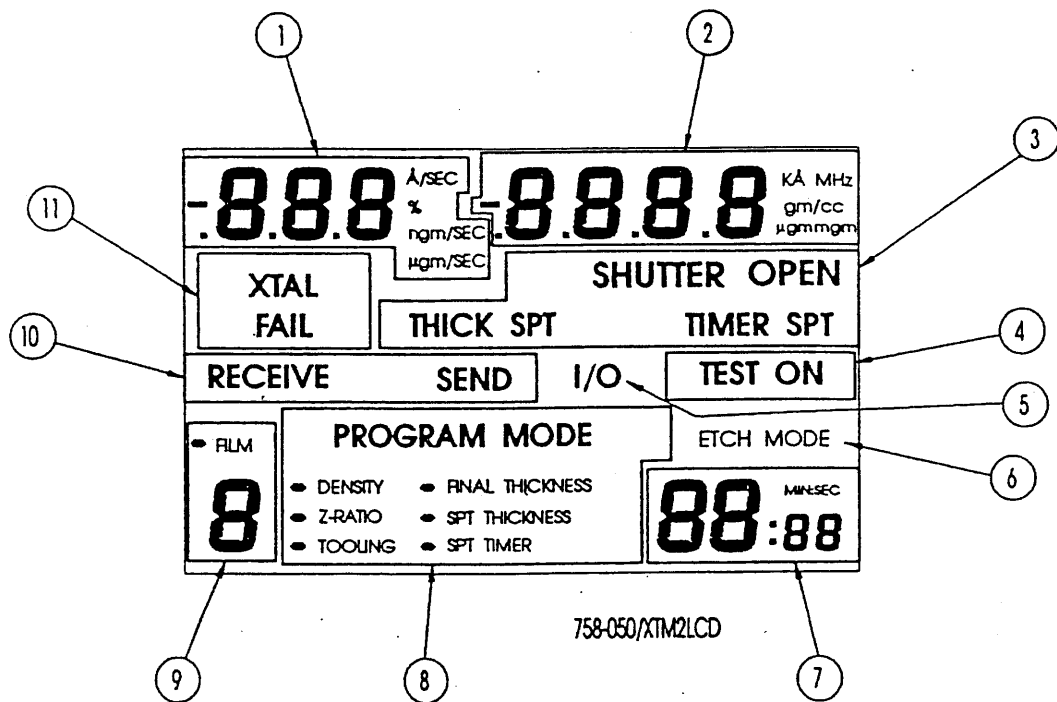


図 2. 4 XTM/2のディスプレイ

## 2. 4. 2 XTM/2のディスプレイ

図 2. 4 参照

### 1. レートグループ

デポジションあるいはエッチングのレートを表示された単位で示します。プログラムモードにある時は、ツーリングの値を表示します。また、オペレートモードでXTALキーが押されると、クリスタルライフを%表示で一時的に示します。(5MHz=100%として) 周波数モニターモードでは周波数の上位3桁部分を表示します。

### 2. 膜厚/質量グループ

デポジションあるいはエッチングされた膜厚を表示された単位で示します。また、オペレートモードにおいて、XTALキーを押すとクリスタルの周波数を一時的に表示します。さらに、この部分はプログラムモードではDENSITY (gm/cc) の表示に使用されます。周波数モニターモードでは周波数の下位4桁部分を表示します。

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| 3. ステータスメッセージグループ       | シャッターがオープンの状態やセットポイントのONの状態を表示します。   |
| 4. テストモードインジケータ         | テストモードのコンフィグレーションスイッチがセットされていることを示します。   |
| 5. コンピュータI/Oオーバーライド     | 1つ以上のリレーのコントロールがコンピュータ通信を介して変更されていることを示します。  |
| 6. エッチングモードインジケータ       | エッチングモードのコンフィグレーションスイッチが設定されていることを示します。この状態では、膜厚表示はエッチングされた量を示し、レート表示はエッチングレートを示します。                             |
| 7. タイマーグループ             | 経過時間の表示と単位の表示を行います。また、オペレートモードでXTALキーを押すとソフトウェアバージョンを表示します。  |
| 8. プログラムモードグループ         | プログラム時に入力すべきパラメータをカーソルの移動で示します。  |
| 9. フィルムグループ             | オペレートモードではストアされたフィルムプログラムの何番を使用するかを示し、プログラムモードでは変更あるいはプログラムする対象のフィルムプログラム番号を示します。                                |
| 10. 通信状態表示              | それぞれ、コンピュータ通信による送信及び受信が行われていることを示します。  |
| 11. クリスタルフェイルインジケータグループ | Modelock測定システムがクリスタルをドライブできない状態になった場合、あるいは膜厚が厚くなり周波数が測定限界の5MHzより小さくなった場合に表示されます。また、ケーブルやセンサーに異常のある場合にもこの表示が現れます。 |

## 2.5 リアパネルの説明

下の図2.5に示すように本機への外部からの接続はすべてリアパネル上に集まっています。下図に付した各番号は、以下の各説明項の番号に対応しています。

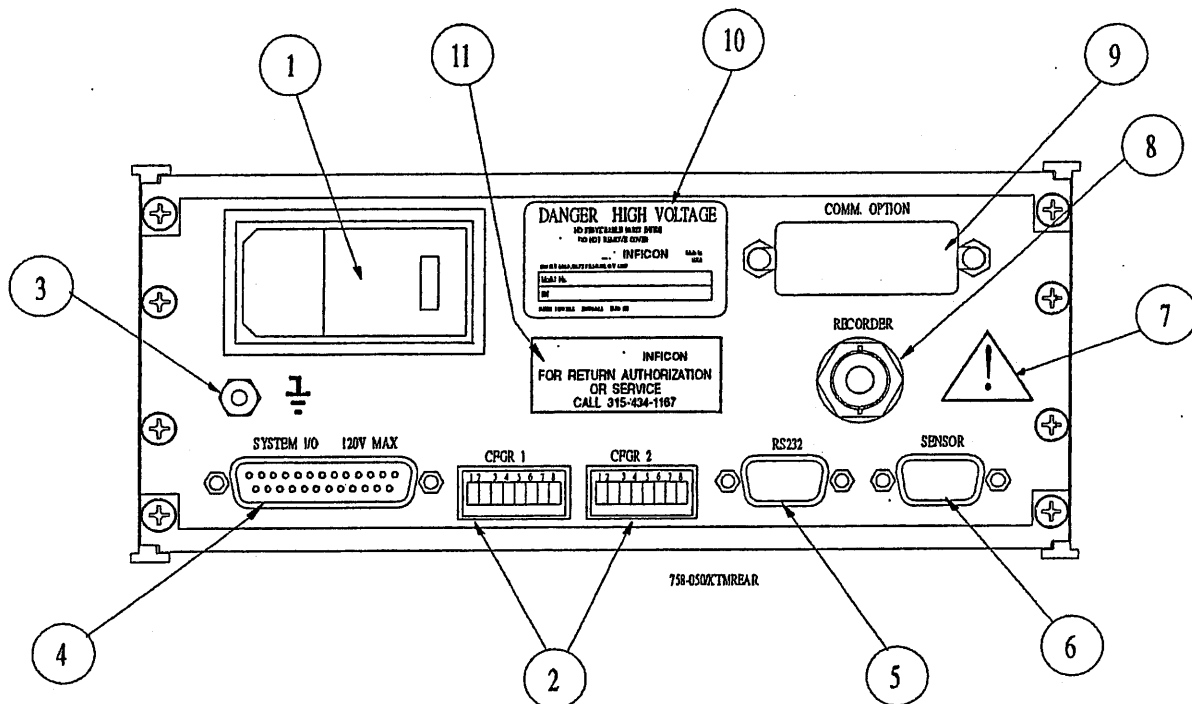
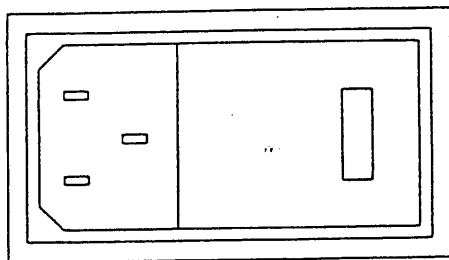


図2.5 リアパネル

## 2.5.1 パワーモジュール

入力電圧の選択ができます。フューズが内蔵されています。入力電源ケーブルはここに接続されます。セクション2.2参照。



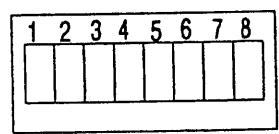
757-030/XTCPWR

図2.6 パワーモジュール

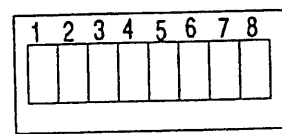
## 2.5.2 コンフィグレーションスイッチ 1および2

2つの8連DIPスイッチは、以下のように本機をカスタマイズするのに使用します。

Switch # 1 2 3 4 5 6 7 8  
CFGR1



9 10 11 12 13 14 15 16  
CFGR2



757-030/XTCFGR

図2.7 コンフィグレーションスイッチ

注意：コンフィグレーションスイッチの設定はパワーONの時に読み込まれます。設定を変更した場合は、一旦電源をOFFにしてから再度ONにすることによって新しい設定が有効になります。

表2.1 コンフィグレーションスイッチの設定

スイッチ1	テストモード	0=off、1=on
スイッチ2	パラメータロック	0=off、1=on
スイッチ3	プザ-ON/OFF	0=off、1=on
スイッチ4	クリスタルフェイル時に シャッタークローズ	0=yes、1=no
スイッチ5	膜厚/タイマー 積算継続オプション	0=off、1=on**
スイッチ6	未使用	
スイッチ7	未使用	
スイッチ8	エッチングモード	0=off、1=on
スイッチ9	表示単位MSB	00=kÅ、01=μg、10=mg、11=MHz
スイッチ10	表示単位LSB	(MHzの設定でもレコーダ出力はÅ/sec、Å単位)
スイッチ11	レコーダ出力モードMSB	00=レート ±2000Å/s, 1000ng/sまたは200μg/s 01=レート ±200Å/s, 100ng/sまたは20μg/s 10=レート ±20Å/s, 10ng/sまたは2μg/s
スイッチ12	レコーダ出力モードLSB	11=膜厚 ±2000Å, 2000ng または2000μg
スイッチ13	レコーダ&表示アベレージングMSB	00=1/4sec (参考:表示の平均は常時1sec以上) 01=1sec 10=4sec
スイッチ14	レコーダ&表示アベレージングLSB	11=16sec
スイッチ15	未使用	
スイッチ16	未使用(使用予定有り)	

\*\*スイッチ5がONの場合は、OPENボタンを押すと膜厚およびタイマーのカウンターがゼロリセットされずに積算を続けます。CLOSEボタンを押すとその時点での膜厚および経過時間の値に固定されません。レート値は固定されません。ZEROボタンは通常どおり機能し、膜厚および経過時間の値をいつでもリセットできます。

### 2.5.3 接地端子

システムグラウンドをこの端子で取るようにして下さい。設置の項の” 接地とシールドについて” (セクション3.2)を参照して下さい。



757-030/XTCGND

図2.8 接地端子

### 2.5.4 システムI/O

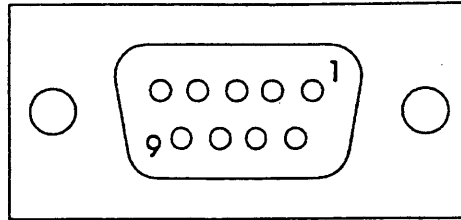
25ピンのDサブおすコネクタが、システムとのリレーインターフェイス用の端子です。(詳細はセクション3.7参照)

ピン#	機能
<b>出力</b>	
1、2	ソースシャッター
3、4	膜厚セットポイント
5、6	タイマーセットポイント
7、8	センサーフェイル
<b>入力</b>	
9	クリスタルフェイルインヒビット
14、15、16、17	インプットコモン(グラウンド)
18	シャッターオープン
19	シャッタークローズ
20	膜厚ゼロリセット
21	タイマーゼロリセット

リレー出力の機能はコンピュータ通信からのリモートコントロールによって変わり得ます。リモートコマンドに関してはセクション3.8.5を参照して下さい。

2.5.5 RS232

9ピンのDサブめすコネクタを通してホストコンピュータからコントロールをすることができます。セットアップの詳細に関してはセクション3.8を参照して下さい。



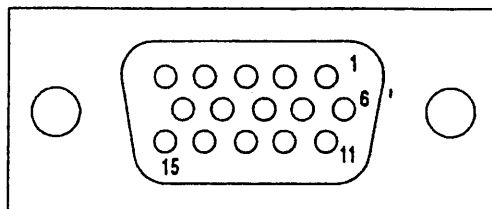
757-030/XTCRS23

図2.9 9ピン”D”雌コネクタ

ピン#	機能	IBM互換コンピュータ	
		DB-9ピン	DB-25ピン
1	未使用	1	-
2 TXD	XTM/2からの送信データ	2	3
3 RXD	XTM/2への受信データ	3	2
4	未使用	4	-
5 GND	グラウンド	5	7
6 DTR	送信レディーを示すXTM/2からの出力	6	6
7 CTS	送信停止を示すXTM/2への入力	7	4
8	未使用	8	-
9 GND	シールドグラウンド	9	-

## 2.5.6 センサー

高密度15ピン”D”雌コネクタにインテリジェントオシレータ (IPN757-302-G1) を接続します。オシレータは標準的には4.5m (15フィート) のケーブル (IPN757-305-G15) が付属しています。30フィートおよび100フィートのケーブルもオプションで可能です。(それぞれ、IPN番号の最後のG××が30および100となります。)



757-030/XTCNSR

図2.10 15ピン”D”雌コネクタ

## 2.5.7 ユーザー/サービスマンに対する、国際標準の警告シンボル

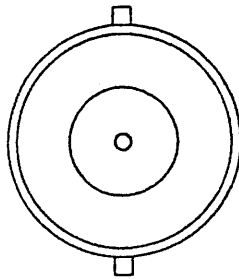


このシンボルは機器に付属している書類の中に操作やメンテナンス (サービス) に関する重要な説明が有ることを警告するためのものです。



### 2.5.8 レコーダ

レートまたは膜厚に比例した電圧出力の供給されているBNCコネクタです。出力の形態はコンフィギュレーションスイッチ9から14で設定されます。セクション2.5.2参照。



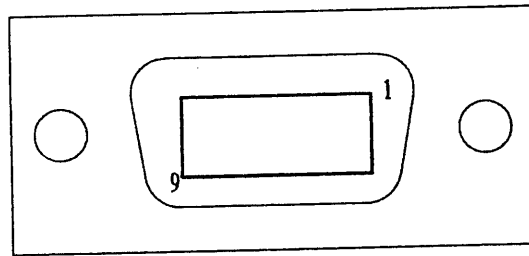
757-030/XTCBNC

図2.11 BNCコネクタ

### 2.5.9 通信オプション

オプションのコンピュータインターフェイスの付けられる場所です。設定の詳細はセクション3.8参照。

IEEE488



757-030/XTCOPT

図2.12 IEEE-488 オプション

## 2.5.10 製造銘板

この銘板は最終組立工程で取り付けられ、本機のモデル名とシリアルナンバーを表示します。

<b>DANGER HIGH VOLTAGE</b>	
NO SERVICEABLE PARTS INSIDE DO NOT REMOVE COVER	
Made in U.S.A.	
<b>INFICON</b>	
TWO TECHNOLOGY PLACE, EAST SYRACUSE, NY 13057	
Model No.	
SN	
FUSES: 115V:3/8A 230V:3/16A 50/60 HZ	

図 2. 1 3 製造銘板

## 2.6 デポジションモニターとしての応用

本機は基本的には真空中のデポジションあるいはエッチングのモニターとして設計されていますが、その他の質量測定の実用分野にも容易に使用することが可能です。セクション2.3の設置ガイドの図を参照し、またセクション4.1で本機の機能を知ることによって容易に設置ができます。

以下の説明は4つの部分に分かれています。最初の部分の説明はソースシャッターを使用しない応用に対する説明です。2番目はソースシャッターを使用する場合の説明です。3番目はマニュアルでレート測定のみを行う場合の説明です。4番目は従来と異なる特殊な応用に関する説明で、生体試料の測定やメッキ厚の測定、エッチングの測定、更に液体試料の測定などが含まれています。セクション2.2に記載されたようにコンフィグレーションスイッチの9および10の設定によって単位は $\text{\AA}/\text{k}\text{\AA}$ か $\mu\text{g}/\text{mg}/\text{ng}$ が選択できます。これらのスイッチが変更された場合は、2つの膜厚パラメータは単位に合うように再計算されます。

## 2.6.1 モニタリング - ソースシャッターの無い場合

本機をレート/膜厚のモニタとして運転する場合には、以下の3つのパラメータだけのプログラミングが必要です。PROGキーを押してディスプレイをプログラムモードにして、適当な値を入力します。これらのパラメータに入力した値は選択された単位とは独立しています。

DENSITY                    入力する値は測定する物質によって決まります。セクション5.6のDENSITYとZ-ratioの表を参照して下さい。

Z-RATIO                    入力する値は測定する物質によって決まります。セクション5.6のDENSITYとZ-ratioの表を参照して下さい。

TOOLING                    センサーと基板間の幾何学的な差を補正します。校正と測定のセクションに書かれたTOOLINGの決定の項をご覧下さい。

適切なトランスデューサを正しく取り付けて下さい。(設置のセクションの”設置のガイドラインとセンサへの接続”の項を参照)

PROGキーを押すとディスプレイがオペレートモード、プログラムモードに交互に変わります。

RATE表示のグループは蒸着レートを示し、それにしたがってTHICKNESSの表示が徐々に増えて行きます。フロントパネルのコントロールは通常通りに機能します。

## 2.6.2 モニタリング — ソースシャッター付きのシステムの場合

レートや膜厚を計るだけでなく、蒸着システムが自動動作が可能な蒸発源（あるいは基板）シャッターを備えていれば、本機は設定膜厚で蒸着を終了させるために用いることができます。シャッターのコントローラを図2.2を参照して背面パネルのシステムI/Oコネクタを通して配線して下さい。上のセクション2.6.1のパラメータ以外に以下のパラメータをプログラムする必要があります。

FINAL THICKNESS 望みの膜厚（または質量）の設定値。

（蒸発源の電源のコントローラで）蒸発源パワーを所定のレートが得られるまで手動で増加させて下さい。その後、OPENスイッチを押すと蒸着が始まります。積算膜厚および積算時間の表示はゼロにリセットされ、ソースシャッターが開きます。蒸発源パワーを加減して蒸着を続け、FINAL THICKNESSでプログラムされたセットポイントに達するとシャッターが自動的に閉まります。

### 2.6.3 レートサンプリング

本機を蒸着システムの間欠的なレートのサンプリングに用いることもできます。シャッター付きのセンサーがこの用途には必要です。設置の章の「センサーセレクションガイド」をご覧ください。

参考：センサーおよびアクチュエータの取り付けに関してはインフィコンセンサーの個別マニュアルを参照して下さい。

1. ニューマチックシャッターアクチュエータのコントロールバルブ (IPN 007-199) をシステム I/Oコネクタのソースシャッターピン (1、2) に配線接続して下さい。
2. FINAL THICKNESSパラメータを約20秒間の蒸着で膜厚が達する値にプログラムして下さい。例えば、レートが約 $20 \text{ \AA/S}$ の場合、FINAL THICKNESSの値を $20 \text{ sec} \times 20 \text{ \AA/S} = 400 \text{ \AA}$ として下さい。サンプル時間があまり短いと、モニタークリスタルの温度の一時的な変動による誤差が大きくなります。

OPENボタンを押すことによってサンプリングが始まります。膜厚はゼロにリセットされセンサーシャッターが開きます。この間に蒸着レートを観察して望みのレートと比較し調整することが可能です。もしもレートの調整がサンプリング時間内に終わらないようであれば、FINAL THICKNESSの値を大きくして下さい。

参考：この方法では膜厚のセットポイントでの蒸着の自動停止はできません。

## 2.7 特殊な応用

デポジションのモニターやコントローラとしての通常の応用以外に、水晶マイクロバランスは質量センサーとして広い用途に使用できる利点があります。本機はモニタークリスタルの表面上の質量の増加や減少を250msごとのサンプリングあたり $\pm 0.12 \text{ ng/cm}^2$ の精度で測定する能力を有しています。もちろん、この場合、測定する質量は水晶の表面にしっかりと付着していることが必要で、さもなければ正しい測定ができません。特に、液体やその他の強固でない物質の測定をする場合には、この事を頭に置いて下さい。インフィコンの6MHzの水晶ホルダーは、約 $0.535 \text{ cm}^2$ の開口面積を持っています。できるだけ高い精度の測定を行うには、個々の水晶ホルダーを移動顕微鏡で測定して正確な開口面積を決定することを推奨致します。

### 2.7.1 エッチングへの応用

本機は水晶の表面からの質量あるいは膜厚の減少を表示するように設定することが可能です。測定に際しては、振動部分の物質が均一に取り去られて行く事が不可欠で、さもないと正しい測定ができません。これは、水晶の表面の直径方向に沿って、質量感度の差が生じてしまうことによります。

エッチングモードは本機の背面のコンフィグレーションスイッチ（セクション2.2参照）を設定することで選択できます。

ZEROまたはOPENキーを押して表示膜厚をゼロにリセットして、通常と同様に操作を行います。FINAL THICKNESSパラメータをプロセスの終了信号に使用することもできます。

### 2.7.2 液体中での測定

液体中に於ける質量変化の測定は、比較的新しい分野で、この種の応用に関する情報は余り多くありません。振動している水晶から液体へのエネルギー損失が大きく、ある場合には正確な測定ができません。MODE LOCKオシレータはこの場合でも従来のアクティブオシレータに比較して粘度の高い液体中で優れた特性を示します。液体に浸された時に水晶の表面上に有る泡が周波数シフトを大きく変えるので、浸し方によって感度が変わってしまいます。多くの液体は導電性があり、水晶の駆動電圧がショートして発振が停止してしまいますので、この場合には特別なセンサーが必要になります。

参考：標準のセンサーを液体中で使用することは推奨できません。

### 2.7.3 生物試料の測定

生物試料の測定に関しては液体の測定の項に述べるのと同様な多くの問題点があります。

### 2.7.4 液体の測定

水晶表面に付着した液体の質量の測定には大きな誤差が伴います。付着物質が強固ではない点と、必ずしも均一な層にはなっていない点が最も大きな問題点です。液体は個体の様には強固でないために全ての質量が共振に寄与するわけではありません。従って、全ての液体が検出されるわけではありません。ある意味では水晶は粘性センサーと呼ぶのがふさわしいといえます。第2の問題は、液体は水晶の表面にほんの数層付着しただけでも球状になりやすいということです。このことによって、液体が無限の剛体ではないということによる問題が更に増長されます。この問題のもう一つの側面は液体の球が水晶表面のランダムな場所に形成されることです。モニター水晶は径方向に質量感度が異なるので、このことは測定上問題となります。すなわち、水晶の中心に形成される球は開口部の端部に形成される球よりも大きな質量として検出されます。

### 2.7.5 周波数カウンターとしての使用

”表示単位”のコンフィグレーションスイッチ9および10をセクション2.5.2に従ってセットすることにより、水晶の周波数を6.000000から5.000000MHzの範囲で測定することができます。表示される周波数はレコーダおよび表示のアベレージングコンフィグレーションスイッチの設定にしたがって平均化されます。さらに、LIFEキーを押すことによってより高い分解能( $\times \times \times \text{Hz}$ )で周波数を表示させることもできます。(最上位桁は表示からはみ出します。)コンピュータインタフェースからは0.1Hzまでのデータの0.25sec毎の測定の最新のものがいつでも読むことができます。

その他全ての本機の機能は表示単位のコンフィグレーションスイッチが00(kÅ)であるかのように振舞います。

### 2.7.6 コンタミネーションの検出

水晶上の質量の増加あるいは減少の測定は、セクション2.5.2のアベレージングや表示単位のコンフィグレーションスイッチを利用することによってより有効に使うことができます。質量の変化を直接 $\mu\text{g}$ や $\text{mg}$ の単位で表示する事もできます。さらに、測定時間を16秒間まで長くして表示分解能を良くする事も可能です。この方法ではサンプル時間の平方根に比例して相対ノイズを減らすことができます。

測定を妨げる問題は、モニター水晶およびコントロールユニット内のレファレンス水晶の温度変化によるものが大部分です。温度を注意深くコントロールすることが測定の妨げを最小限にします。



## セクション3

### 設置

3. 0	設置	3-1
3. 1	コントロールユニットの設置-詳細	3-1
3. 1. 1	コントロールユニットの設置	3-1
3. 2	接地とシールド	3-2
3. 2. 1	接地の確認	3-2
3. 2. 2	アース接地への接続	3-3
3. 2. 3	外部配線からのノイズ侵入の最小化	3-4
3. 3	リアパネルへの接続	3-5
3. 3. 1	BNCコネクター	3-5
3. 3. 2	"D" シェルコネクター	3-6
3. 4	センサーセレクションガイド	3-8
3. 5	センサー取り付けのガイドライン	3-9
3. 5. 1	センサーの取り付け	3-9
3. 5. 2	CrystalSix	3-11
3. 5. 3	センサー取り付けのチェックリスト	3-12
3. 6	テストモードの使用	3-13
3. 6. 1	動作テスト	3-14
3. 7	外部入出力の詳細	3-16
3. 7. 1	リレー	3-16
3. 7. 2	入力	3-17
3. 7. 3	チャートレコーダー	3-17
3. 8	コンピュータ コミュニケーション	3-18
3. 8. 1	通信の設定	3-18
3. 8. 2	基本コマンド	3-19
3. 8. 3	サービスリクエスト	3-21
3. 8. 4	データロギング	3-22
3. 8. 5	コンピュータコマンドの詳細	3-23
3. 8. 6	RS-232のプログラム例	3-27
3. 8. 7	SEMI IIのプログラム例	3-29
3. 8. 8	IEEE-488のプログラム例	3-31

### 3.0 設置

#### 3.1 コントロールユニットの設置－詳細

#### 3.1 コントロールユニットの設置－詳細

設置の概要の図がセクション2.3にありますので参考にして下さい。接地は安全性と性能の面から非常に重要です。

##### 3.1.1 コントロールユニットの設置

セクション1に記載されている、安全性と設置に関する注意事項を再度確認して下さい。

ケーブルの長さをなるべく短くするように、モニターは中央に置いて下さい。ユニットとXIU間のケーブルは約4.5mです。長いケーブルは9mおよび30m（最大）の2種類が可能です。注文の方法に関してはセクション2.5.6を参照して下さい。

コントロールユニットはラックマウントが可能です。あるいは添付されているゴム足を取り付けて卓上で使用もできます。

### 3.2 接地とシールド

設置に際して電氣的接続を注意深く行うことが、様々なノイズの問題を避ける上で重要です。

安全性や正常動作を確保するためばかりでなく、回路のシールドおよび機器内部のグラウンドを保つためにもカバーやオプションのパネル類は取り付けのまま運転を行って下さい。添付されているネジ類でしっかり固定して下さい。

#### 3.2.1 接地の確認

インピーダンスの低いアース接地が機器の近くに得られない場合には、以下のようにアース接地を用意することを推奨します。

土壌の状態が許すなら、10フィートの長さの2本の銅クラッド鋼のロッドを6フィート離して地中に打ち込みます。土壌の状態を良くするために硫酸銅あるいはその他の塩の溶液をロッドの回りに注ぎます。2本のロッド間の抵抗値がほぼ0であれば必要なアース接地が達成された事になります。シビアなケースでは溶液が地面にしみこんで抵抗値が充分低くなるのに数日を要することもあります。

参考：この接地配線への接続はできるだけ短くして下さい。ノイズの波形には高周波成分が多く含まれています。

### 3.2.2 アース接地への接続

このユニットには六角ナット付きのネジ端子がグランド用の端子として付いています。リング端子を接続に使用すると良好な接続が得られ取り付けや取り外しも容易です。図3.1を接続の参考にして下さい。グランド線は通常は編導線でも充分ですが、高周波インピーダンスを低くするために厚さ0.030"×幅1"の銅のテープを用いるのが望ましい場合もあります。

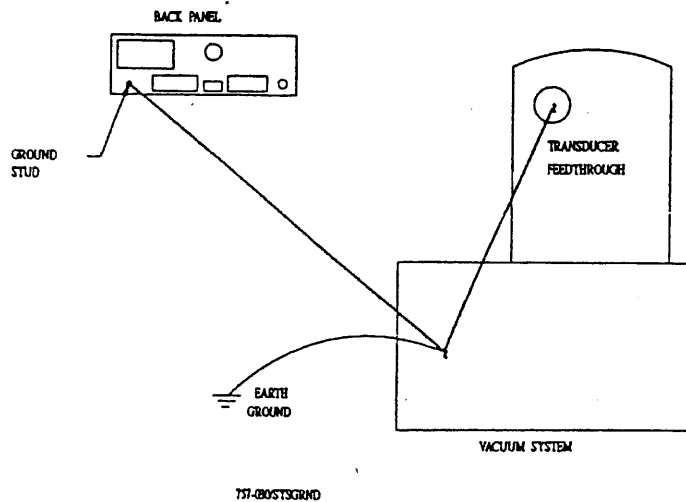


図3.1 システム接地図

RFスパッタリングシステムに用いる場合は、それぞれのシステムの固有の条件を最適化するために、グランドの取り方を変える必要があります。(“Solid State Technology”, p117 April, 1982 の記事 “Grounding and RFI Prevention” などが参考になります。)

警告！！

外部グランド接続は特に電氣的ノイズの多い環境では適切な扱いが必要です。

### 3.2.3 外部ケーブルからのノイズ侵入の最小化

本機がデポジションシステム内に組み込まれている場合には、多くのケーブル接続があり各々のケーブルがコントロールユニット内部にノイズを導く可能性があります。以下のガイドラインに従えば、これらのケーブルからのノイズ侵入を少なくすることができます。

- ・全ての接続にシールド付き同軸ケーブルかツイストペアを使用する。
- ・コントローラを中央付近に集めて、ケーブル長をできるだけ短くする。
- ・強度の電氣的障害を発生する可能性のある部分にケーブルを通すことを避ける。例えば、電子銃やスパッタ電源等の大電力の電源の近くでは電磁場の強度が大きいかつ速く変化しますので、少なくとも30cm以上ケーブルを離すと顕著にノイズが改善されます。
- ・上に述べたようにグラウンドをしっかりと取る。
- ・ユニットのカバーやオプションパネル等をしっかりと締める。

### 3.3 リアパネルの接続

この機器を長期間性能を落とさずに使用するには、ユーザーやシステムメーカーでのケーブル配線も含めた機器の設置を正しく行うことが大切です。この機器に使用するコネクタの組立の説明は以下の各セクションに示されています。

#### 3.3.1 BNCコネクタ

BNCコネクタ付きのケーブルの完成品は市販の物が容易に手に入りますので、ソース出力およびレコーダ出力用のBNCケーブルはシブキットには含まれていません。外部機器への接続のためにケーブルの一端を切断する場合にもBNCケーブルの完成品を購入されることを推奨します。

### 3.3.2 "D" シェルコネクター

"D" シェルコネクターは、最大径が20AWGの単線またはより線ワイヤを接続可能なソルダーカップコンタクトを使用しています。複数より線ジャンパーの場合は18AWGか、または2本の22AWG線を使用することもできます。ワイヤストリップの長さは6.4mmを推奨します。

2重の錫/鉛ソルダーカップは錫メッキ線を容易に接続でき、適切にはんだ付けされれば配線の応力が取り除けます。

はんだ付けの品質のガイドラインとしてANSIのはんだ付けに関する規格(ANSI/IPC-S-815K)が参考になります。

はんだ付けは以下の様に行ってください。

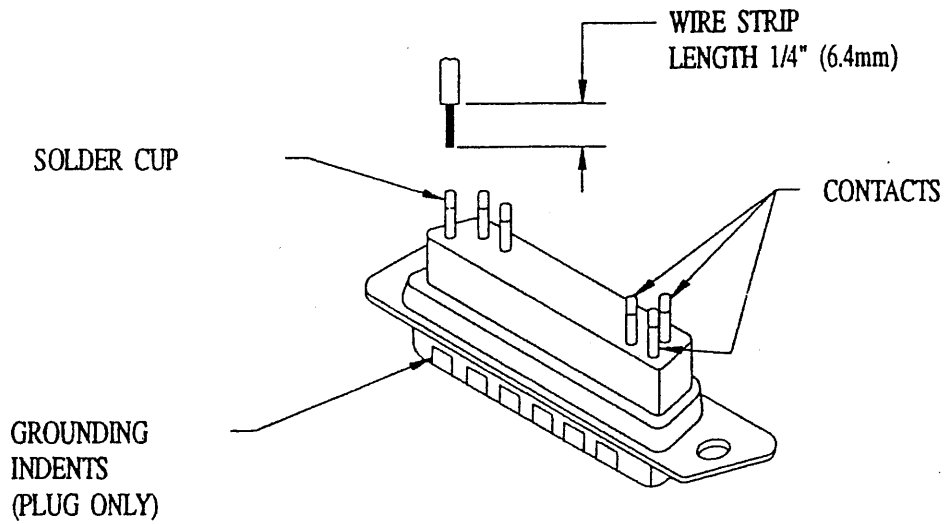
1. 各アプリケーションに必要とされるコネクターや線材を用意する。
2. はんだ付けする面がきれいで、はんだののりを悪くするような汚れが付いていないことを確認する。
3. 線のはんだ付け箇所を1/4" (6.4mm) だけ剥いて、必要ならメッキする。
4. 樹脂フラックス、40/60合金はんだ、および低電力のはんだごてを用意する。

参考：露出したはんだ接続部を絶縁するために熱収縮チューブを使用するのが一般的ですが、この場合には、はんだ付けの前にチューブを正しい長さに切断して、はんだ付けする導線に通しておいて下さい。はんだ付け後にチューブを接続部まで滑らせて、適当な熱源を使って収縮させます。

5. 被覆を剥した導線の部分にフラックスを付け、接続するソルダーカップの中に導線が底に達するまで挿入します。

6. はんだごてでソルダーカップを熱し、はんだがとけ込んで空洞内に満たされるようにします。はんだをあふれさせないで下さい。

7. 全ての導線をはんだ付けします。
8. はんだ付部分をアルコールで拭いて、フラックスやはんだの残留物を取り除きます。



757-030/AMFCUP

図3.2 ソルダークップコネクタ



### 3. 4 センサー選択ガイド

センサーの種類を選択は、プロセス、蒸着する物質、およびプロセスチャンバーの物理的特性によって決まります。Inficon が作成した個々の種類のセンサーに対する概要を下記のセンサー選択表に示します。個々のケースにおける選択についてはご相談下さい。

表 3.1 センサー選択表

名称	IPN (インフィコン型名)	最大ワーク温度*	クリスタル交換	コネクタ	備考
スタンダード	750-211-G1	130℃	前面	側面	
スタンダード (シャッター付き)	750-211-G2	130℃	前面	側面	
コンパクト	750-213-G1	130℃	前面	後面	狭い場所用
コンパクト (シャッター付き)	750-213-G2	130℃	前面	後面	"
デュアル	750-212-G2	130℃	前面	側面	シャッターで2個のクリスタルを切り換え
スパッタ	007-031	130℃	後面	側面	RF 及び 2 極スパッタ用 (オプションでシャッターもあり)
ベークブル 12"	007-219	450℃	前面	側面	ベーク前に水抜きが必要
20"	007-220				
30"	007-221				
ベークブル (シャッター付き)					
12"	750-012-G1	450℃	前面	側面	"
20"	750-012-G2				
30"	750-012-G3				
クリスタルシックス	750-446-G1	130℃	前面	側面	6 個のクリスタルを切り換えて使用可能 (手動のみ)

\* これらの温度は、高温でのテフロン特性により制限された最高温度です。実際の使用に際しては、水冷することで、かなり高い温度の環境の下でも悪影響なしに動作することが可能です。

注 : 水冷パイプを凍結させないで下さい。これは、もし水冷パイプが極低温シュラウドの近くを通り、水の流れが止まれば起こる可能性があります。

注 : 最良の動作のため、冷却水の温度は30℃以下にして下さい。

参考 : 高温環境下では、冷却水へ伝わる熱は、センサーからよりも水冷パイプからの方が多くなる場合があります。極端な高温の場合、水冷パイプを覆う熱 (輻射熱) シールドを使うことが有効なこともあります。

### 3.5 センサー取り付けのガイドライン

注意：本機の性能は選択したセンサーを注意深く設置することで決まります。適切でない設置は蒸着の再現性や水晶の寿命、レートの安定性などに悪影響を及ぼします。

#### 3.5.1 センサーの取り付け

図3.3にインフィコンの水冷センサーの真空プロセスチャンバーへの取り付け例を示します。性能を最大限引き出すために図および以下のガイドラインを参照して取り付けして下さい。

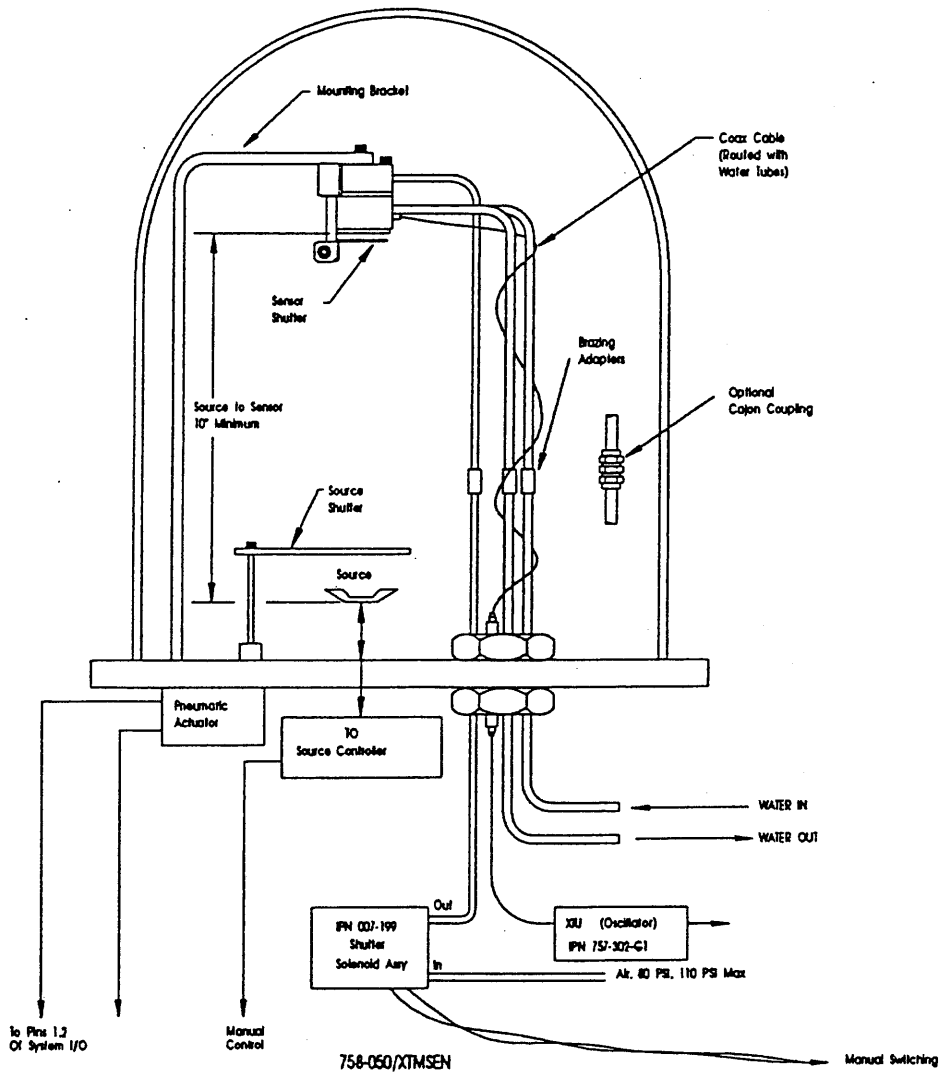


図3.3 センサーの取り付け例

一般的には、基板上的の膜厚とセンサー位置での膜厚の比例関係が保たれる範囲内で、できるだけ蒸発源から遠くに（最低25cm）配置します。図3.4はセンサーの配置の正しい例と誤った例を示します。

飛沫からクリスタルを保護するためには蒸発源シャッターあるいはクリスタルシャッターを使用して蒸発源の初期のガス出し時にセンサーを覆うようにします。溶融した材料の微粒子が水晶に当たるとダメージを与えて発振が停止したり、不安定になったりします。

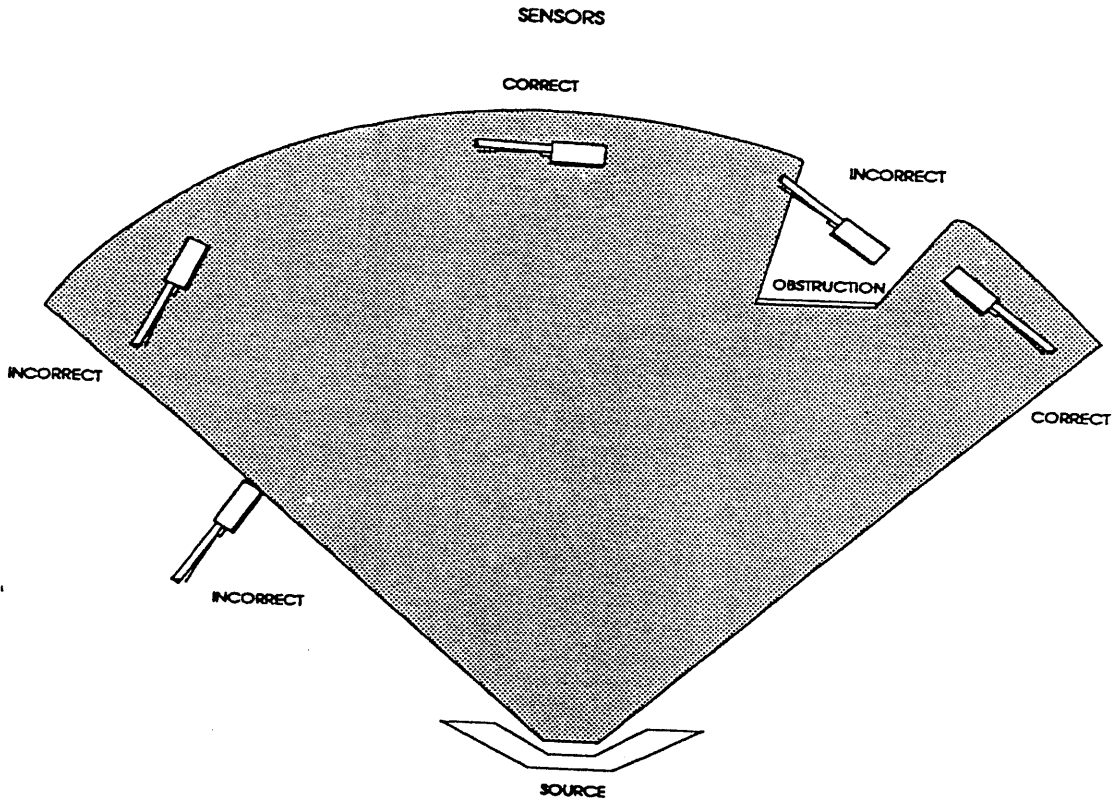


図3.4 センサー取り付けのガイドライン

### 3.5.2 CrystalSix

CrystalSixを使用する場合はクリスタルの送りを手動で行う必要があります。CrystalSixのマニュアルおよび図3.5のガイドラインに従って下さい。

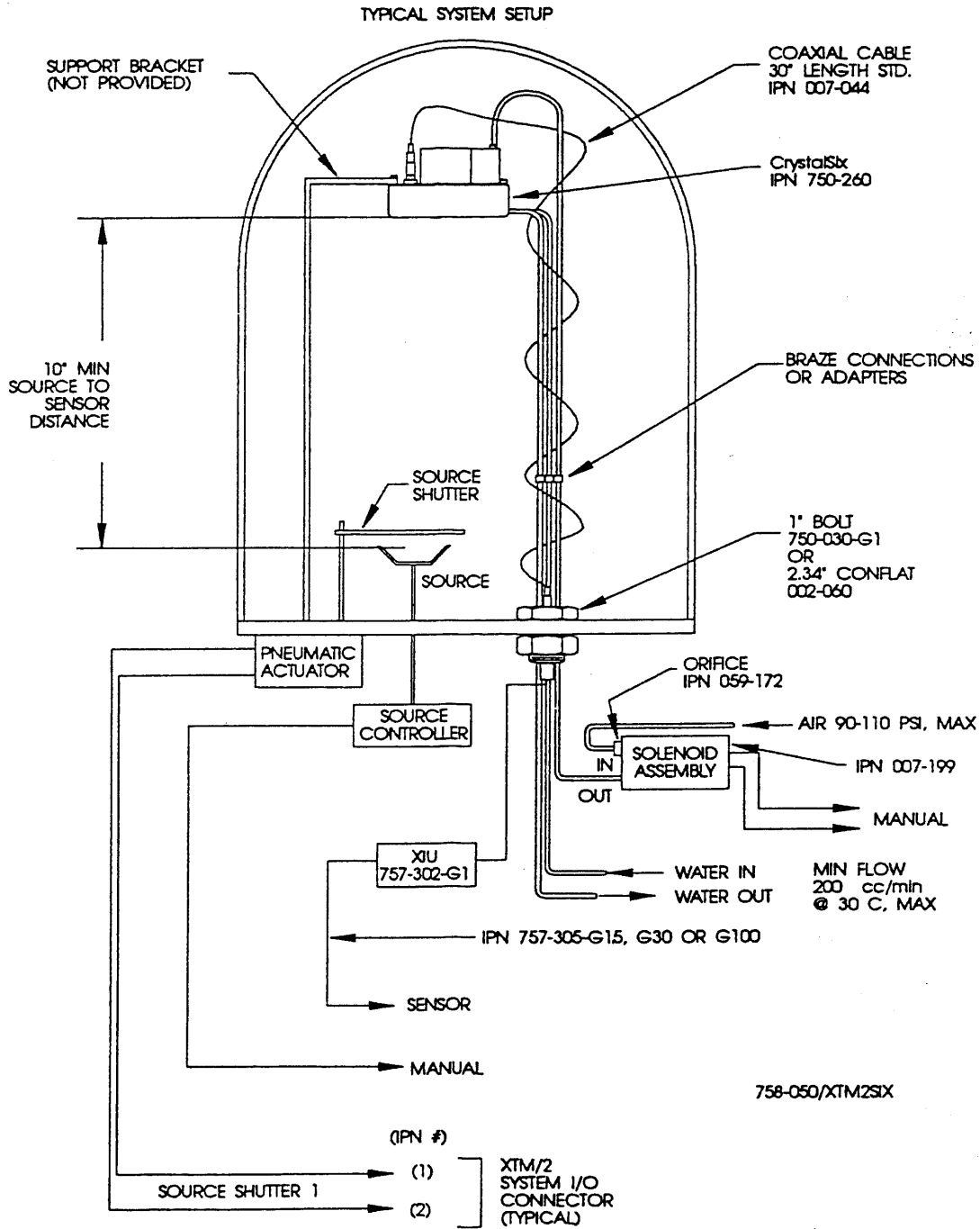


図3.5 XTM/2に使用する場合のCrystalSixの取り付け

### 3. 5. 3 センサー取り付けのチェックリスト

・センサーはしっかりした物に固定してチャンバーに取り付けて下さい。冷却水チューブだけでの支持は避けて下さい。

・蒸発源とセンサー間に障害物が無いことを確認して下さい。回転する物体や動く物体が障害とならないことを確認して下さい。

・センサーの中心線がモニタする蒸発源の方向を向くように取り付けて下さい。

・クリスタル交換が容易に出来るように取り付けて下さい。

・同時蒸着を行うシステムでは、各蒸発源からの蒸気が対応する1つのセンサーだけに達するように配置して下さい。この為には通常は特別なシールドを設けるか、オプションの”マテリアルディレクター”を使用します。

・レートが低く熱負荷が非常に少ない場合でも、常時水冷を行うことを推奨します。

・極低温のシュラウド内に配置する場合には、冷却水を常時通水するか、あるいは使用後は水抜きを行って下さい。これを怠ると水が凍って水冷チューブが破裂する恐れがあります。

・凝結した水分がフィードスルー内に滴る様な配置で冷却水ラインを通さないで下さい。凝結水はクリスタルのドライブ回路をショートさせ、クリスタルの寿命を早めます。

### 3.6 テストモードの使用

本機には実際の操作をシミュレートするテストモードが準備されています。このテストモードの目的は基本動作の確認と操作の例のデモンストレーションを行うことです。

テストモード中のレート表示は以下のように決められます。

$$\text{表示レート} = \frac{40}{\text{Density (gm/cc)}} \times \frac{\text{Tooling (\%)}}{100\%} \quad \frac{1}{2} / \text{sec}$$

全てのリレーや入力はテストモード中も通常通り動作します。

### 3.6.1 動作テスト

電源を接続する前にパワースイッチをSTBYの位置にしてください。

セルフテストを以下の要領で実行させます。

1. 電源コード以外のケーブルが接続されていないことを確認します。リレーの動作チェックはテスターあるいはテスト治具などで行ってください。

2. コンフィグレーションスイッチ-1をONにしてください。(セクション2.5.2参照)

3. ON/STBYスイッチを押して下さい。緑の電源表示LEDが点灯します。ErrがLCDに表示された場合はセクション6.2のエラーメッセージを参照して下さい。

4. 以下の表示がLCDに出ます。

TEST ON

xx:xxMIN:SEC

XTAL FAIL

5. PROGキーを押して下さい。プログラムディスプレイが現れ、カーソルがDENSITYパラメータの横に出ます。

6. 表3.2に示すとおりパラメータを入力して下さい。

表3.2 動作テスト時のパラメータ

DENSITY	02.73	gm/cc
Z-RATIO	1.000	
TOOLING	110	%
FINAL THICKNESS	2.000	KÅ
SPT THICKNESS	1.000	KÅ
SPT TIMER	1:00	min:sec

参考：表3.2に示す通りにパラメータが予めプログラムされた”TEST FILM”が本機には組み込まれています。これを使用するには、カーソルをFILMパラメータに移動させてゼロを入力して下さい。FINAL THICKNESSとSPT THICKNESSの2つのパラメータはmgまたはμgの単位を選択している場合は表3.2とは異なる値となります。再度PROGキーを押してプログラムモードを抜け、ステップ9から続けて実行して下さい。

7. 正しい数値が点滅表示に現れたら、▽Eキーを押して入力しデータを記憶させます。
8. PROGキーを押してプログラムディスプレイを抜けます。
9. OPENキーを押してプログラムシーケンスを開始します。
10. SHUTTER OPEN表示が現れます。
11. 時間表示が00:00から増加し始め、デポジションレートは $16.1 \text{ \AA}/\text{S}$ になります。THICK SPTの表示が $1.000\text{K}\text{\AA}$ で点灯し、TIMER SPTは1:00 min:secで点灯します。2:05でFINAL THICKNESS の $2.000\text{K}\text{\AA}$ に達し、SHUTTER OPENの表示が消えます。経過時間表示は00:00に瞬間的に戻り再度カウントアップし始めます。
12. 再度OPENが押されるまでこのままの状態を維持します。
13. OPENが押されると、ステップ10から12を繰り返します。
14. これらのステップが正常に実行されたら、コンフィグレーションスイッチ1をOFFにして電源を切り、一旦STDBY状態にしてからONにすることによりTESTモードが解除され新しいコンフィグレーションが読み込まれます。



### 3. 7 外部入出力の詳細

#### 3. 7. 1 リレー

リレーおよび出力回路の安全定格は次の通りです。

DC30V (または AC実効値30V (ピーク 42V)) 2.5A

システムI/Oコネクタにおいて、リレーの合計電流は6A以下

#### システムI/Oコネクタ

ピン#	機能	接点クローズの場合	接点オープンの場合	リレー#
1、2	Source Shutter	シャッターオープン状態	それ以外の時	1
3、4	Thickness Setpoint	SPT THICKNESS を超えた時	"	2
5、6	Timer Setpoint	SPT TIMER を超えた時	"	3
7、8	Crystal Fail	クリスタルフェイルの時	"	4

\* リレーの機能はリモートコミュニケーションコマンド" R6" -" R9" によって上記以外に書き換えられることがあります。セクション3. 8. 5参照。

### 3.7.2 入力

入力に対応する端子を、外部接点を通してコモン端子 (GND) に落とすか、またはシンク電流 2 mA (低電力 TTL 1 個分の負荷) の TTL/CMOS ロジック IC を使用してグラウンド電位 (< 0.8 V) とすることによって動作します。入力ポートは 250 ms 毎に読み込まれ、読み取りサイクル中に信号が端子に存在しなければなりません。

#### システム I/O コネクタ

ピン #	機能	説明
14, 15, 16, 17	入力コモン (GND)	入力端子を動作させる基準電位として使用
18	OPEN	信号の立ち下がりでフロントパネルの OPEN スイッチと同じ機能をします
19	CLOSE	信号の立ち下がりでフロントパネルの CLOSE スイッチと同じ機能をします
9	CRYSTAL FAIL INHIBIT	グラウンド電位になるとクリスタルフェイルリレーの接点クローズの動作を禁止します
20	ZERO thickness	信号の立ち下がりでフロントパネルの ZERO スイッチと同じ機能をします (膜厚のみに有効)
21	ZERO timer	信号の立ち下がりでフロントパネルの ZERO スイッチと同じ機能をします (タイマーのみに有効)

### 3.7.3 チャートレコーダ

チャートレコーダ用の出力は 12 ビットの分解能を有しており、内 1 ビットは符号用です。出力は ±1000 V で出力インピーダンスは 2.0 KΩ です。コンフィギュレーションスイッチの設定により、出力は膜厚またはレートどちらかに比例する信号となります。(セクション 2.5.2 参照) 約 84 Hz の最大 2.5 mV のリップルが出力に現れるのは普通の状態です。

### 3.8 コンピュータ コミュニケーション

本機は標準あるいはオプションで幾つかのコンピュータ通信のプロトコルフォーマットをサポートしています。SECS II およびインフィコンフォーマット、またチェックサムおよびノンチェックサムなどを選択できるRS-232を標準で装備しています。また、FINAL THICKNESSに達した時点で自動的にプロセスデータを出力する(データロギング)様にコンフィグレーションを設定することもできます。シャッターをクローズすることによっても、データロギングを開始することができます。

#### 3.8.1 通信の設定

XTM/2は標準としてシリアル通信インターフェイスを装備しています。1200から9600baudの通信速度が設定できます。RS-232コネクタの詳細に関してはセクション2.5.5を参照して下さい。

リモート コミュニケーション インターフェイスを設定するには、0(ゼロ)キーを押しながらXTM/2の電源をONにしてください。以下に示すパラメータの設定は数字キー、エンターキー、およびクリアキーを使用して行えます。

tyPE (0=インフィコンフォーマット チェックサム、  
1=インフィコンフォーマット ノンチェックサム、2=SECS、3=データログ)

(tyPEの設定でSECSが選ばれると、以下の5つのパラメータの設定が有効になります。)

dID (デバイスID 0-32767)  
t1 (SECSの定義上のタイマー1) (0-10.0sec)  
t2 (SECSの定義上のタイマー2) (0.2-25.0sec 0.2刻み)  
rtrY (SECSの定義上のリトライリミット) (0-31)  
dUPL (SECSの定義上のデュプリケートブロック)  
baUd (0=1200, 1=2400, 2=4800, 3=9600)  
IEEE (IEEEアドレス、0-30) オプションのハードウェアが必要

これらの設定が終わるとRECEIVEメッセージが点滅しますので、このリストを繰り返すか通常のオペレーションを続けるかの選択をしてください。ENTERキーを押すと通常のオペレーションを続けられ、CLEARキーを押すとリストを繰り返します。

参考：通信の設定モード中は電源をOFFにしないで下さい。さもないと、新しいパラメータが正しくセーブされません。

### 3. 8. 2 基本コマンド

以下のコマンドがコンピュータ通信から利用できます。

- E Echo、送信されたメッセージを返します。
- H Hello、モデルとソフトウェアバージョンナンバーを返します。
- Q Query、プログラマブルパラメータを問い合わせます。リクエストされたパラメータの値を返します。
- U Update、特定のパラメータの値を送られた値に更新します。
- S Status、特定のリクエストに応じて関連情報を返信します。
- R Remote、与えられたコマンドに基づいて動作を実行します。

送信および受信のプロトコルフォーマットは以下の通りです。示された略号を使用します。

- STX 文字送信の開始。
- OO, NN コマンドのサイズは2バイトであり、OOは上位のバイトを表し、NNは下位のバイトを表します。
- ACK コマンド確認済みを示す文字。
- NAK コマンド未確認を示す文字。
- LF 改行。
- CS チェックサム。
- CR キャリッジリターン。



### 3.8.3 サービスリクエスト

IEEEモードでは、サービスリクエスト—すなわちXTM/2からホストに対しての情報の転送要求—を引き起こすイベントがいくつかあります。XTM/2はこの要求を、ステータスバイト中のRQSビットを立てることによって行います。ホストはシリアルポールを発生しステータスバイト中のRQSビット(2<sup>6</sup>)に1が有ることで要求デバイスを見つけます。以下に示すように、2<sup>0</sup>から2<sup>3</sup>のビットにイベントの内容を示す情報がコード化されて含まれています。

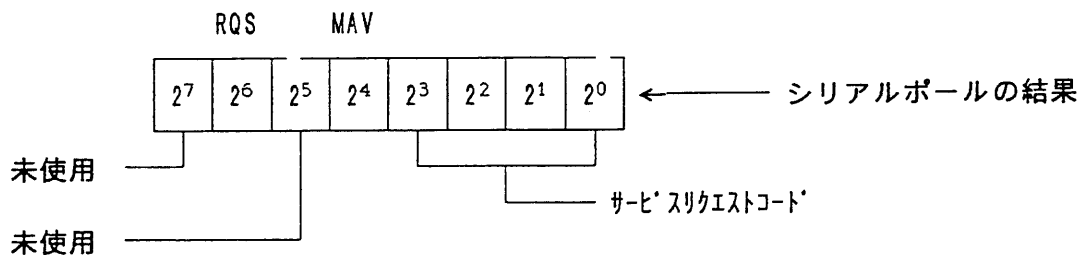


表3.3 サービスリクエストコード

イベント	コード	値
FINAL THICKNESS	0001	1
STBY/ON シーケンス	0100	4
クリスタルフェイル	0110	6
250msデレタイ R23コマンド以降にのみ有効。 (3.8.5参照) クリスタルフェイルで自動的にクリアされる。	0111	7
TIMER SPTを越えた	1000	8
THICKNESS SPTを越えた	1001	9

XTM/2が情報の要求に対して適切な応答をするのに必要な時間はその都度変化します。不必要な交信を避けるためにはホスト側でMAV(メッセージ・アベイラブル)のステータスビットをモニタして必要な情報が送信可能な状態を判断することが望ましいと思われます。

### 3.8.4 データロギング

データロギングは自動で行わせるようにすることが可能です。セクション3.8.1を参照して下さい。この場合にはRS-232ポートはDATA LOG情報の出力のみの機能となり、ホストコンピュータからのコマンドは受け付けません。IEEEオプションは、(組み込まれている場合には)通常の動作を行います。

データログの出力データは、一番最後のSHUTTER OPENからSHUTTER CLOSEまでのシーケンスに関連した情報を表しています。データは以下に示す順序に従ったASCIIストリングスで出力され、データ間はCRおよびLFで区切られます。

- 1) フィルム#
- 2) レート= \_ \_ \_ . \_ \_ Å/s [またはngm/secまたはµgm/sec] (クリスタルフィルの場合は最後の正常な値)
- 3) 膜厚= \_ \_ \_ \_ Å [またはµgmまたはmgm] ( " " )
- 4) デポジット時間= \_ \_ : \_ \_ Min:Sec
- 5) 開始周波数= \_ \_ \_ \_ \_ . \_ \_ Hz
- 6) 終了周波数= \_ \_ \_ \_ \_ . \_ \_ Hz (クリスタルフィルの場合は最後の正常周波数データに負号を付けて出力)
- 7) クリスタルライフ= \_ \_ %

自動データロギング以外にもS12コマンドやCLOSE (シャッター) キーを押すことでもデータロギングを開始できます。

### 3. 8. 5 コンピュータコマンドの詳細

**ECHOコマンド**      メッセージをエコーします。すなわち受信したメッセージを送り返します。フォーマットは以下の通りです。  
Eメッセージストリング

**HELLOコマンド**      このコマンドを送ると”XTM/2VERSIONX.XX”というストリングを返します。ここでX.XXの部分はソフトウェアバージョンのコードです。フォーマットはHです。

**QUERYコマンド**      このコマンドを送ると現在のXTM/2のパラメータ値の情報を返します。フォーマットは以下の通りです。

- QPF**      ーフィルムFのパラメータPの問い合わせ。PとFの間に1文字分の区切り用スペースが必要です。Fは1から9までの数字です。  
**Q6**      ー現在のフィルム番号の問い合わせ。

#### パラメータの定義 (QUERYコマンド、UPDATEコマンド用)

P	XTM/2パラメータ	範囲
0	Tooling	XXX.X (%)
1	Final Thickness	XXX.XXXX (kÅ/μg/mg)
2	SPT Thickness	XXX.XXXX (kÅ/μg/mg)
3	Density	XX.XXX (g/cc)
4	Z-Ratio	X.XXX
5	SPT Time	XX:XX (min:sec)
6	Film number	1~9
99	全パラメータ	下記”参考”を見て下さい。

参考： Q99Fは、フィルムFにおける0から5までのパラメータを上記の表の順番で出力します。各データは1文字分のスペースで区切られます。

**UPDATEコマンド**      このコマンドのフォーマットは以下の通りです。

**UPFvvv** ーフィルムFのパラメータPをvvvの値に書き替えます。  
PとF、Fと値vvvの間にはそれぞれ1文字分の区切り用スペースが必要です。  
Fは1から9までの数字です。パラメータ値の範囲については表4. 2を参照して下さい。

**U6F**      ー現在のフィルム番号をフィルムFにセットします。  
パラメータを表す数値に関してはQUERYコマンドのパラメータ定義リストを参照して下さい。

参考： ”U99F Tooling Final Thickness SPT Thickness Density Z-Ratio SPT Time”は、フィルムFの全パラメータを書き替えます。各パラメータの間はスペースで区切る必要があります。



STATUSコマンド このコマンドのフォーマットは以下の通りです。

Sxx xxのステータス(値)を返す。

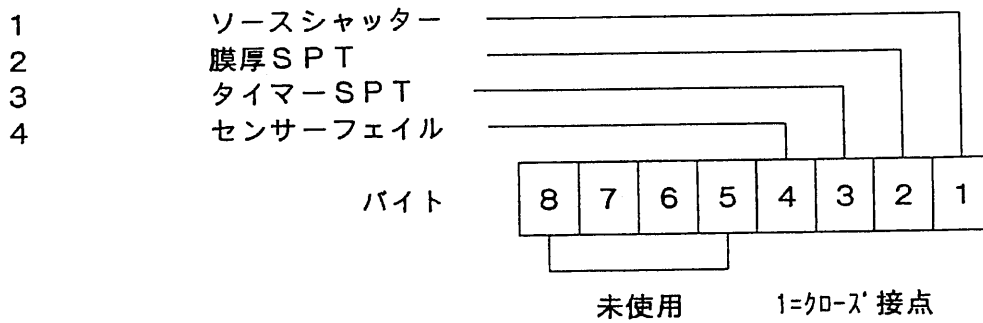
ここで

S は文字S  
 xx は以下に示すリストに従った1ないし2桁のコードです。

S0 レート、膜厚、時間、クリスタルライフ  
 S1 レート  
 S2 膜厚  
 S3 時間  
 S4 フィルム  
 S5 クリスタルライフ(%)  
 S6 アウトプットステータス—0か1の値を持った下記のASCIIバイト  
 情報を返します

S6の応答コード

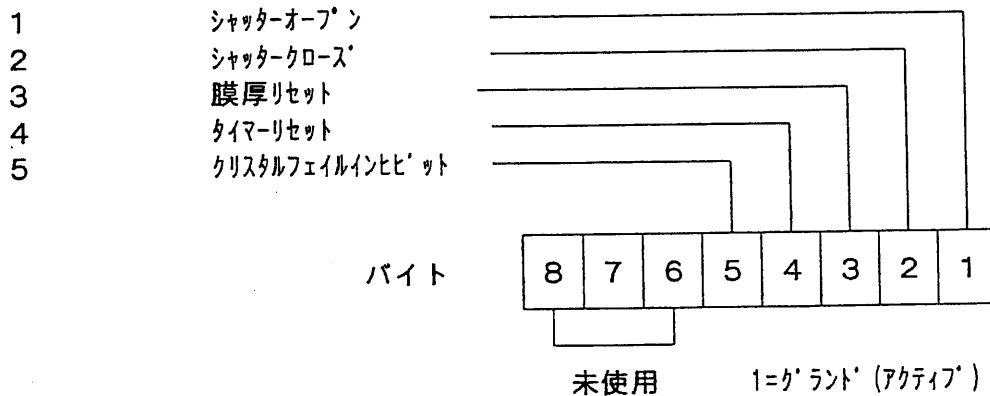
アウトプット# 機能



S7 インプットステータス—0か1の値を持った下記のASCIIバイト  
 情報を返します

S7の応答コード

インプット# 機能



- S 8 現在のクリスタルの発振周波数
- S 9 クリスタルフェイル、1=フェイル、0=正常
- S 1 0 コンフィグレーションスイッチの設定—各スイッチのON/OFF位置に対応した、0あるいは1の値を持った下記の16 ASCIIバイト（1がスイッチ1に対応）を返します。S 1 3参照。

S 1 0の応答

バイト	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
-----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---

(1=スイッチON、セクション2.5.2参照)

S 1 1 パワーアップエラー

S 1 1の応答コード

- 0 パラメータデータのチェックサムエラー。ストアされたパラメータデータが失われたことを示します。
- 1 最後の問い合わせの後にパワースwitchのOFF/ON (STDBY/ON)があった
- 2 入力電源の停止
- 9 プロセスデータチェックサムエラー。ストアされたプロセスデータが失われたことを示します。
- 1 0 エラー無し

参考：1個以上のエラーがある場合には、それらの全てが1文字分のスペースで区切られて出力されます。

STDBY/ONステータスはS 1 1コマンドを送ることで自動的にクリアされますが、その他のエラーは全て強制解除の必要があります。(リモートコマンドによって可能)

- S 1 2 データログ出力、セクション3.8.4参照。データはCRLFではなく1文字分のスペースで分離されています。
- S 1 3 XTM/2のコンフィグレーション。最新のSTBY/ONシーケンスにおけるコンフィグレーションスイッチの設定を示します。S 1 0参照。

REMOTEコマンド REMOTEコマンドのフォーマットは以下の通りです。

R××# ××と#の間に1文字分のスペースが区切りとして必要。

ここで

- R は文字R
- ×× は下記リストに示すリモートコード
- # はいくつかのコマンドに必要となる関連した値を示します。
- R0 シャッターオープン。
- R1 シャッタークローズ。
- R2 フロントパネルからのパラメータの変更のロックを行います。
- R3 フロントパネルからのパラメータ変更ロックの解除をします。
- R4 累積膜厚をゼロにリセットします。
- R5 タイマーをゼロにリセットします。
- R6 アウトプットオーバーライドをONにします。(リレーによる外部コントロールを有効にします。)
- R7 アウトプットオーバーライドをOFFにします。
- R8# (アウトプットオーバーライドがONの場合に) アウトプット#をセットします。(リレー#をクローズする。セクション3.7.1参照)
- R9# (アウトプットオーバーライドがONの場合に) アウトプット#をクリアします。(R8参照)
- R10 パワーアップエラーメッセージをクリアします。(S11コマンド参照)
- R23 250msのデータレディーサービスの要求をセットします。(IEEEのみ)
- R24 250msのデータレディーサービスの要求をクリアします。(IEEEのみ)

### 3. 8. 6 RS-232のプログラム例

```

10 '-----XTM/2 RS232 COMMUNICATIONS PROGRAM WITHOUT CHECKSUM-----
20 '
30 '-----THIS PROGRAM IS DESIGNED TO TRANSMIT INDIVIDUAL COMMANDS TO THE XTM/2
    AND ACCEPT THE APPROPRIATE RESPONSE FROM THE XTM/2, WRITTEN IN GWBASIC 2.32.
40 '
50 OPEN "COM1:9600,N,8,1,CS,DS" AS #1           : '--OPEN COMM PORT 1
60 NAK$ = CHR$(21): ACK$ = CHR$(6)           : '--DEFINE ASCII CODES
70 '
80 INPUT "ENTER COMMAND"; CMD$              : '--ENTER COMMAND TO XTM/2
90 GOSUB 130                                  : '--GOTO TRANSMIT COMMAND
                                                SUBROUTINE.
100 PRINT RESPONSE$                          : '--PRINT XTM/2 RESPONSE
110 GOTO 80                                   : '--LOOP BACK FOR ANOTHER
                                                COMMAND.

120 '
130 '-----TRANSMIT COMMAND AND RECEIVE RESPONSE- SUBROUTINE-----
140 '
150 '-----SEND COMMAND MESSAGE STREAM TO THE XTM/2-----
160 PRINT #1, CMD$ + ACK$;
170 '
180 '-----RECEIVE RESPONSE MESSAAGE FROM THE XTM/2-----
190 RESPONSE$ = ""                           : '--NULL THE RESPONSE
200 TOUT = 3: GOSUB 260                       : ' STRING AND SET TIMER.
210 IF I$ = ACK$ THEN RETURN                 : '--IF THE END OF RESPONSE
220 IF I$ = NAK$ THEN RETURN                 : ' CHARACTER IS RECEIVED
                                                GOTO PRINT RESPONSE.
230 RESPONSE$ = RESPONSE$ + I$               : '--BUILD RESPONSE STRING
240 GOTO 200                                  : ' CHARACTER BY CHARACTER.
250 '
260 '-----READ SERIALY EACH CHARACTER FROM THE INSTRUMENT INTO VARIABLE I$-----
270 ON TIMER (TOUT) GOSUB 300: TIMER ON
280 IF LOC(1) < 1 THEN 280 ELSE TIMER OFF: I$ = INPUT$(1,#1)
290 RETURN
300 TIMER OFF                                 : '--INDICATE IF A CHARACTER
310 RESPONSE$ = "RECEIVE TIMEOUT"           : ' IS NOT RECEIVED WITHIN
320 I$ = NAK$: RETURN 290                    : ' 3 SECS.

```

```

10 '---XTM/2 RS232 COMMUNICATIONS PROGRAM WITH CHECKSUM USING THE INFICON FORMAT--
20 '
30 '-----THIS PROGRAM IS DESIGNED TO TRANSMIT INDIVIDUAL COMMANDS TO THE XTM/2
    AND ACCEPT THE APPROPRIATE RESPONSE FROM THE XTM/2, WRITTEN IN GWBASIC 2.32.
40 '
50 OPEN "COM1:9600,N,8,1,cs,ds" AS #1 :---OPEN COMM PORT 1
60 STXS = CHR$(2) : NAK$ = CHR$(21) : ACK$ = CHR$(6) :---DEFINE ASCII CODES
70 '
80 INPUT "ENTER COMMAND"; CMD$ :---ENTER COMMAND TO XTM/2
90 GOSUB 170 :---GOTO TRANSMIT COMMAND SUBROUTINE
100 IF RESPONSE$ = "RECEIVE TIMEOUT" THEN 140
110 L = LEN(RESPONSE$): L = L-1 :---STRIP OFF THE ACK OR
120 RESPONSE$ = RIGHT$(RESPONSE$,L) :' NAK CHARACTER FROM THE
130 ' :' RESPONSE STRING.
140 PRINT RESPONSE$ :---PRINT XTM/2 RESPONSE
150 GOTO 80 :---LOOP BACK FOR ANOTHER COMMAND.
160 '
170 '----TRANSMIT COMMAND AND RECEIVE RESPONSE SUBROUTINE----
180 '
190 '---BUILD COMMAND MESSAGE STREAM AND SEND TO THE XTM/2--
200 SIZEMS = CHR$(LEN(CMD$) / 256) :---CALCULATE THE 2 BYTE
210 SIZELS = CHR$(LEN(CMD$) MOD 256) :' SIZE OF THE COMMAND.
220 '
230 CHECKSUM = 0 :---INITIALIZE CHECKSUM TO
240 FOR X = 1 TO LEN(CMD$) :' ZERO AND CALCULATE A
250 CHECKSUM = CHECKSUM + ASC(MID$(CMD$,X,1)) :' CHECKSUM ON THE COMMAND
260 NEXT X :' STRING.
270 CHECKSUM$ = CHR$(CHECKSUM AND 255) :---USE LOW ORDER BYTE AS CHECKSUM.
280 '
290 PRINT #1, STXS + SIZEMS + SIZELS + CMD$ + CHECKSUM$
300 '
310 '----RECEIVE RESPONSE MESSAGE FROM THE XTM/2----
320 TOUT = 3: GOSUB 510 :---SET TIMER AND WAIT FOR
330 IF I$ <> SIX$ THEN 290 :' START OF TRANSMISSION CHARACTER.
340 TOUT = 3: GOSUB 510 :---RECEIVE HIGH ORDER BYTE
350 SIZE = 256 * ASC(I$) :' OF TWO BYTE RESPONSE SIZE.
360 TOUT = 3: GOSUB 510 :---RECEIVE LOW ORDER BYTE
370 SIZE = SIZE + ASC(I$) :' OF TWO BYTE RESPONSE SIZE.
380 CHECKSUM = 0 :---SET CHECKSUM TO ZERO
390 RESPONSE$ = "" :' AND NULL THE RESPONSE
400 FOR I = 1 TO SIZE :' STRING.BUILD THE
410 TOUT = 3: GOSUB 510 :' RESPONSE STRING AND
420 RESPONSE$ = RESPONSE$ + I$ :' CALCULATE THE CHECKSUM
430 CHECKSUM = CHECKSUM + ASC(I$) :' CHARACTER BY CHARACTER.
440 NEXT I
450 TOUT = 3: GOSUB 510 :---RECEIVE THE CHECKSUM
460 N = ASC(I$) :' CHARACTER AND COMPARE
470 Z = (CHECKSUM AND 255) :' IT TO THE LOW ORDER
480 IF N <> Z THEN PRINT "RESPONSE CHECKSUM ERROR" :' BYTE OF THE CALCULATED
490 RETURN :' CHECKSUM.
500 '
510 '----READ SERIALY EACH CHARACTER FROM THE INSTRUMENT INTO VARIABLE I$----
520 ON TIMER (TOUT) GOSUB 550: TIMER ON
530 IF LOC(1) < 1 THEN 530 ELSE TIMER OFF: I$ = INPUT$(1,#1)
540 RETURN
550 TIMER OFF :---INDICATE IF A CHARACTER
560 RESPONSE$ ="RECEIVE TIMEOUT": RETURN 570 :' IS NOT RECEIVED WITHIN
570 RETURN 490 :' 3 SECS.

```

### 3. 8. 7 SEMI II のプログラム例

```

10 'XTM/2 RS232 COMMUNICATIONS PROGRAM USING THE SECS FORMAT
20 '—THIS PROGRAM IS DESIGNED TO TRANSMIT—
30 '—INDIVIDUAL COMMANDS TO THE XTM/2—
40 CLS
50 '
60 '
70 OPEN "COM1:2400,N,8,1,CS,DS" FOR RANDOM AS #1
80 EOTS = CHR$(4): ENQ$ = CHR$(5): ACK$ = CHR$(6): NAK$ = CHR$(21)
90 TOUT = 3
100 C = 0:CHECKSUM = 0: CHEKSUMMS = CHR$(0): CHEKSUMLS = CHR$(0)
110 INPUT "ENTER COMMAND"; CMD$
120 CMDLEN = LEN(CMD$):          ' CALCULATE THE COMMAND LENGTH
130 '
140 '—ADD THE TWO BYTE PREAMBLE TO THE COMMAND—
150 PRES = CHR$(65) + CHR$(CMDLEN)
160 CMD$ = PRES + CMD$
170 CMDLEN = CMDLEN + 2
180 '
190 '—BUILD LENGTH BYTE, HEADER, TEXT, AND CHECKSUM BLOCK—
200 '
210 '—BUILD HEADER—
220 DID = 257:                  DEVICE ID
230 'RBIT = 0,                  ':' MESSAGE DIRECTION IS FROM HOST TO DEVICE
240 '
250 '—DETERMINE THE STREAM AND FUNCTION CODES—
260 '
270 STREAMS = CHR$(64):        ' USER DEFINED STREAM CODE
280 FUNCTIONS = CHR$(65):     ' USER DEFINED FUNCTION CODE
290 '
300 '
310 WBITS = CHR$(128):         ' RESPONSE FROM XTM/2 REQUIRED
320 STREAMS = CHR$(ASC(WBITS) + ASC(STREAMS))
330 '
340 '—ENTER THE BLOCK BYTES—
350 '
360 BYTE5$ = CHR$(128):        ' LAST BLOCK IN THE SERIES
370 BYTE6$ = CHR$(1):         ' ONLY BLOCK IN THE SERIES
380 '
390 '—ENTER THE SYSTEM BYTES—
400 '
410 BYTE7$ = CHR$(0): BYTE8$ = CHR$(0): BYTE9$ = CHR$(0): BYTE10$ = CHR$(1)
420 '
430 '—CALCULATE THE LENGTH BYTE—
440 LTHBYT = CMDLEN + 10: LTHBYT$ = CHR$(LTHBYT)
450 '
460 '—CALCULATE THE CHECKSUM—
470 FOR X = 1 TO CMDLEN
480 CHECKSUM = CHECKSUM + ASC(MID$(CMD$, X, 1))
490 NEXT X
500 BYTE1$ = CHR$(DID / 256)
510 BYTE2$ = CHR$(DID MOD 256)
520 CHECKSUM = ASC(BYTE1$) + ASC(BYTE2$) + ASC(STREAMS) + ASC(FUNCTIONS) + ASC(BYTE5$) + ASC(BYTE6$)
      + ASC(BYTE7$) + ASC(BYTE8$) + ASC(BYTE9$) + ASC(BYTE10$) + CHECKSUM
530 CHEKSUMMS = CHR$(FIX(CHECKSUM / 256))
540 CHEKSUMLS = CHR$(CHECKSUM MOD 256)
550 '—HOST BID FOR LINE / DEVICE BID FOR LINE—
560 '

```

```

570 PRINT #1, ENQ$;
580 I$ = "": RESPONSES = ""
590 C = C + 1
600 ON TIMER(TOUT) GOSUB 1000: TIMER ON
610 IF LOC(1) < 1 THEN 610 ELSE TIMER OFF: I$ = INPUT$(1, #1)
620 IF C = 3 THEN 660
630 IF I$ = ACK$ THEN GOTO 580
640 IF I$ = NAK$ THEN RESPONSES = "COMMAND NOT ACKNOWLEDGED": GOTO 1010
650 IF I$ = EOT$ THEN 690 ELSE REPOSNS$ = "DEVICE NOT ACKNOWLEDGED": GOTO 1010
660 IF I$ = ENQ$ THEN 790 ELSE RESPONSE$ = "DEVICE DID NOT BID FOR LINE": GOTO 1010
670 '
680 '
690 '—SEND COMMAND TO XIM/2—
700 '
710 '
720 HEADERS$ = BYTE1$ + BYTE2$ + STREAMS + FUNCTIONS + BYTES$ + BYTE6$ + BYTE7$ + BYTE8$ + BYTE9$ + BYTE10$
730 PRINT #1, LITBYT$, HEADERS$, CMD$, CHEKSUM$, CHEKSUML$;
740 GOTO 580
750 '
760 '
770 '—WAIT FOR DATA FROM XIM/2—
780 '
790 '—FIND SIZE OF RESPONSE—
800 '
810 PRINT #1, EOT$;
820 I$ = ""
830 ON TIMER(TOUT) GOSUB 1000: TIMER ON
840 IF LOC(1) < 1 THEN 840 ELSE TIMER OFF: I$ = INPUT$(1, #1)
850 S = ASC(I$): L = S - 13
860 S = S + 2
870 '
880 '—RECEIVE RESPONSE TO COMMAND—
890 '
900 I$ = "": RESPONSE$ = ""
910 FOR R = 1 TO S
920 ON TIMER(TOUT) GOSUB 1000: TIMER ON
930 IF LOC(1) < 1 THEN 930 ELSE TIMER OFF: I$ = INPUT$(1, #1)
940 RESPONSE$ = RESPONSE$ + I$
950 NEXT R
960 PRINT #1, ACK$;
970 RESPONSE$ = MID$(RESPONSE$, 13, L)
980 '
990 GOTO 1010
1000 TIMER OFF: RESPONSE$ = "RECEIVE TIMEOUT"
1010 PRINT RESPONSE$
1020 '
1030 GOTO 90

```

### 3. 8. 8 IEEE-488のプログラム例

```

10 '-----XTM/2 GPIB COMMUNICATIONS PROGRAM-----
20 '-----THIS PROGRAM IS DESIGNED TO TRANSMIT INDIVIDUAL COMMANDS TO THE XTM/2
    AND ACCEPT THE APPROPRIATE RESPONSE FROM THE XTM/2, WRITTEN IN GWBASIC 2.32.
30 '
40 '----THE NEXT 5 LINES DEFINE THE IEEE DRIVERS USED AND ARE SPECIFIC TO THE
    PARTICULAR IEEE BOARD IN YOUR COMPUTER AND THE LANGUAGE USED-----
50 '
60 CLEAR ,55000! : IBINIT1 = 55000! : IBINIT2 = IBINIT1 + 3
70 BLOAD "bib.m",IBINIT1
80 CALL IBINIT1(IBFIND,IBTRG,IBCLR,IBPCT,IBSIC,IBLOC,IBPPC,IBBNA,IBONL,IBRSC,
    IBSRE,IBRSV,IBPAD,IBSAD,IBIST,IBDMA,IBEOS,IBTMO,IBEOT,IBRDF,IBWRTF)
90 CALL IBINIT2(IBGTS,IBCAC,IBWAIT,IBPOKE,IBWRT,IBWRTA,IBCMD,IBCMDA,IBRD,IBRDA,
    IBSTOP,IBRPP,IBRSP,IBDLG,IBXTRC,IBRDI,IBWRTI,IBRDIA,IBWRTIA,IBSTA%,IBERR%,IBCNT%)
100 '
110 GPIB$="GPIB0" :CALL IBFIND(GPIB$,GPIB%)          '--OPEN BOARD FOR COMM
120 CALL IBSIC(GPIB%)                               '--SEND INTERFACE CLEAR
130 XTC2$="XTC2" : CALL IBFIND(XTC2$,XTC2%)         '--OPEN DEVICE 0
140 V% = &HA                                       '--SET THE END OF STRING
150 CALL IBEOS(GPIB%,V%)                            ' BYTE TO LINE FEED
160 V%=1 : CALL IBEOT(XTC2%,V%)                    '--ASSERT EOI ON WRITE
170 V%=12 : CALL IBTMO(XTC2%,V%)                   '--SET THREE SEC TIMEOUT
180 INPUT "ENTER COMMAND";COMMAND$                '--ENTER COMMAND TO XTM/2
190 CALL IBCLR(XTC2%)                               '--CLEAR THE XTM/2 COMM
200 GOSUB 240                                       '--GOTO TRANSMIT COMMAND
                                                    SUBROUTINE.
210 PRINT IS                                       '--PRINT XTM/2 RESPONSE
220 GOTO 180                                       '--LOOP BACK FOR ANOTHER COMMAND.
230 '
240 '----TRANSMIT COMMAND & RECEIVE RESPONSE SUBROUTINE----
250 '
260 '----SEND COMMAND MESSAGE STREAM TO THE XTM/2----
270 COMMAND$ = COMMAND$ + CHR$(&HA)
280 CALL IBWRT(XTC2%,COMMAND$)
290 '
300 '----RECEIVE RESPONSE MESSAGE FROM THE XTM/2----
310 '
320 IS=SPACES(40) : CALL IBRD(XTC2%,IS)
330 IF (IBSTA% AND &H4000) THEN 340 ELSE 350      '--INDICATE IF A RESPONSE
340 PRINT "RECEIVE TIMEOUT": GOTO 180             ' IS NOT RECEIVED WITHIN
350 RETURN                                         ' 3 SECS.

```

To implement serial polling of the Message Available (MAV) bit the following lines may be added to the IEEE488 program listed above.

```

285 CALL IBRSP (XTC2%,SPR%)
287 B = SPR% / 16: B = INT(B)
289 IF B = 1 THEN 290 ELSE 285

```



X T M / 2 にコマンドを送信後にステータスバイトがポーリングされます。コマンドに対する応答は M A V ビットがセットされた後にのみ得られます。(  $2^4 = 16$  )

サービスビットの要求のシリアルポーリングを行うには、R Q S ビットがセットされているかどうかをテストするだけで済みます。

例 :

```
(シリアルポーリング)  CALL IBRSP(XTC2%, SPR%)  
                        B=SPR%/64:B=INT(B)  
                        IF B=1 THEN(continue prog)ELSE(serial poll)
```

R Q S ビットがセットされている場合には、ステータスバイトの最初の 4 ビット (  $2^0$  から  $2^3$  ) を読んで何のイベントがサービスリクエストを生じさせたのかを決定するようにプログラムすることが出来ます。これが判ることによって適切な処置が可能になります。

## セクション4

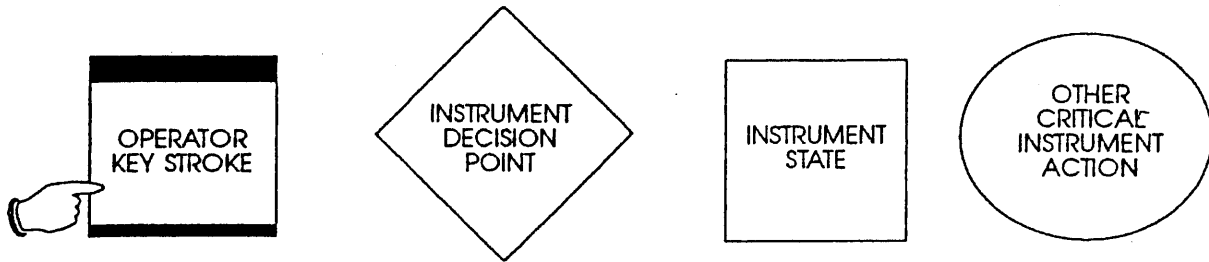
### プログラミングと操作の詳細

4. 0	プログラミングと操作の詳細	4-1
4. 1	ステートシーケンスダイアグラム	4-1
4. 2	ステートの説明	4-3
4. 3	パラメータの許容範囲	4-4
4. 4	クリスタルフェイル	4-5
4. 5	クリスタルフェイルインヒビット	4-6
4. 6	クリスタルライフと初期周波数	4-20

#### 4.0 プログラミングと操作の詳細

##### 4.1 ステートシーケンスダイアグラム

X TM / 2 の操作フローを下の線図に示します。測定ループ (measurement loop) と表示ループ (display loop) の2つのループが有ります。この2つのループは独立に働きます。以下に示すシンボルがフローチャート中に使用されています。



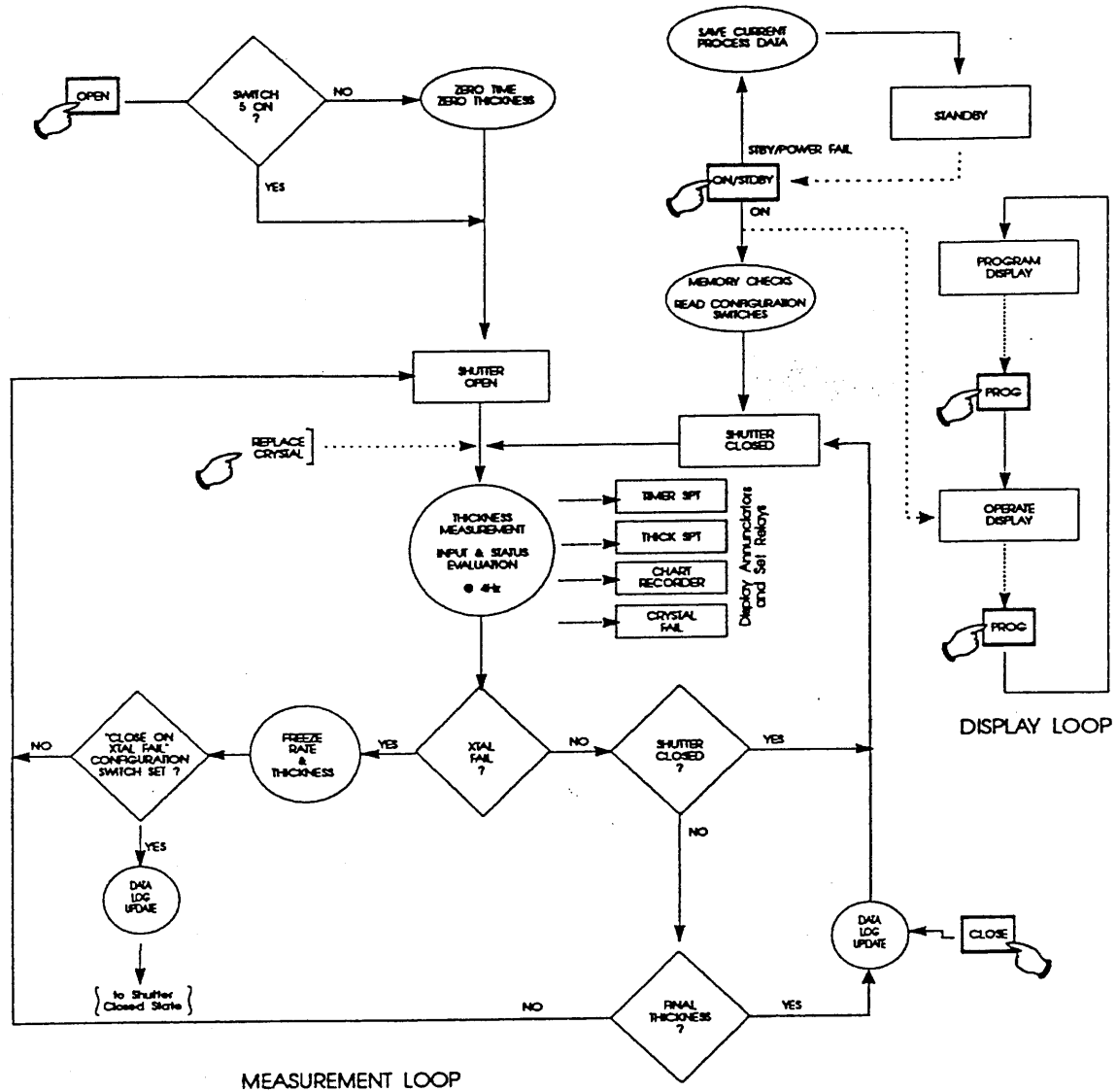


図4.1 XTM/2のステートシーケンスダイアグラム

参考：このダイアグラムは概率的には正確なものですが起こり得る全ての事象をカバーする情報が含まれているかという点においては完全なものではありません。あくまでも、操作の全体像を概観する目的で作られた物です。

#### 4. 2 ステートの説明

X T M / 2を膜厚/レートモニタとして使用するにはフィルムパラメータをプログラムすることが必要です。(セクション2. 6参照) フィルムシーケンスはOPENコマンドによって開始され、FINAL THICKNESSに達するかあるいはCLOSEスイッチが押されると終了します。表示されるRATEおよびTHICKNESSはプログラムされるパラメータの値によって変わり、また使用される単位はコンフィグレーションスイッチによって設定されます。セクション2. 5. 2参照。

セクション4. 1のステートダイアグラムを見ると、基本となるマシンステートはSHUTTER OPENとSHUTTER CLOSEの2つであることが判ります。パワーON時には一連のメモリーチェックが行われた後に、自動的にSHUTTER CLOSEのステートになります。各種の異常状態がERR#メッセージによって示されます。セクション6. 2. 1および6. 2. 2を参照して下さい。図4. 1中に人差指で指された操作は手動によるキー操作、あるいはそれと同等の対応する外部入力や通信コマンドです。

表4. 1 ステートの説明

ステート	状態	ソースシャッターの開閉状態
1. SHUTTER CLOSE	OPENコマンドを受け付ける状態	開
2. SHUTTER OPEN	CLOSEコマンドを受け付ける状態	閉

表示モードにはオペレートモードとプログラムモードの2種類があります。PROGスイッチを押すことによっていつでもこの2つのモード間の切り換えが出来ます。

9つのセットアップに情報を蓄え呼び出すことが出来ます。特定のセットアップを選ぶには、カーソルをFILMパラメータの所へ移動させ、1-9のどれかを押します。Film0はテストモードに使用するために予めプログラムされています。セクション3. 6参照。

#### 4.3 パラメータの許容範囲

パラメータの取り得る範囲を以下にリストアップします。2つの膜厚（質量）パラメータはコンピュータ通信インターフェイスによってより広い範囲の値にセットすることもできます。範囲を越える値が入力されると”ERR1”というメッセージが表示されます。（セクション6.2.2参照）表示単位のコンフィグレーションスイッチが変更されると（セクション2.5.2参照）FINAL THICKNESSおよびSPT THICKNESSの値は自動的にセッティングを保護するように新しい単位に計算し直されます。計算し直された値が許容範囲を越えると”ERR3”が表示されます。

表. 4.2 パラメータの許容範囲

パラメータ	許容範囲	単位
FILM	1-9, テストモードでは0	—
DENSITY	0.500-99.99	gm/cc
Z-RATIO	0.1-9.999	—
TOOLING	10-500	%
FINAL THICKNESS	0.000-999.9*	KÅ/μgm/mgm
SPT THICKNESS	0.000-999.9*	KÅ/μgm/mgm
SPT TIMER	00:00-99:59	MIN:SEC

\*入力はこの範囲で可能ですが、実際に6MHzのクリスタルに付着可能な質量は約16mgです。

#### 4. 4 クリスタルフェイル

Mode Lock測定システムがモニタ水晶を有効にドライブ出来なくなると、周波数をスイープして発振点を探す動作が実行されます。この動作は最長5秒に至るまで何回も実行されますが、この動作でも発振が復帰できない場合にはX T A L F A I Lのメッセージが表示され、フェイルになる前の最後のレートと膜厚の値が、クリスタルが交換されるか正常に復帰されるまでの間、スクリーン上に保存されます。

温度が下がった場合や、十分に時間が経過した後や、あるいは蒸着によって生じたストレスが自然に解放された場合などにはクリスタルの発振が自然に復帰する場合があります。X T A L F A I Lメッセージが表示された場合でも測定システムはクリスタルの基本発振モードの周波数を捜し続けています。クリスタルの発振が復帰したりクリスタルが交換された場合にはこのメッセージが消えます。

クリスタルフェイルに関してはセクション6. 3. 2に記述があります。また、Mode Lockオシレーターに関してはセクション5. 5. 5および5. 5. 6に詳しく説明されています。

#### 4. 5 クリスタルフェイルインヒビット

多くのコーティング装置ではクリスタルフェイルのリレー出力は重要な信号として受け取られ、システム全体の運転を止めてしまいます。このために、通常のクリスタル交換に際しても問題を生じることになります。クリスタルフェイルインヒビット入力を用いるとこの問題を解決できます。(セクション2. 5. 4参照) この入力端子がONにされている間はクリスタルフェイルになってもクリスタルフェイルリレーはクローズになりません。フロントパネルのメッセージも通常通り表示されます。従ってプロセスを中断する事なくクリスタルを交換したり正常動作を確認する事が可能です。

#### 4.6 クリスタルライフと初期周波数

クリスタルライフは回路的に許容された1 MHzの周波数シフトに対する割合で表示されます。この数値は蒸着中のクリスタルの発振停止を防止するためにクリスタルを交換する時期の目安として有用です。クリスタルライフがある値(%)になったら交換を行うのが通常の使用方法です。

通常はクリスタルを100%まで使用することは不可能といえます。実際のクリスタルライフは蒸着物質の種類とその物質がクリスタルに与える影響に大きく依存します。銅のような”素性の良い”物質でも100%のクリスタルライフにおいては共振の質Qはシャープな共振を維持するのが困難なほど低下しており、従ってクリスタルの周波数を測定する能力も悪化します。

誘電体や光学薄膜の蒸着においては金やアルミニウムや銀の(電極の)クリスタルはライフが短いといえます。(10から20%程度)これは、水晶と誘電体膜の界面における固有のあるいは熱的なストレスがフィルムの機械的強度の弱さによってより悪く作用するからです。このような物質に関しては水晶のQはクリスタルフェイルにはほとんど無縁です。

新品のクリスタルでは、クリスタルの製造プロセスの変動によって0から5%の間のライフ表示になるのが正常です。5%ライフの表示の新品のクリスタルは1%ライフ表示のクリスタルよりも寿命が短いのは? という疑問が occurs。

5%のライフ表示のクリスタルは、水晶板自体が通常よりやや厚いか(機械的強度が大きい)、あるいは金電極がやや厚いか(熱的、電気的特性に優れる)の何れかであるといえます。どちらの場合においても蒸着における寿命には影響がありません。このことを実証するための実験結果では、3から5%ライフを示すクリスタルは0から2%ライフ表示のクリスタルに比べて寿命に変わりはない事が示されています。

結局、クリスタルの絶対ライフ(%)ではなく、ライフの変化量(%)を考えることが重要であるということになります。



## セクション5

### 校正と測定

5. 0	校正と測定	5-1
5. 1	DENSITY、TOOLING、Z-RATIOの役割	5-1
5. 2	DENSITYの決め方	5-2
5. 3	TOOLINGの決め方	5-3
5. 4	Z-RATIOの実験による決め方	5-4
5. 5	測定原理	5-6
5. 5. 1	基礎理論	5-6
5. 5. 2	モニタ水晶	5-7
5. 5. 3	周期測定技術	5-10
5. 5. 4	Z-MATCH方式	5-11
5. 5. 5	アクティブ・オシレータ	5-12
5. 5. 6	Mode Lockオシレータ	5-15
5. 6	DENSITYとZ-RATIOの数値表	5-17

## 5.0 校正と測定

### 5.1 DENSITY, TOOLING, Z-RATIOの役割

水晶マイクロバランスでは、振動している水晶センサーの表面に加わった質量を高精度に測定することができます。この加わった質量の密度 (DENSITY) を (フィルムのDensityパラメータとして入力されることによって)  $XTM/2$  が知れば、質量から膜厚への変換ができます。高い精度が必要とされるいくつかの場合には、セクション5.2に書かれた方法によって密度の校正を行うことが必要です。

蒸発源からの蒸気の流れは一様ではないので、基板とセンサー上では物質蒸気の流れ込む量が異なることを勘定に入れる必要があります。このファクターはTOOLINGパラメータとして勘定に組み込まれます。TOOLINGファクターはセクション5.3のガイドラインにしたがって実験的に決定して下さい。

Z-RATIOは周波数変化から膜厚への変換の式において、水晶と蒸着物質との音響インピーダンスの不整合を補正するパラメータです。

## 5.2 DENSITYの決め方

参考：DENSITYとZ-RATIOの数値表に示されたバルク密度の数値はほとんどの用途に充分正確な値として使用できます。

以下の説明にしたがってDENSITYの値を決めて下さい。

1. (膜厚測定のためのマスキングを施した) 基板を、基板上とクリスタル上の膜厚が等しくなるようにセンサーのすぐ側にセットします。
2. DENSITYの値を蒸着する物質のバルク密度の値あるいはその近似値にします。
3. Z-RATIOを1.000に、TOOLINGを100%にします。
4. センサーに新しい水晶をセットして短時間の蒸着(1000-5000Å)を行います。
5. 蒸着が終了したらテスト基板を取り外して干渉式膜厚計と表面形状計の両方で膜厚を測定します。
6. 以下の式で新しいDENSITYの値を決定します。

$$\text{DENSITY (gm/cm}^3\text{)} = D_1 \frac{T_x}{T_M}$$

ただし

$D_1$  = 最初にセットしたDENSITYの値

$T_x$  = ディスプレイ上の膜厚の値

$T_M$  = 測定した膜厚

7. 新しいDENSITYの値をプログラムして表示された膜厚が測定して求めた膜厚に等しくなるかどうかで上記の計算値を簡単にチェックできます。ただし、デポジション後に膜厚をゼロリセットしてしまうと、このチェックはできません。

参考： $T_x = T_M$ になるにはDENSITYを多少調節する必要があります。

### 5. 3 TOOLINGの決め方

1. システムの基板ホルダーにテスト用の基板をセットします。
2. 短時間の蒸着を行って実際の膜厚を求めて下さい。
3. 以下の関係からTOOLINGを計算します。

$$\text{TOOLING (\%)} = \text{TF}_1 \times \frac{T_M}{T_X}$$

ただし、

$T_M$  = 基板ホルダーの位置での実際膜厚

$T_X$  = ディスプレイ上の膜厚の読み

$\text{TF}_1$  = 最初にセットしたTOOLINGの値

4. TOOLINGの値を0.1%の桁に丸めます。
5. この新しいTOOLINGの値をプログラムに入力すれば、計算が間違っていない限り $T_M$ の値は $T_X$ に等しくなります。

参考：TOOLINGを決める際には最低3回の蒸着のデータから計算をしてください。蒸発源の分布などのシステムの条件の変動によって膜厚は毎回多少変動します。何回かの蒸着の平均値を最終的にTOOLINGファクターとして下さい。

#### 5.4 Z-RATIOの実験による決め方

よく使用される物質のZ-RATIOの値のリストが、セクション5.6のDENSITYとZ-RATIOの一覧表に示されています。その他の物質に関しては、Zの値は以下の式によって計算されます。

$$\begin{aligned} Z &= (d_s \mu_s / d_f \mu_f)^{1/2} \\ &= 9.378 \times 10^5 (d_s \mu_s)^{-1/2} \end{aligned}$$

ただし、

$$\begin{aligned} d_s &= \text{蒸着膜の密度 (g/cm}^3\text{)} \\ \mu_s &= \text{蒸着膜の弾性定数 (dyne/cm}^2\text{)} \\ d_f &= \text{水晶の密度 (2.649g/cm}^3\text{)} \\ \mu_f &= \text{水晶の弾性定数 (3.32} \times 10^{11} \text{ dyne/cm}^2\text{)} \end{aligned}$$

たくさんの物質の密度や弾性定数が多くのハンドブック等に掲載されています。

実験結果によれば多くの物質の薄膜のZの値はバルクでの値に非常に近いと云うことが分かっています。しかし、高い歪を生じる物質では薄膜のZの値はバルクにおける値よりも若干小さい値になります。精密な校正が必要とされるような用途では以下のように直接Z-RATIOを求める方法もあります。

1. 校正されたDENSITYの値と100%TOOLINGを用いて、CRYSTAL LIFEの表示が約50%になるか、あるいは50%まで水晶がもたないような特定の物質では水晶の発振が停止するぎりぎりまでデポジションを行います。
2. 新しい基板をセンサーの隣において短時間のデポジション(1000-5000Å)を行います。
3. 基板上的実際の膜厚を求めます。(DENSITYの決め方の項に記した方法で)
4. ユニットのZ-RATIOの値を表示膜厚が実際に測定した膜厚に等しくなるようにZ-RATIOの値を調節します。

多層膜のデポジション（例えば2層の）では、2層目のZ-RATIOは2つの層の相対的な膜厚によって決定します。ほとんどの応用では以下の3つの規則によって決定すれば十分な精度が得られます。

1層目の膜厚が2層目よりも大きい場合には、両方の層に1層目のZ-RATIOを使用する。

1層目の膜厚が2層目よりも小さい場合には、両方の層に2層目のZ-RATIOを使用する。

両層の膜厚がほぼ等しい場合には、2層目以下には1層目と2層目のZ-RATIOの加重平均を使用する。

## 5.5 測定理論

### 5.5.1 基礎理論

水晶式デポジションモニタ（以下QCMと呼ぶ—Quartz Crystal deposition Monitorの略）は水晶の圧電効果を利用して付着した質量を検出するものです。QCMではこの質量の検出能力を用いて真空中のデポジションにおけるレートや膜厚のコントロールを行います。所定の形に作られた圧電水晶の両面間に電圧を掛けると水晶は歪んで、掛けられた電圧に比例する量だけ変形します。水晶に掛ける電圧を交流にすると、跳び跳びのいくつかの特定の周波数において非常にシャープな共振をするようになります。共振している水晶の表面に、ある質量が加わると共振周波数が小さくなります。この周波数変化は非常に再現性が良く、現在では水晶の固有振動モードとして詳しく研究されています。この容易に理解の可能な現象は、1原子層以下の物質の付着をも容易に検出でき、プロセスの測定とコントロールに欠くことのできない手段の基礎となっているものです。

1950年代の終わり頃にSauebrey<sup>1,2</sup>とLostis<sup>3</sup>は、膜の付いた後の水晶と付く前の水晶の共振周波数、それぞれ $F_c$ と $F_q$ 、の変化 $\Delta F = F_q - F_c$ が付け加わった物質の質量 $M_f$ の変化に次のように関係していることを示しました。

$$\frac{M_f}{M_q} = \frac{\Delta F}{F_q} \quad \text{Eqn. 1}$$

ここで $M_q$ は膜の付く前の水晶の質量です。簡単な代入計算により初期の”周波数測定方式”のモニタに使われていた次の式が得られます。

$$T_f = \frac{K \Delta F}{d_f} \quad \text{Eqn. 2}$$

ここで膜厚 $T_f$ は（ $K$ を比例定数として）周波数変化 $\Delta F$ に比例し、膜の密度 $d_f$ に反比例していることが分かります。定数  $K = N_{at} dq / F_q^2$  と表され、 $dq = 2.649 \text{ gm/cm}^3$  は単結晶の水晶の密度であり、 $N_{at} = 166100 \text{ Hz cm}$  はATカット水晶の周波数定数です。始めの周波数が6.0MHzの水晶はアルミニウム（密度 $2.77 \text{ gm/cm}^3$ ）の膜1オングストロームが表面に付着することによって、2.27Hzだけ周波数が下がることとなります。この様に、周波数シフトを精密に計測すれば付着した膜厚の推定が可能となります。すなわち、この現象を数量的に押さえたことによって、従来は不可能であった真空システム中で基板にどの位の物質がデポジションされたかを決定する事ができるようになったわけです。

### 5.5.2 モニタ水晶

どんなに高度な電子回路を使用しようとも、デポジションモニタにとって最も重要なデバイスは水晶です。図5.1に示す水晶振動子は図5.2に示すような共振周波数スペクトルを示します。縦軸はその周波数における振動の強度あるいは水晶に流れる電流を表します。

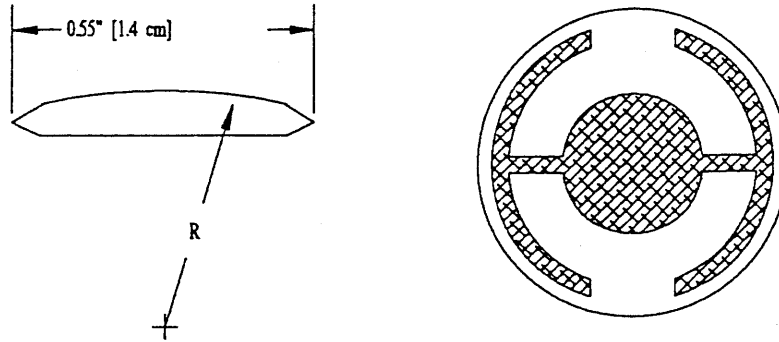


図5.1 水晶振動子

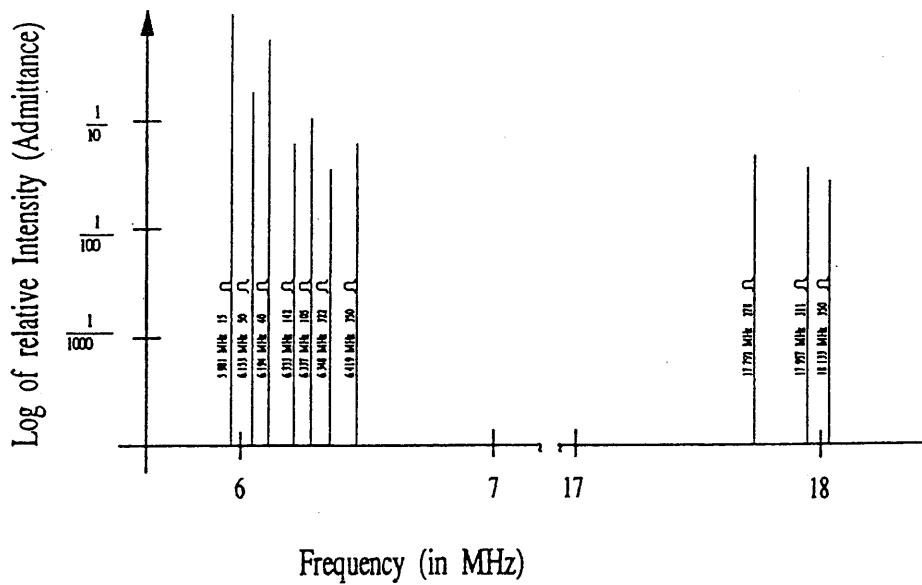


図5.2 周波数応答スペクトル



最も低い共振周波数は、“厚みすべり”振動モードによるもので、基本振動と呼ばれています。厚みすべり振動の特徴は水晶の変位が水晶の主面に対して平行に生じることです。言い替えれば、図5.3に示すように水晶の両面が振動の腹になることです。基本振動よりも幾らか周波数の高い幾つかの共振点是非調和振動と呼ばれ、厚みすべり振動と厚みねじれ振動の組合わさった振動モードです。基本振動の約3倍の周波数を持った共振点は3次高調波と呼ばれます。この高調波に関しても幾分高目の周波数を持った非調和振動が存在します。

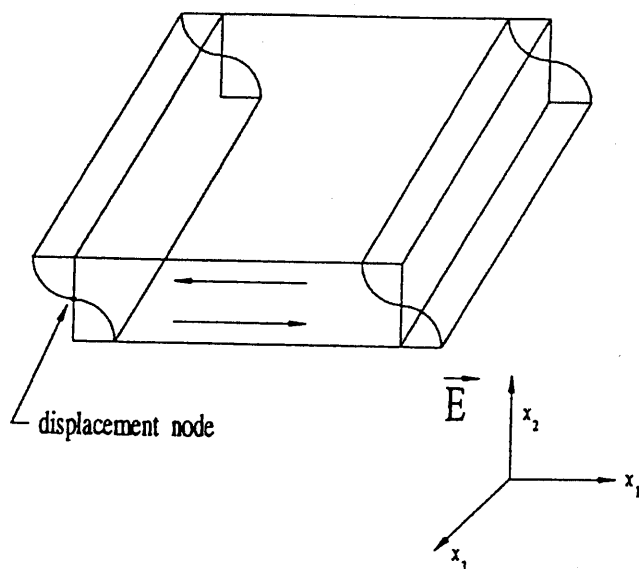


図5.3 厚みすべり振動

最初に使用された、四角形で、全面に電極の付けられた、両面の平行な水晶振動子から、幾つかの大きな改良が施された結果として、現在の水晶は図5.1に示された様なデザインとなっています。最初の改良は円形の水晶体の使用でした。対称性を良くした事で許される振動モードの数が制限されました。2番目の改良は片側の面を凸面にして励起電極の大きさを小さくした事です。これらの改良は音波のエネルギーを閉じ込める効果をもたらしました。電極の直径を小さくした事により振動する領域を中央部に限定したのです。凸面を持った水晶は音波が水晶の端に達する前にそのエネルギーを消散させてしまいます。エネル

ギーは中心に向かって跳ね返ってこないで、他の新しく発生した音波と干渉することがなく、小さな水晶があたかも無限の広がりを持つように見えます。水晶の振動が中心付近に限定されているために、外側の端をホルダーに固定しても不都合な影響が出ないのです。凸面を持った水晶のデザインは、一般的に望ましくない非調和振動の強度を下げ、水晶が望ましくない共振をする可能性をかなり下げることができます。中間ボンディング層は電極の水晶表面への接着強度を改善し、膜のストレスが増して電極と水晶間に微少な剥がれが起こって生じる”レートスパイク”を少なくしました。こういった剥がれが起こると、蒸着膜のある部分は固定されてないで振動をしないまま残るのです。この様な部分の質量は検出されず、結果として間違った膜厚が得られます。

”ATカット”と呼ばれる水晶振動子が通常デポジションモニター用に使用されます。これは、室温近くでの周波数の温度依存性が非常に小さいように作れるためです。現時点では水晶上に質量が付け加わった事による周波数変化（マイナスの変化）を、温度変化に伴う周波数変化（プラスの変化とマイナスの変化の両方があります）や、あるいは水晶内部の温度勾配や膜の付くことによって生じたストレスによる周波数変化等から区別する手段はありませんので、これらの温度によって生じる変化を最小にすることが重要です。質量の微少な変化を正確に測定するにはこの様な方法によるほか有りません。

### 5.5.3 周期測定方式

Eqn. 2を使用する機器は非常に有用ではありますが、 $\Delta F$ が $0.02F_q$ 以下の非常にせまい範囲でしか正確でないことがすぐに分かりました。1961年にBehrndt<sup>4</sup>は以下の式を提唱しました。

$$M = \frac{(T_c - T_q)}{T_q} = \frac{\Delta F}{F_c} \quad \text{Eqn. 3}$$

ここで、 $T_c$ 、 $T_q$ はそれぞれ膜の付いた水晶と付いていない水晶の振動周期です。周期測定方式はデジタルによる時間測定技術の副産物であり、結局水晶の厚み $l_q$ と振動周期 $T_q = 1/F_q$ の間の比例関係を数学的に厳密に表した式であるといえます。電気回路的には周期測定方式ではデポジションの影響を受けず、通常モニタ用水晶よりも高い周波数で共振するもう一つの水晶振動子—リファレンス水晶振動子—を使用します。このリファレンス用水晶振動子はモニタ用水晶の振動周期を求めるための正確な微小時間間隔を作り出すために使われます。これは2つのパルスカウンタを使用して行われます。一つ目のカウンタはモニタ水晶の振動の数を決まった回数 $m$ までカウントするために用いられます。2つめのカウンタは1つめと同時にカウントを開始し、1つめのカウンタが $m$ になるまでの間リファレンス水晶の振動の数をカウントします。リファレンス水晶振動子の周波数は安定でかつ周波数が分かっているので、 $m$ 回のカウントに要する時間は $\pm 2/F_r$ の精度で求められます。ここで $F_r$ はリファレンス水晶の周波数です。モニタ用水晶の周期は $(n/F_r)/m$ と表されます。ここで $n$ は2番目のカウンタのカウント数です。測定の精度はリファレンスクロックのスピードとゲート時間 ( $m$ に固定されている) によって決まります。これらのどちらかあるいは両者を増加させることによって測定精度を改善することができます。

すばやい測定、小さなデポジションレートの測定、あるいは低密度の物質の測定のためには高い周波数のリファレンス振動子が重要です。なぜなら短いゲート時間で測定ができるからです。これらの測定のためには小さな質量変化によって引き起こされる周波数変化を見分けるために高い精度の時間測定が必要とされるからです。モニタ水晶の周波数変化が、測定精度と同程度のオーダーまで小さい場合には質の良いレートコントロールは望めません。測定の不確かさによってコントロールループには余計にノイズが乗り、時定数を長く取る以外にはこのノイズは避けることができません。時定数を長くするとレートのずれに対する補正動作が非常に遅くなり、設定レートに対して比較的長い周期の変動が生じてしまいます。こういった変動は単純な膜付けでは問題にならない場合もありますが、光学フィルターや非常に薄い超格子の低レートでの成膜などのクリティカルな応用においては受け入れ難いエラーを引き起こします。多くの場合においてこれらの薄膜の望ましい特性は、層毎の再現性が1から2%を越えると失われてしまいます。結局、リファレンス振動子の実質上の安定性と周波数が従来の測定器の測定精度を決めているのです。

#### 5.5.4 Z-MATCH方式

共振状態の水晶と蒸着膜の系を一次元の連続音響共振体として厳密に扱ったMillerとBolef<sup>5</sup>の基礎的研究を基に、LuとLewis<sup>6</sup>は1972年に単純化したZ-match<sup>TM</sup>方程式を考案しました。その当時、エレクトロニクスの進歩が時を同じくして起こり、マイクロプロセッサによってZ-match方程式をリアルタイムに解く事が可能になりました。今日販売されているほとんどのデポジションプロセスコントローラは、以下に示すような、共振する水晶と膜の複合系の音響特性を考慮した優れたZ-match方程式を使用しています。

$$T = \left( \frac{N_{a_2} d_q}{\pi d_2 F_c Z} \right) \arctan \left[ Z \tan \left( \frac{\pi (F_q - F_c)}{F_q} \right) \right] \quad \text{Eqn. 4}$$

ここで、 $Z = (d_q \mu_q / d_2 \mu_2)^{1/2}$ は音響インピーダンス比、 $\mu_q$ 、 $\mu_2$ はそれぞれ水晶と膜の弾性定数を表します。ここに、実用的なプロセスのコントロールが可能な時間内に理論的に正しい値を計算できる、周波数から膜厚への換算の基礎理論が得られたのです。この新しいレベルの精度を得るためにユーザーはたった一つだけ蒸着膜のマテリアルパラメータZを追加して入力するだけでよいのです。この方程式は多くの物質に付いて試され、周波数のシフト $F_2 = 0.4F_q$ 相当まで有効であることが分かっています。Eqn. 2は0.02Fqまで、Eqn. 3は約0.05Fqまでしか有効でないことと比べると、この方程式の有効範囲の広いことが分かります。

### 5. 5. 5 アクティブ・オシレータ

現在までに開発された膜厚モニターは全てアクティブオシレータ回路を使用していました。この回路は一般的には図5. 4の様に表されます。この回路は水晶を強制的に共振状態に保ち、様々な方法で周期あるいは周波数測定が行われます。このタイプの回路では、水晶や回路中の損失を相殺できるだけのゲインがアンプによって得られ、また水晶が共振に必要な位相シフトを与える限り振動が持続されます。基本的な水晶共振回路が基本的に安定な訳は、図5. 5に示すように直列共振点の近辺で周波数のわずかな変化に対して位相が急激に変化するからです。

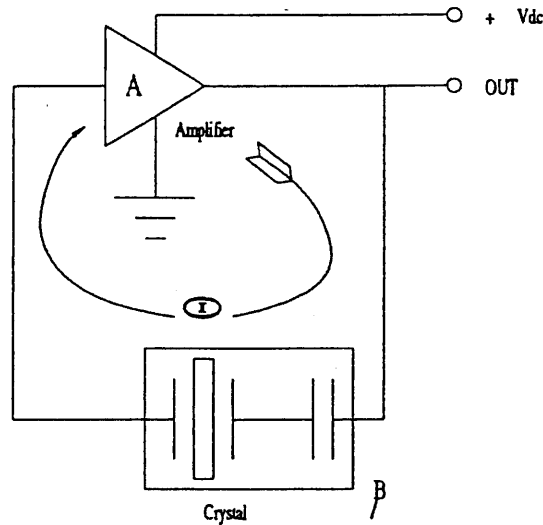


図5. 4 アクティブ・オシレータ回路

共振回路は水晶の位相シフト $\theta$ が0になって直列共振点で動作できるように設計されるのが通常です。長期あるいは短期の周波数安定性は水晶共振器の特質です。それは、共振に必要な位相シフトを維持するには非常に小さな周波数変化が求められるからです。電気回路部品の定数が温度や経年変化などで長い周期で変動したり、あるいは位相の揺らぎによる短周期のノイズが存在しても、水晶によって周波数の安定性が得られます。質量が水晶に付け加わると、電気特性が変化します。

図5.6は図5.5と同様な水晶の共振特性を膜の厚く付いた水晶に対して示した物です。図5.5の様な急なスロープは無くなっています。位相のカーブが余り急ではないので、共振回路内のノイズが新しい水晶に比べてより大きく周波数シフトに変換されます。極端な場合には、基本的な位相/周波数カーブが保てず、水晶は90度の位相シフトを行うことができなくなります。

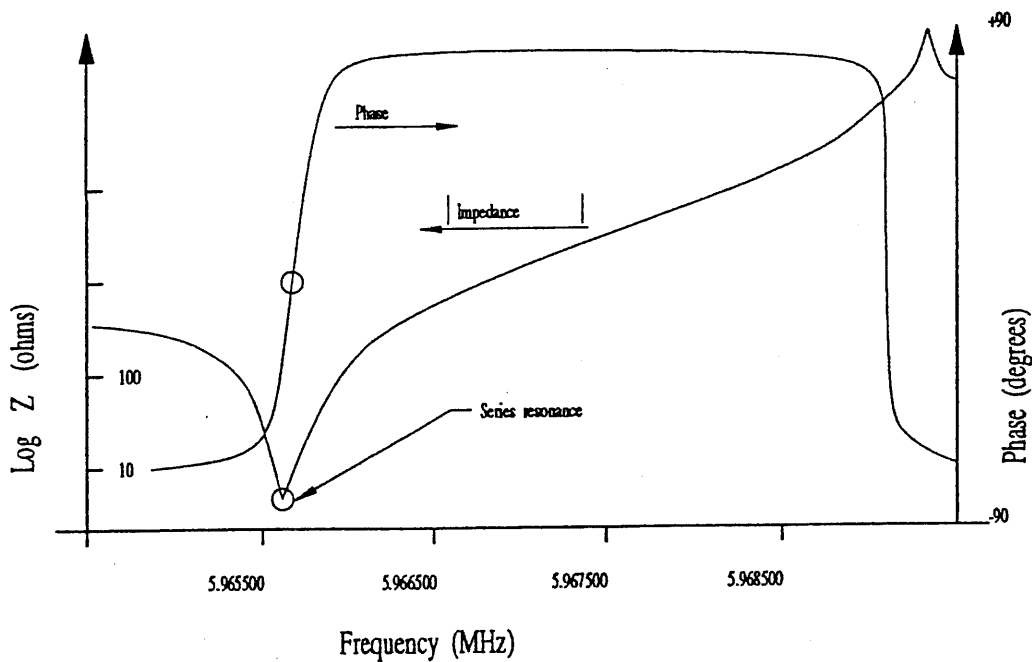


図5.5 新しい水晶の直列共振点近辺の位相とゲイン

インピーダンス $Z$ もやはりかなり高い値に上昇するのが分かります。このような状態になったときには振動子に取って非調和振動の一つで共振するのがより好ましい場合がしばしばあります。この状態はある場合には短時間で終わりその場合には振動子は基本振動と非調和振動モードの間を行ったり来たりしますが、他の場合には非調和振動でそのまま振動を続けてしまいます。こういった現象はモードホッピングとして知られており、レートが不安定になるばかりか周波数が明らかに変化するので膜厚のコントロールに誤差を生じる事になります。コントローラはしばしばこのような条件下で動作していることを知る必要があります。事実、膜の厚みが突然ハッキリと薄くなる一ちようど基本振動と非調和振動（これが振動を支えているのですが）の周波数の差に相当する分だけ一瞬以外にはこの現象が起きていることを知る手段も無いのです。

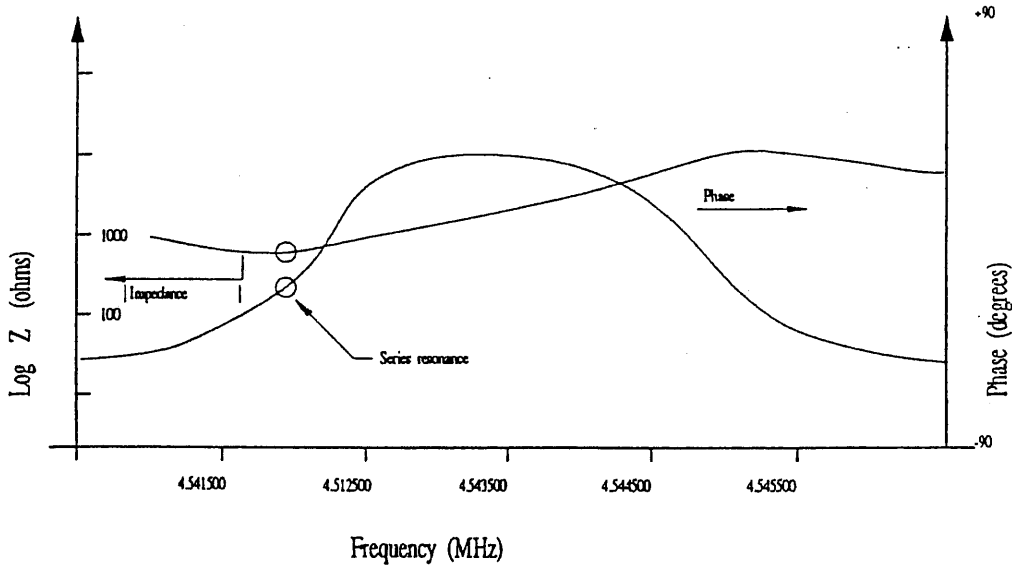


図5. 6 厚く膜の付いた水晶の直列共振点近辺の位相とゲイン

### 5.5.6 MODE LOCK™オシレータ

Leybold Inficonはアクティブオシレータ自体を無くすことによってその制限を取り去る新しい技術を生み出しました。この新しいシステムでは単に共振周波数を求めるだけの為ではなく、水晶が正しいモードで共振していることを確認するために、加えられた周波数に対する水晶の応答が常時テストされます。この新しいシステムは原理的にモードホッピングが起こらず、それによる不正確さには無縁です。高速で正確であり、水晶の周波数を1秒に4回の割合で0.05Hzまで測定することができます。このシステムは水晶の特定の振動モードを識別して周波数の測定が出来ますので、これらのモードに含まれる別の情報を利用できるという新しい機能が可能になります。

この新しい”インテリジェント”な測定システムは共振周波数を求めるのに水晶の位相/周波数特性を利用します。シンセサイザーで作られた固有の周波数の正弦波を水晶に加えて、加えた信号の電圧と水晶を流れる電流の間の位相差を測定することによって動作します。直列共振点ではこの位相差は正確に0になります。つまり、水晶は純抵抗のように振舞うわけです。加えた電圧と水晶から戻って来る電流を分離し位相比較器の出力をモニタすることによって、加えた周波数が共振点よりも高いか低いかが分かります。基本振動よりも充分低い周波数では水晶のインピーダンスは容量性であり、また共振点より若干高い周波数においては通常は誘導性を示します。この情報は水晶の共振周波数が分からない場合には大変役に立ちます。すばやく周波数をスイープして位相比較器の出力の変化を見て共振点をマークすることが出来ます。

ATカットの水晶に関しては最も低い共振周波数が基本振動であることが知られています。それよりも若干高い共振周波数を持ついくつかの振動が非調和振動です。この情報は最初に共振点を捜すときにも役立ちますが、また希に基本振動の追跡が一時的に出来なくなった場合にも役立ちます。いったん水晶の周波数スペクトルが求められると、測定器の役目は変化する共振周波数を追い続け、一定時間毎に周波数を測定して膜厚に変換することです。

旧世代のアクティブオシレータに比べて、この”インテリジェント”測定システムを使用するといくつか明かな利点があります。それらは、モードホッピングが起こらないこと、測定の速さ、測定の正確さ、および膜の厚くついた水晶の測定が可能なことです。



## 参考文献

- 1) G. Z. Sauerbrey, Phys. Verhandl 8, 193 (1957)
- 2) G. Z. Sauerbrey, Z. Phys. 155, 206 (1959)
- 3) P. Lostis, Rev. Opt. 38, 1 (1959)
- 4) K. H. Behrndt, J. Vac. Sci. Technol. 8, 622 (1961)
- 5) J. G. Miller and D. I. Bolef, J. Appl. Phys. 39, 5815, 4589 (1968)
- 6) C. Lu and O. Lewis, J. Appl. Phys. 43, 4385 (1972)
- 7) U. S. Patent No. 5, 117, 192 (May 27, 1992)

Z-match™は

Inficon社の登録商標です。

## 5. 6 DENSITYとZ-RATIOの表

\*印が付いている物質は、Z-RATIOの値が得られていません。これらの物質に対しては、Z=1.000を用いるか、あるいは実験的に求めた値を使用して下さい。



警告！！

これらの物質の一部は有毒です。使用前に、物質の安全データシートと安全のための取り扱い方法について調べて下さい。

化学式	DENSITY	Z-RATIO	物質名
Ag	10.500	0.529	Silver
AgBr	6.470	1.180	Silver Bromide
AgCl	5.560	1.320	Silver Chloride
Al	2.700	1.080	Aluminum
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.970	0.336	Aluminum Oxide
Al <sub>4</sub> C <sub>3</sub>	2.360	*1.000	Aluminum Carbide
AlF <sub>3</sub>	3.070	*1.000	Aluminum Fluoride
AlN	3.260	*1.000	Aluminum Nitride
AlSb	4.360	0.743	Aluminum Antimonide
As	5.730	0.966	Arsenic
As <sub>2</sub> Se <sub>3</sub>	4.750	*1.000	Arsenic Selenide
Au	19.300	0.381	Gold
B	2.370	0.389	Boron
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.820	*1.000	Boron Oxide
B <sub>4</sub> C	2.370	*1.000	Boron Carbide
Ba	3.500	2.100	Barium
BaF <sub>2</sub>	4.886	0.793	Barium Fluoride
BaN <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	3.244	1.261	Barium Nitrate
BaO	5.720	*1.000	Barium Oxide
BaTiO <sub>3</sub>	5.999	0.464	Barium Titanate (Tetragonal)
BaTiO <sub>3</sub>	6.035	0.412	Barium Titanate (Cubic)
Be	1.850	0.543	Beryllium
BeF <sub>2</sub>	1.990	*1.000	Beryllium Fluoride
BeO	3.010	*1.000	Beryllium Oxide
Bi	9.800	0.790	Bismuth
Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.900	*1.000	Bismuth Oxide
Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	7.390	*1.000	Bismuth Trisulphide
Bi <sub>2</sub> Se <sub>3</sub>	6.820	*1.000	Bismuth Selenide

化学式	DENSITY	Z-RATIO	物質名
$\text{Bi}_2\text{Te}_3$	7.700	*1.000	Bismuth Telluride
$\text{BiF}_3$	5.320	*1.000	Bismuth Fluoride
BN	1.860	*1.000	Boron Nitride
C	2.250	3.260	Carbon (Graphite)
C	3.520	0.220	Carbon (Diamond)
$\text{C}_8\text{H}_8$	1.100	*1.000	Parlyene (Union Carbide)
Ca	1.550	2.620	Calcium
$\text{CaF}_2$	3.180	0.775	Calcium Fluoride
CaO	3.350	*1.000	Calcium Oxide
$\text{CaO-SiO}_2$	2.900	*1.000	Calcium Silicate (3)
$\text{CaSO}_4$	2.962	0.955	Calcium Sulfate
$\text{CaTiO}_3$	4.100	*1.000	Calcium Titanate
$\text{CaWO}_4$	6.060	*1.000	Calcium Tungstate
Cd	8.640	0.682	Cadmium
$\text{CdF}_2$	6.640	*1.000	Cadmium Fluoride
CdO	8.150	*1.000	Cadmium Oxide
CdS	4.830	1.020	Cadmium Sulphide
CdSe	5.810	*1.000	Cadmium Selenide
CdTe	6.200	0.980	Cadmium Telluride
Ce	6.780	*1.000	Cerium
$\text{CeF}_3$	6.160	*1.000	Cerium (III) Fluoride
$\text{CeO}_2$	7.130	*1.000	Cerium (IV) Dioxide
Co	8.900	0.343	Cobalt
CoO	6.440	0.412	Cobalt Oxide
Cr	7.200	0.305	Chromium
$\text{Cr}_2\text{O}_3$	5.210	*1.000	Chromium (III) Oxide
$\text{Cr}_3\text{C}_2$	6.680	*1.000	Chromium Carbide
CrB	6.170	*1.000	Chromium Boride
Cs	1.870	*1.000	Cesium
$\text{Cs}_2\text{SO}_4$	4.243	1.212	Cesium Sulfate
CsBr	4.456	1.410	Cesium Bromide
CsCl	3.988	1.399	Cesium Chloride
CsI	4.516	1.542	Cesium Iodide
Cu	8.930	0.437	Copper
$\text{Cu}_2\text{O}$	6.000	*1.000	Copper Oxide
$\text{Cu}_2\text{S}$	5.600	0.690	Copper (I) Sulphide (Alpha)
$\text{Cu}_2\text{S}$	5.800	0.670	Copper (I) Sulphide (Beta)
CuS	4.600	0.820	Copper (II) Sulphide

化学式	DENSITY	Z-RATIO	物質名
Dy	8.550	0.600	Dysprosium
Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.810	*1.000	Dysprosium Oxide
Er	9.050	0.740	Erbium
Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.640	*1.000	Erbium Oxide
Eu	5.260	*1.000	Europium
EuF <sub>2</sub>	6.500	*1.000	Europium Fluoride
Fe	7.860	0.349	Iron
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.240	*1.000	Iron Oxide
FeO	5.700	*1.000	Iron Oxide
FeS	4.840	*1.000	Iron Sulphide
Ga	5.930	0.593	Gallium
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.880	*1.000	Gallium Oxide (B)
GaAs	5.310	1.590	Gallium Arsenide
GaN	6.100	*1.000	Gallium Nitride
GaP	4.100	*1.000	Gallium Phosphide
GaSb	5.600	*1.000	Gallium Antimonide
Gd	7.890	0.670	Gadolinium
Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.410	*1.000	Gadolinium Oxide
Ge	5.350	0.516	Germanium
Ge <sub>3</sub> N <sub>2</sub>	5.200	*1.000	Germanium Nitride
GeO <sub>2</sub>	6.240	*1.000	Germanium Oxide
GeTe	6.200	*1.000	Germanium Telluride
Hf	13.090	0.360	Hafnium
HfB <sub>2</sub>	10.500	*1.000	Hafnium Boride
HfC	12.200	*1.000	Hafnium Carbide
HfN	13.800	*1.000	Hafnium Nitride
HfO <sub>2</sub>	9.680	*1.000	Hafnium Oxide
HfSi <sub>2</sub>	7.200	*1.000	Hafnium Silicide
Hg	13.460	0.740	Mercury
Ho	8.800	0.580	Holmium
Ho <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.410	*1.000	Holmium Oxide
In	7.300	0.841	Indium
In <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.180	*1.000	Indium Sesquioxide
In <sub>2</sub> Se <sub>3</sub>	5.700	*1.000	Indium Selenide
In <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	5.800	*1.000	Indium Telluride
InAs	5.700	*1.000	Indium Arsenide
InP	4.800	*1.000	Indium Phosphide
InSb	5.760	0.769	Indium Antimonide
Ir	22.400	0.129	Iridium
K	0.860	10.189	Potassium
KBr	2.750	1.893	Potassium Bromide

化学式	DENSITY	Z-RATIO	物質名
KCl	1.980	2.050	Potassium Chloride
KF	2.480	*1.000	Potassium Fluoride
KI	3.128	2.077	Potassium Iodide
La	6.170	0.920	Lanthanum
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.510	*1.000	Lanthanum Oxide
LaB <sub>6</sub>	2.610	*1.000	Lanthanum Boride
LaF <sub>3</sub>	5.940	*1.000	Lanthanum Fluoride
LaN <sub>5</sub>	8.77	0.36	Lanthanum Nickel
Li	0.530	5.900	Lithium
LiBr	3.470	1.230	Lithium Bromide
LiF	2.638	0.778	Lithium Fluoride
LiNbO <sub>3</sub>	4.700	0.463	Lithium Niobate
Lu	9.840	*1.000	Lutetium
Mg	1.740	1.610	Magnesium
MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	3.600	*1.000	Magnesium Aluminate
MgF <sub>2</sub>	3.180	0.637	Magnesium Fluoride
MgO	3.580	0.411	Magnesium Oxide
MgO <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.000	*1.000	Spinel
Mn	7.200	0.377	Manganese
MnO	5.390	0.467	Manganese Oxide
MnS	3.990	0.940	Manganese (II) Sulphide
Mo	10.200	0.257	Molybdenum
Mo <sub>2</sub> C	9.180	*1.000	Molybdenum Carbide
MoB <sub>2</sub>	7.120	*1.000	Molybdenum Boride
MoO <sub>3</sub>	4.700	*1.000	Molybdenum Trioxide
MoS <sub>2</sub>	4.800	*1.000	Molybdenum Disulphide
Na	0.970	4.800	Sodium
Na <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub>	2.900	*1.000	Cryolite
Na <sub>5</sub> Al <sub>3</sub> F <sub>14</sub>	2.900	*1.000	Chiolite
NaBr	3.200	*1.000	Sodium Bromide
NaCl	2.170	1.570	Sodium Chloride
NaClO <sub>3</sub>	2.164	1.565	Sodium Chlorate
NaF	2.558	0.949	Sodium Fluoride
NaNO <sub>3</sub>	2.270	1.194	Sodium Nitrate
Nb	8.578	0.492	Niobium (Columbium)
Nb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.500	*1.000	Niobium Trioxide
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.470	*1.000	Niobium (V) Oxide
NbB <sub>2</sub>	6.970	*1.000	Niobium Boride
NbC	7.820	*1.000	Niobium Carbide
NbN	8.400	*1.000	Niobium Nitride

化学式	DENSITY	Z-RATIO	物質名
Nd	7.000	*1.000	Neodymium
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.240	*1.000	Neodymium Oxide
NdF <sub>3</sub>	6.506	*1.000	Neodymium Fluoride
Ni	8.910	0.331	Nickel
NiCr	8.500	*1.000	Nichrome
NiCrFe	8.500	*1.000	Inconel
NiFe	8.700	*1.000	Permalloy
NiFeMo	8.900	*1.000	Supermalloy
NiO	7.450	*1.000	Nickel Oxide
P <sub>3</sub> N <sub>5</sub>	2.510	*1.000	Phosphorus Nitride
Pb	11.300	1.130	Lead
PbCl <sub>2</sub>	5.850	*1.000	Lead Chloride
PbF <sub>2</sub>	8.240	0.661	Lead Fluoride
PbO	9.530	*1.000	Lead Oxide
PbS	7.500	0.566	Lead Sulphide
PbSe	8.100	*1.000	Lead Selenide
PbSnO <sub>3</sub>	8.100	*1.000	Lead Stannate
PbTe	8.160	0.651	Lead Telluride
Pb <sub>2</sub> TiO <sub>3</sub>	7.50	1.16	Lead Titanate
Pd	12.038	0.357	Palladium
PdO	8.310	*1.000	Palladium Oxide
Po	9.400	*1.000	Polonium
Pr	6.780	*1.000	Praseodymium
Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.880	*1.000	Praseodymium Oxide
Pt	21.400	0.245	Platinum
PtO <sub>2</sub>	10.200	*1.000	Platinum Oxide
Ra	5.000	*1.000	Radium
Rb	1.530	2.540	Rubidium
RbI	3.550	*1.000	Rubidium Iodide
Re	21.040	0.150	Rhenium
Rh	12.410	0.210	Rhodium
Ru	12.362	0.182	Ruthenium
S <sub>8</sub>	2.070	2.290	Sulphur
Sb	6.620	0.768	Antimony
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.200	*1.000	Antimony Trioxide
Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	4.640	*1.000	Antimony Trisulphide
Sc	3.000	0.910	Scandium
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.860	*1.000	Scandium Oxide
Se	4.810	0.864	Selenium
Si	2.320	0.712	Silicon
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	3.440	*1.000	Silicon Nitride

化学式	DENSITY	Z-RATIO	物質名
SiC	3.220	*1.000	Silicon Carbide
SiO	2.130	0.870	Silicon (II) Oxide
SiO <sub>2</sub>	2.648	1.000	Silicon Dioxide
Sm	7.540	0.890	Samarium
Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.430	*1.000	Samarium Oxide
Sn	7.300	0.724	Tin
SnO <sub>2</sub>	6.950	*1.000	Tin Oxide
SnS	5.080	*1.000	Tin Sulphide
SnSe	6.180	*1.000	Tin Selenide
SnTe	6.440	*1.000	Tin Telluride
Sr	2.600	*1.000	Strontium
SrF <sub>2</sub>	4.277	0.727	Strontium Fluoride
SrTiO <sub>3</sub>	5.123	0.31	Strontium Titanate
SrO	4.990	0.517	Strontium Oxide
Ta	16.600	0.262	Tantalum
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	8.200	0.300	Tantalum (V) Oxide
TaB <sub>2</sub>	11.150	*1.000	Tantalum Boride
TaC	13.900	*1.000	Tantalum Carbide
TaN	16.300	*1.000	Tantalum Nitride
Tb	8.270	0.660	Terbium
Tc	11.500	*1.000	Technetium
Te	6.250	0.900	Tellurium
TeO <sub>2</sub>	5.990	0.862	Tellurium Oxide
Th	11.694	0.484	Thorium
ThF <sub>4</sub>	6.320	*1.000	Thorium (IV) Fluoride
ThO <sub>2</sub>	9.860	0.284	Thorium Dioxide
ThOF <sub>2</sub>	9.100	*1.000	Thorium Oxyfluoride
Ti	4.500	0.628	Titanium
Ti <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.600	*1.000	Titanium Sesquioxide
TiB <sub>2</sub>	4.500	*1.000	Titanium Boride
TiC	4.930	*1.000	Titanium Carbide
TiN	5.430	*1.000	Titanium Nitride
TiO	4.900	*1.000	Titanium Oxide
TiO <sub>2</sub>	4.260	0.400	Titanium (IV) Oxide
Tl	11.850	1.550	Thallium
TlBr	7.560	*1.000	Thallium Bromide
TlCl	7.000	*1.000	Thallium Chloride
TlI	7.090	*1.000	Thallium Iodide (B)
U	19.050	0.238	Uranium
U <sub>4</sub> O <sub>9</sub>	10.969	0.348	Uranium Oxide
UO <sub>2</sub>	10.970	0.286	Uranium Dioxide

化学式	DENSITY	Z-RATIO	物質名
$U_3O_8$	8.300	*1.000	Tri Uranium Octoxide
V	5.960	0.530	Vanadium
$V_2O_5$	3.360	*1.000	Vanadium Pentoxide
$VB_2$	5.100	*1.000	Vanadium Boride
VC	5.770	*1.000	Vanadium Carbide
VN	6.130	*1.000	Vanadium Nitride
$VO_2$	4.340	*1.000	Vanadium Dioxide
W	19.300	0.163	Tungsten
WC	15.600	0.151	Tungsten Carbide
$WB_2$	10.770	*1.000	Tungsten Boride
$WO_3$	7.160	*1.000	Tungsten Trioxide
$WS_2$	7.500	*1.000	Tungsten Disulphide
$WSi_2$	9.400	*1.000	Tungsten Silicide
Y	4.340	0.835	Yttrium
$Y_2O_3$	5.010	*1.000	Yttrium Oxide
Yb	6.980	1.130	Ytterbium
$Yb_2O_3$	9.170	*1.000	Ytterbium Oxide
Zn	7.040	0.514	Zinc
$Zn_3Sb_2$	6.300	*1.000	Zinc Antimonide
$ZnF_2$	4.950	*1.000	Zinc Fluoride
ZnO	5.610	0.556	Zinc Oxide
ZnS	4.090	0.775	Zinc Sulphide
ZnSe	5.260	0.722	Zinc Selenide
ZnTe	6.340	0.770	Zinc Telluride
Zr	6.490	0.600	Zirconium
$ZrB_2$	6.080	*1.000	Zirconium Boride
ZrC	6.730	0.264	Zirconium Carbide
ZrN	7.090	*1.000	Zirconium Nitride
$ZrO_2$	5.600	*1.000	Zirconium Oxide



## セクション6

### 調整とトラブルシューティング

6. 0	調整とトラブルシューティング	6-1
6. 1	LCDコントラストの調整	6-1
6. 2	エラーメッセージ	6-2
6. 2. 1	パワーアップエラー	6-2
6. 2. 2	パラメータの変更時のエラー	6-2
6. 2. 3	その他のエラー	6-2
6. 3	トラブルシューティングガイド	6-3
6. 3. 1	主要構成部品およびコネクタ類	6-4
6. 3. 2	XTM/2のトラブルシューティング	6-5
6. 3. 3	トランスデューサ/センサーのトラブルシューティング	6-8
6. 3. 4	コンピュータ通信のトラブルシューティング	6-13
6. 4	クリスタルの交換	6-15
6. 4. 1	スタンダードセンサーおよびコンパクトセンサー	6-15
6. 4. 2	シャッター付きセンサーおよびデュアルセンサー	6-16
6. 4. 3	ベークブルセンサー	6-17
6. 4. 4	スパッタ用センサー	6-18
6. 4. 5	クリスタルスナッチャー	6-19

## 6.0 調整とトラブルシューティング

LCDのコントラスト調整（以下の6.1参照）はユーザーサイドにおける唯一の調整箇所です。機器内部にはユーザーに於ける調整箇所は有りません。

---

### 警告！



本機の内部には人体に危険な電圧が掛かっています。この電圧は入力電源から供給される以外にも、システムや補助I/Oの接続などを通じて掛かる場合もあります。

---

## 6.1 LCDコントラストの調整

LCDのコントラストはディスプレイの上部より見た角度で工場にて調整されています。使用する際には据え付ける場所でコントラストを再調整して下さい。

ちょうど良いコントラストに調整するにはポテンショメータの調整工具かあるいは通常の小型ドライバーを使用し、フロントパネルから注意深く差し込んで（セクション2.4の9項参照）、ちょうどよいコントラストになるまで時計回りあるいは反時計回りに回して下さい。

## 6. 2 エラーメッセージ

本機では以下のエラーコードが表示されます。

### 6. 2. 1 パワーアップエラー

- ERR0 パワーON時にフィルムパラメータがメモリーから消失したことを表します。どれかのキーを押せばエラー表示は消えます。全てのフィルムパラメータを再度入力する必要があります。
- ERR2 電源電圧が不足したことを表しています。どれかのキーを押せばエラー表示は消えます。
- ERR9 パワーON時にプロセスデータがメモリーから消失したことを表します。どれかのキーを押せばエラー表示は消えます。自動的なプロセスの復帰は不可能です。

参考： 停電を検出すると全ての現フィルムと現プロセスのデータは通常はプロセスの復帰のためにセーブされ、システムの復帰の際にプロセスの復帰をするために使用されます。

### 6. 2. 2 パラメータの変更時のエラー

- ERR1 パラメータのオーバーレンジ。入力しようとする値が許容範囲を超えています。△キーを押せばエラー表示は消えます。セクション4. 3のパラメータの許容範囲を参照して下さい。
- ERR3 表示単位の変更によって、パラメータが許容範囲を超えたことを表します。どれかのキーを押せばエラー表示は消えます。
- LOC パラメータロックのコンフィグレーションスイッチがセットされている場合や、通信インターフェイスからパラメータがロックされている場合にパラメータの入力や変更を行なおうとした場合に発生します。

### 6. 2. 3 その他のエラー

- ERR7 プロセッサの時間オーバーエラー。このエラーはユーザーが見ることは無いと考えられます。

### 6. 3 トラブルシューティングガイド

この機器が動作しなくなったり、明らかに性能が低下したような場合には、6. 3. 2からの「現象／原因チャート」を参照して下さい。

---

#### 警告！！



この機器のケース内部にはユーザーサイドでサービスの可能な部分はありません。電源コード、システムI/Oまたは補助I/Oが接続されているときは、人体にとって危険な電圧がかかっています。全てのメンテナンスは専門の人に委ねて下さい。

---

注意： この機器には、電氣的衝撃で壊れ易い敏感な回路が含まれています。インターフェイスの接続を行なう場合には必ず電源コードを外して下さい。また、全てのメンテナンスは専門の人に委ねて下さい。

6. 3. 1 主要構成部品およびコネクター類

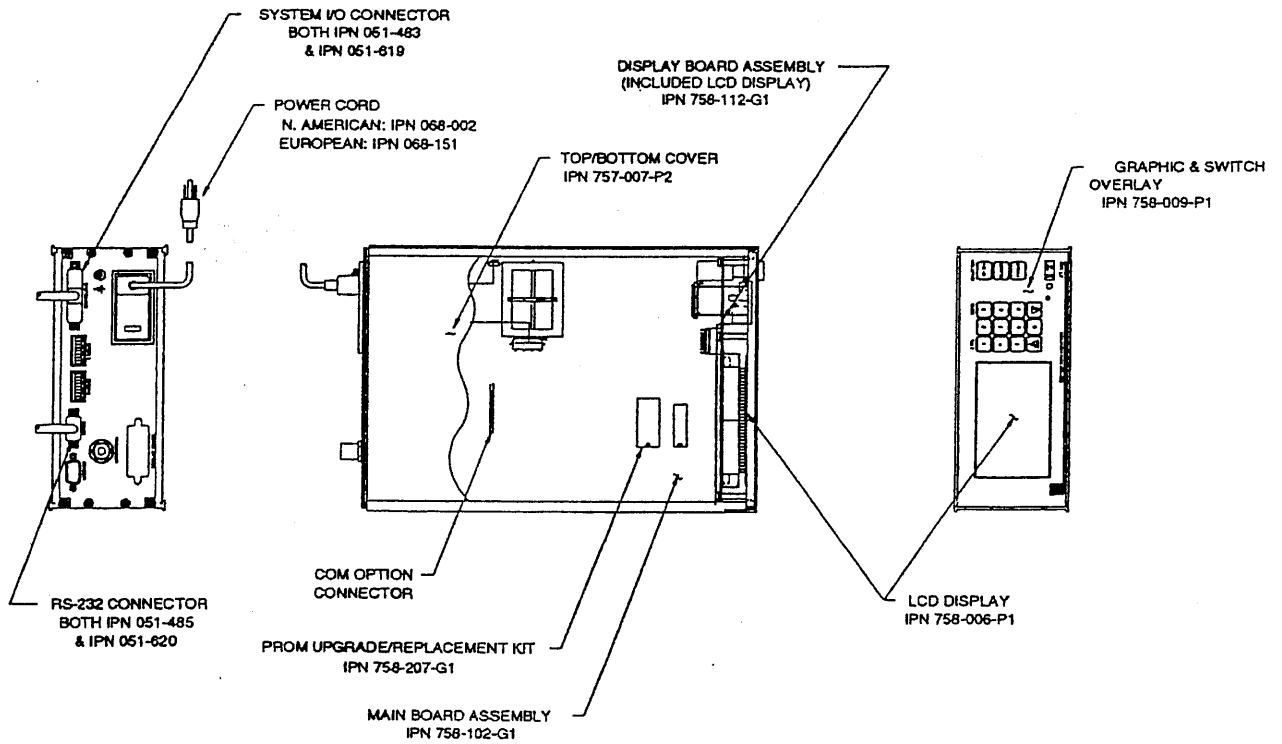


図 6. 1 主要構成部品

### 6. 3. 2 XTM/2のトラブルシューティング

現象	原因	対策
1. 電源オンのLEDが点灯しない。	a. ヒューズ切れ/サーキットブレーカートリップ	a. トレーニングを受けた者が、ヒューズ交換/サーキットブレーカーリセットを行なう。
	b. 電源コードが抜けている。	b. 電源コードを接続する。
	c. 電源電圧が適正でない。	c. トレーニングを受けた者が、ライン電圧を確認する。本機の電圧設定が正しいかどうかを確認する。
2. 本機がロックアップする。	a. カバーまたは背面パネルが取り付けられていない。	a. 全てのカバー、パネルを取り付け、固定する。
	b. 電氣的ノイズが大きい。	b. ケーブルの配線位置を変えてノイズを下げる（大電力の電線から1フィート以上離すと、本機に侵入するノイズをかなり減少させることができる）。グラウンドインピーダンスを最小にするために、グラウンドに大きな表面積の配線を使用し、長さを短くする。
	c. グラウンド接続が十分でない。またはグラウンドの取り方が適切でない。	c. アース接地が適切かどうかを確認する。適当な接地線を使用する。適当なシステム接地を行なうことでグラウンドループを除去する。本機の接地が適切かどうかを確認する。

現象	原因	対策
3. 電源をOFFした時にパラメーターが保存されない（電源をONした時に入力したパラメーターが失われている）。	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. SRAMの不良</li> <li>b. 電源の故障</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. SRAMのバッテリーの期待寿命は10年です。アネルバフィールドサービスへ連絡して下さい。</li> <li>b. アネルバフィールドサービスへ連絡して下さい。</li> </ul>
4. フロントパネルのキーが一部動作異常	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. キーパッドかキーパッド用リボンケーブルの不良</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. アネルバフィールドサービスへ連絡して下さい。</li> </ul>
5. フロントパネルのすべてのキーが機能しない。	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. 本機がロックアップしている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. 電源をOFF（STBY）状態にして、再度ONする。前述の項目2を参照する。</li> </ul>
6. LCDディスプレイが暗い、あるいは表示されない。	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. brightness / contrastの調整が必要である。</li> <li>b. LCD電源の故障</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. マニュアルを参照して、調整用ポテンショメーターの位置を確認して調整して下さい。</li> <li>b. アネルバフィールドサービスへ連絡して下さい。</li> </ul>
7. クリスタルフェイルが表示されたままになる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. XIU / オシレータが接続されていない。</li> <li>b. XIU / オシレータの故障</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. 適切なセンサー / オシレータの接続を確認する。</li> <li>b. 正常なXIU / オシレータがあれば、つなぎ替えて確認して下さい。XIU / オシレータが故障しているようであれば、アネルバフィールドサービスへ連絡して下さい。</li> </ul>

現象	原因	対策
	c. フィードスルーからXIU ／オシレータまたは本機か らXIU／オシレータまで のケーブル不良	c. 抵抗計またはテスターを使っ て導通、絶縁をチェックする。
	d. トランスデューサー、フィ ードスルーまたはin- vacuumケーブル内の 接触不良	d. 抵抗計またはテスターを使っ て導通、絶縁をチェックする。
	e. クリスタル不良／クリスタ ルなし	e. クリスタルを交換する／クリ スタルを取り付ける。
	f. クリスタルホルダーに2個 のクリスタルが取り付けら れている。	f. クリスタルを1個取り外す。



### 6. 3. 3 トランスデューサー／センサーのトラブルシューティング

参考： センサーヘッドの異常を判定する最良の機器はデジタルテスターです。フィードスルーからオシレータまでのケーブルを外し、センターピンとグランド間の抵抗を測定して下さい。1～2MΩ以下ならリーク電流が大きいため、原因を見つけて直さなければなりません。同じように、真空システムの中心導線の導通チェックにおいてフィードスルーからセンサーヘッドまでの抵抗値が1Ω以上であれば異常です。この場合、接点をクリーニングするか、*in-vacuum*ケーブルの交換が必要です。

参考： より詳細なトラブルシューティングガイドがセンサーに付属したマニュアルに書かれています。いくつかのトラブルについてはそのマニュアルを参照して下さい。

現象	原因	対策
1. 蒸着中、膜圧表示が大きく飛躍する。	a. クリスタル不良に因るホッピング	a. クリスタルを交換する。
	b. ストレスにより膜がクリスタルの表面から剥がれた。	b. クリスタルを交換する。
	c. クリスタルが溶けたソース（蒸発源）からの粒子または飛散した物質から衝撃を受けた。	c. 蒸着前にソースを充分加熱する。この間はシャッターでクリスタルを保護する。
	d. クリスタルホルダーの表面のキズまたは異物（クリスタルの取り付け不良）	d. クリスタルホルダーのクリスタルが接触する面をクリーニングし磨く。
	e. マテリアルの小片がクリスタル上に落ちた（スパッタ用センサーなどでクリスタル表面が上向きの状態）。	e. クリスタル表面を確認し、クリーンエアで吹き飛ばす。
	f. センサーマグネットに引き付けられた小さな磁性体がクリスタルに付着した（スパッタ用センサー）。	f. センサーカバーの開口部を確認し、異物を除去する。

現象	原因	対策
2. クリスタルが寿命の前に蒸着中発振を停止	a. クリスタルが溶けたソースからの粒子または飛散した物質から衝撃を受けた。	a. 蒸着前にソースを充分加熱する。この間はシャッターでクリスタルを保護する。
	b. クリスタルホルダー上の物質がクリスタルカバーの開口部を一部ふさいでいる。	b. クリスタルホルダーをクリーニングする。
	c. 電氣的にショートまたはオープン状態	c. 抵抗計またはテスターでセンサーケーブル、コネクタ、接点スプリング、センサー内のケーブル、フィードスルーの導通をチェックする。
	d. 熱によって発生した電氣的ショートまたはオープン	d. 上のc. を参照

参考： クリスタルの寿命は、プロセスのレート条件、ソースからの輻射熱、位置、マテリアルそして残留ガスの組成などに依存します。

3. クリスタルが発振しない、または断続的に発振（真空中でも大気中でも）	a. 接触不良（接点酸化）	a. 抵抗計またはテスターで導通をチェックする。接点をクリーニングする。
	b. リーフスプリングの保持力劣化（クリスタルリテーナー、センター絶縁体）	b. スプリングを約45°に曲げる。
	c. スパッタの電源からRFが干渉	c. アースグランドを確認する。RFグランドに適した線材を使用する。本機とオシレータのケーブルをRF電源ラインから遠ざける。本機の電源を他の電源ラインから取る。

現象	原因	対策
	d. ケーブル類とオシレータが接続されていない、または違うセンサー入力に接続	d. 正しい接続を確認する。
4. クリスタルが真空中では発振するが、大気へ戻すと発振が停止する。	a. クリスタルが寿命に近い；大気に触れるとフィルムが酸化しフィルムストレスが増加	a. クリスタルを交換する。
	b. クリスタルに過剰な湿気が蓄積する。	b. ベント前にセンサーの冷却水を止める。チャンバーを開いている時にセンサーに温水を流す。
5. 温度不安定： 膜厚の表示が大きく変化；ソース昇温中（通常、膜厚表示減少） 蒸着後（通常膜厚表示増加）	a. 冷却水異常／冷却水温度が高すぎる。	a. 冷却水量を確認する。冷却水温度が30℃以下であることを確かめる；センサーマニュアルを参照する。
	b. クリスタルへ過剰な熱が加わる。	b. その熱が蒸発ソースからの放射ならセンサーをソースから離す。熱的により安定にするためにスパッタ用クリスタルを使用する；輻射熱シールドを取り付ける。
	c. クリスタルがホルダーに正しく納まっていない。	c. クリスタルホルダーのクリスタルが接触する面をクリーニングし磨く。
	d. 高エネルギー電子流によるクリスタル加熱（RFスパッタリングでしばしば見られる）	d. スパッタ用センサーを使用する。

現象	原因	対策
e. 水冷パイプと本体との熱伝導不良 (CrystalSix Sensor)	f. 熱伝導不良 (ペーカブル)	e. クランピングアセンブリを外した時は毎回新しい水冷パイプに交換する；もし新しい水冷パイプが無ければ、センサー本体と水冷パイプの間に一枚のアルミフォイルを挟む（もしプロセス的に許容できれば）。
6. 膜厚再現性不良	a. ソースからの蒸発物質の分布が変化する。	a. 蒸発物をより良く検出する為に、センサーをより中心に近い位置に移動する。溶解物の試料液面の高さ（試料の量）を一定にする。電子ビームが蒸発物に孔を開ける（スイープがない場合に発生することがある）ことを避ける。
	b. 電子ビームが溶解物に照射されるスイープの状態、範囲、位置が前回と異なる。	b. スイープ周波数、スイープ幅、電子ビーム位置を調整して安定したソース分布を維持する。
	c. マテリアルがクリスタルに付着しない。	c. クリスタルの表面がクリーンであることを確かめる；クリスタルの表面を指で触らないようにする。間に付着用のレイヤーを使用する。
	d. レートの周期的変化	d. ソースのスイープ周波数が制御器の計測周波数と干渉していないかどうかを確かめる [周波数がほぼ同じか、計測周波数の倍数に近い（4 Hz）]。

現象	原因	対策
7. スパッタ終了後、膜厚のドリフトが大きい (密度 5.00g /cm <sup>3</sup> にて 200 Å 以上)	a. 熱接触が悪いことによるクリスタル加熱	a. クリスタルホルダーのクリスタルが接触する面をクリーニングし磨く。
	b. センサーの磁場に外部の磁場が干渉 (スパッタ用センサー)	b. センサーマグネットを外部磁場に対して適切な角度へ回転する。スパッタ用センサーのマニュアル IPN074-157 を参照する。
	c. センサーマグネット破損又は減磁 (スパッタ用センサー)	c. センサーの磁場強度をチェックする。開口部の中心において通常 700 ガウス以上である。
8. CrystalSix、クリスタルスイッチ不良 (回転方向に回転しない、または開口部の中心とクリスタルが合わない)	a. 空気の供給が無い、または圧力不足	a. 空気供給圧を 80~90 psi (5.6~6.3 kgf/cm <sup>2</sup> ) にする。
	b. カバーに材料が堆積したことによる動作不良	b. 堆積した材料を除去する。メンテナンスの為に CrystalSix マニュアル IPN074-155 を参照
	c. 位置合わせ不良	c. CrystalSix マニュアルの IPN074-155 を参照して、再度位置合わせをする。
	d. ソレノイドバルブの供給側に 0.0225" のオリフィスが入っていない。	d. CrystalSix マニュアルの IPNo.74-155 の内容通りオリフィスを入れる。

### 6. 3. 4 コンピュータ通信のトラブルシューティング

現象	原因	対策
1. ホストコンピュータと本機の間で通信ができない。	a. ケーブル接続が間違っている。	a. ケーブルの接続をマニュアルを参照して確認
	b. ホストコンピュータのボーレートが本機と合っていない。	b. ホストのアプリケーションプログラムのボーレート確認、本機のボーレート確認
	c. 互換性のないプロトコルが使われている。	c. 本機のプロトコル：RS232, SECS, GPIB, DATALOG, CHECKSUM がホストと合っているか確認
	d. デバイスアドレスが異なる (GPIB または SECS プロトコル)	d. ホストのアプリケーションプログラム中 (または National Instrs. GPIB の IBCONF ファイルの中) のデバイスアドレスを確認、そして本機のアドレスを確認
2. エラーコードが戻ってくる。	a. A=間違ったコマンド	a. 送られたコマンドが有効でない；コマンドの文法をマニュアルで確認 (コマンド中にスペースを入れることは重要である)
	b. B=間違った値	b. 送られたパラメーターの値が範囲外である。パラメーターの範囲を確認
	c. C=間違った ID	c. 送られたコマンドは、存在しないパラメーターに対するものである；正しいパラメーター番号を確認

現象	原因	対策
d. D=間違ったコマンドのフォーマット	d. 項目2. a. を参照	
e. E=回収するためのデータが無い	e. 他のパラメーターの値により、いくつかのパラメーターは使用されていない。	
f. F=現時点で値の変更が不可能	f. 送られたコマンドが、この機器がプロセスを実行中は変更不可能なパラメーターに関するものである；値を変更するには、READY状態にすることが必要である。	
g. G=チェックサムが合わない	g. チェックサムの値が、ホストのアプリケーションプログラムから送られた値と一致しない。 RS232ケーブルのノイズによるか、アプリケーションプログラムでチェックサムを正しく計算していない。	
h. H=データのオーバーラン	h. I/Oポートがデータの転送レートに追いつかない；ポートレートが低すぎるか、ホストのアプリケーションプログラムのスピードが増大した；プログラムのコンパイルバージョンの使用、ストリームラインプログラムの実行、高速のCPUの使用などによる。	

## 6. 4 クリスタルの交換

CrystalSix以外はどのセンサーのクリスタル交換も基本的には同一です。

注意：クリスタルの取扱には清潔なナイロン製の手袋およびプラスチックのピンセットを使用して下さい。  
(電極への膜の付着力を悪くする汚れを防止するためです。)

クリスタルをセットした後でセラミックリテナーを回さないで下さい。(クリスタルの電極を傷つけて接触を低下させます。)

セラミックリテナーは破損し易いので、取扱の際に大きな力を加えないで下さい。

参考：ある物質、特に誘電体などはクリスタルの表面に強く付着しないので表示が不安定となることがあります。幾つかの誘電体物質は金電極よりも銀電極の方が付着が強固です。

SiO<sub>2</sub>、SiやNiなどの厚い堆積膜は、ガス吸着によって膜のストレスが変化するので、クリスタルを大気に曝した後に剥がれ易くなります。膜が剥がれた場合にはクリスタルを交換して下さい。

### 6. 4. 1 スタンダードセンサーおよびコンパクトセンサー

スタンダードセンサーおよびコンパクトセンサーでのクリスタル交換は以下の様に行ってください。

1. 指でクリスタルホルダーを掴み、センサーボディーからまっすぐに引き抜きます。
2. クリスタルリテナーをそっと引き抜きます。(クリスタルスナッチャーを使用する。図6. 5参照。)
3. リテナーを逆さまにするとクリスタルが落ち出てきます。
4. パターニングした電極面を上にして新しいクリスタルをセットします。
5. リテナーをホルダーに押し込んで、センサーボディーにホルダーをセットします。



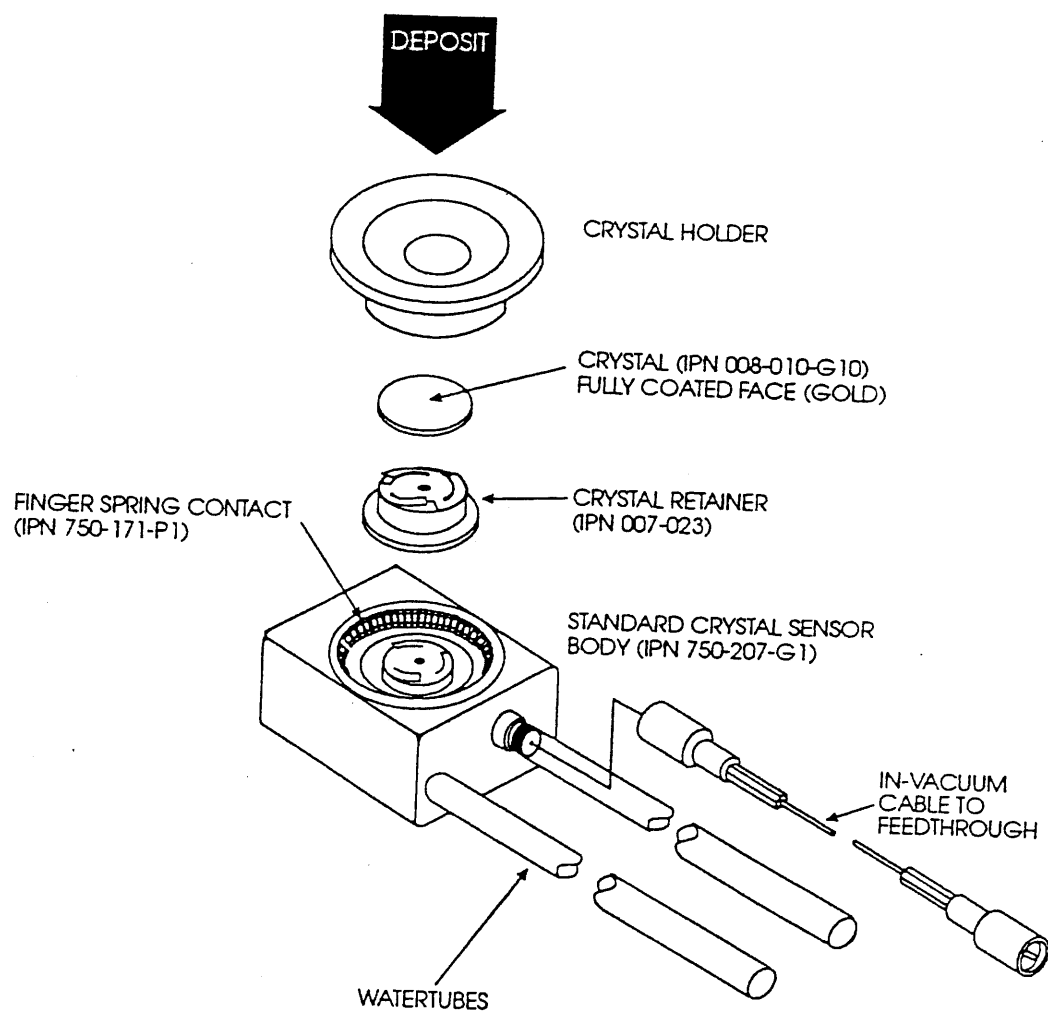


図6.2 スタンダードセンサー（展開図）  
（750-030/S&D HEAD）

#### 6.4.2 シャッター付きセンサーおよびデュアルセンサー

シャッターに空圧がかかっていない状態ではシャッターピボットがセンサーの開口部から遠い位置にあるので、スタンダードセンサーおよびコンパクトセンサーのクリスタル交換はシャッターの有りに無しに係わらず、基本的に変わりはありません。

### 6. 4. 3 ベーカブルセンサー

ベーカブルセンサーでは、最初にカムアセンブリーをはね上げてロックを解除する以外は通常のセンサーと手順は同一です。クリスタルを交換した後にホルダーの平らな端面をカム機構の面に揃えてカムでロックします。(図6. 3)

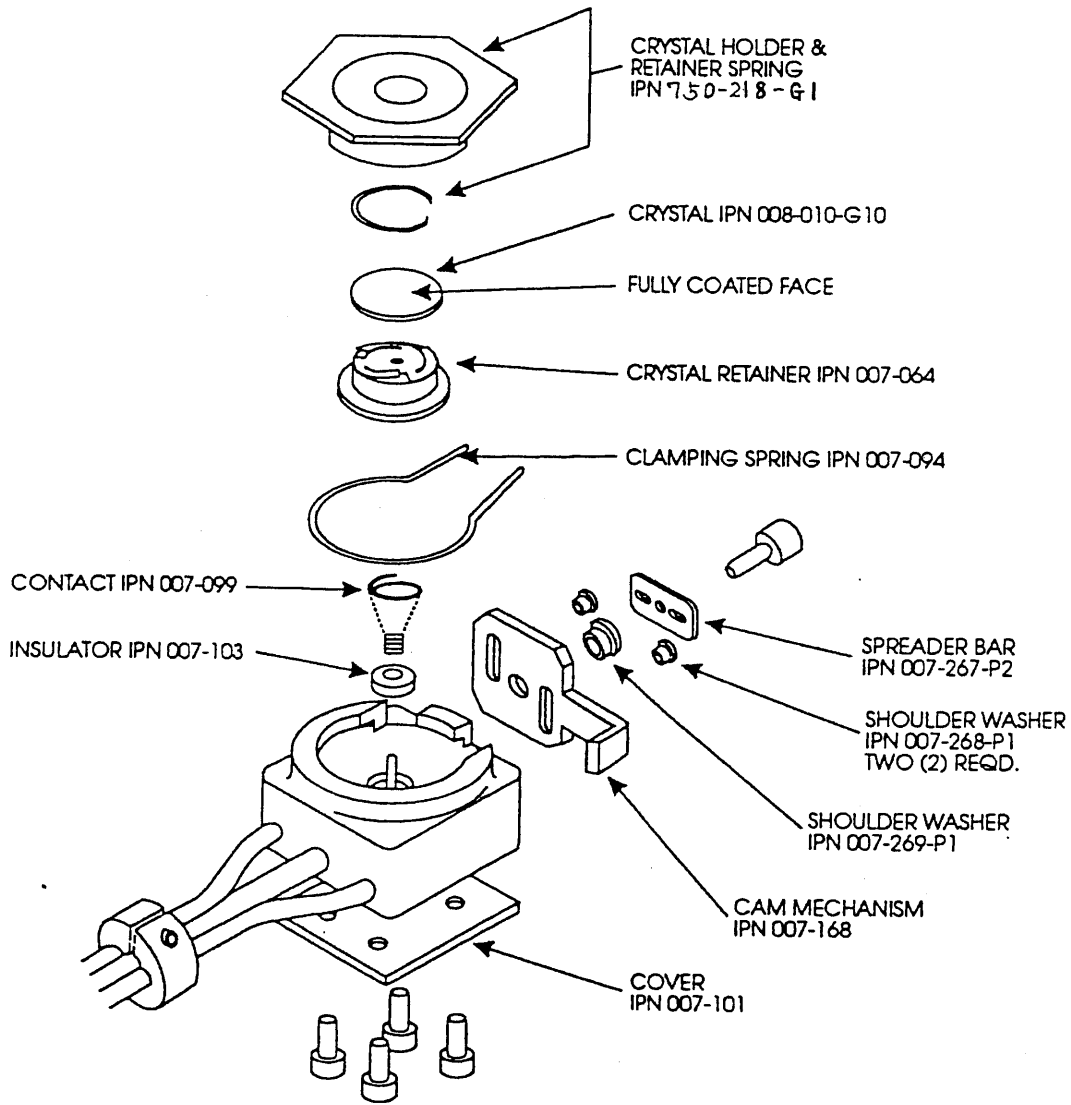


図6. 3 ベーカブルセンサー (展開図)  
(750-030/BAKEABLE)

#### 6.4.4 スパッタ用センサー

スパッタ用センサーのクリスタル交換を行うには、セクション6.4のクリスタル交換に関する一般的注意事項を見て、さらに以下の指示にしたがってください。

1. 指でボディーアセンブリを掴んで水令された前部からまっすぐに引き離します。(ボディーアセンブリを分離するにはセンサーケーブルを外す必要があります。) 図6.4参照。
2. センサーの前部からクリスタルホルダーをまっすぐに引き抜きます。
3. クリスタルスナッチャーを使用してクリスタルホルダーからセラミックリテナーをまっすぐに引き離します。
4. クリスタルホルダーを逆さまにしてクリスタルを落下させます。
5. クリスタルのバターニングした電極面が後向きになってセラミックリテナーの板バネに接触するような向きにクリスタルを入れます。スパッタには専用のクリスタル (IPN008-009-G10) を使用して下さい。
6. セラミックリテナーをクリスタルホルダーにセットしなおし、さらにクリスタルホルダーをセンサーの前面カバーにセットします。
7. センサーの前面部のV字部にコネクタが合うようにセンサーの前部と後部を合わせ両方を結合させます。センサーケーブルを外した場合には接続しなおします。

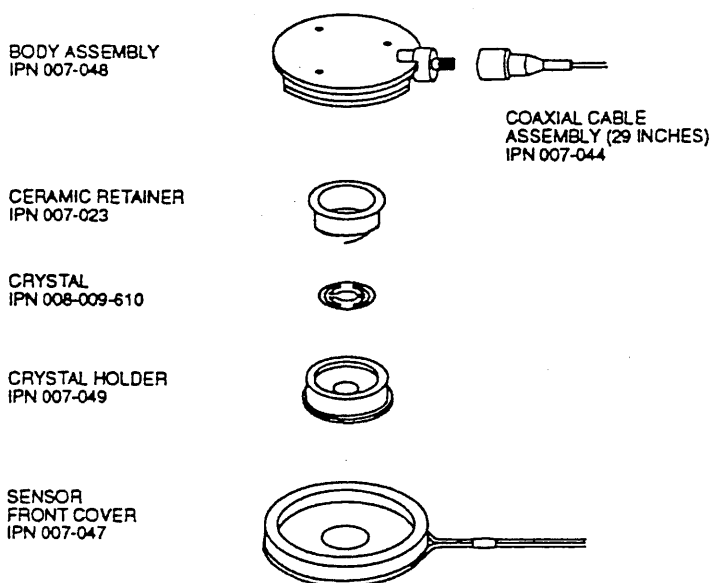


図6.4 スパッタ用センサー (展開図)

#### 6. 4. 5 クリスタルスナッチャー

センサーの付属品のクリスタルスナッチャーは以下の様に使用します。

1. クリスタルスナッチャーをセラミックリテナーに挿入して(1)軽く押し付けます。リテナーがスナッチャーに結合され、リテナーをまっすぐに引き抜くことができます。(2)
2. クリスタルを交換後はリテナーをホルダーにもう一度挿入します。
3. スナッチャーを軽く横に何度か倒すと外れます。

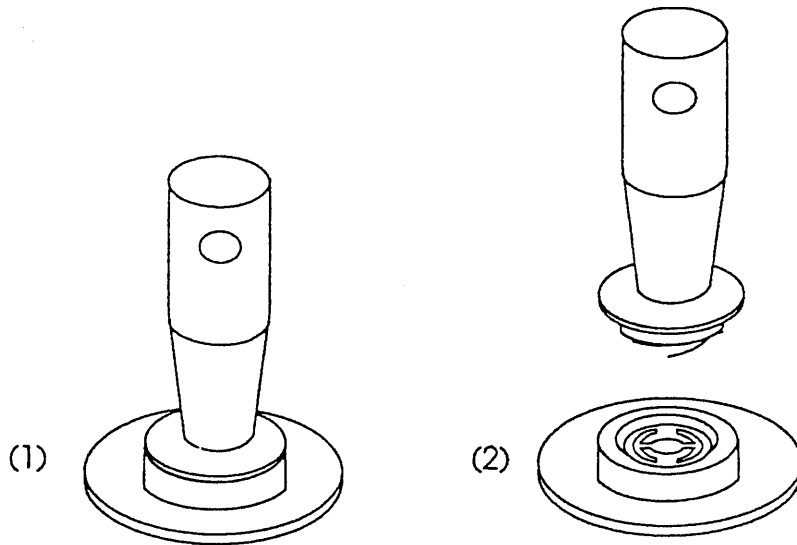


図 6. 5 クリスタルスナッチャーの使用方法

お問い合わせ先：

インフィコン株式会社

横浜市港北区新横浜 2-2-8

NARA ビルⅡ 5F

〒222-0033

Tel:045-471-3328

<http://www.inficon.jp>

技術サービスセンター

横浜市港北区新横浜 2-2-3

天幸ビル 22 1F

〒222-0033

Tel:045-471-3326

