

O P E R A T I N G M A N U A L



STM-2

Rate and Thickness Monitor

PN 074-613-P4B

O P E R A T I N G M A N U A L

STM-2

Rate and Thickness Monitor

PN 074-613-P4B

商標

この操作マニュアルに出てくる製品の商標は、その製品を製造している会社が保有するものです。

Visual Basic®、Windows® 及び Microsoft®は、Microsoft Corporation の登録商標です。

Innconel®は、Innconel Alloys International, Huntington, WV の登録商標です。

LabVIEW™ は、National Instruments Corporation の登録商標です。

Sycon Instruments™ は、INFICON, Inc.の登録商標です。

その他のブランド名および商品名は、それぞれの会社の商標または登録商標です。

放棄声明書

INFICON は、この操作マニュアルに含まれる情報は、正確かつ信頼性が高いと確信していますが、

その使用に関する責任を負いません。また、この製品の使用に関係する特別な、または付随的な、

またはその結果として生じる損害について一切の責任を負わないものとします。

当社では常に製品を改善しようとしており、予告なく仕様を変更する場合があります。

著作権

©2015 All rights reserved

この文書を許可なく複製または変更することは不法です。



**DECLARATION
OF
CONFORMITY**

本文書は、以下により設計され、製造された本装置がヨーロッパ連合の基本安全要件を満足し、それに従って販売されていることを保証する。

INFICON Inc.
Two Technology Place
East Syracuse, NY 13057
USA

本装置はヨーロッパ共同体において有効な安全事項の適正実施基準に従って構築されており、本装置が製造された目的であるアプリケーションにおいて正しく設置、保守、使用されている場合、人員、家畜または財産の安全を危険にさらさない。

装置名称： STM-2 Deposition Monitor (すべてのオプションを含む)

適用指令： 2014/30/EU (EMC 全般)

2011/65/EU (RoHS2)

2014/35/EU (Low Voltage Directive): この装置は USB を介して電源が供給されます。入力電圧はこの指令以下の閾値にあります。従って、安全テストは必要とされておりません。

適用基準：

放射： EN 61326-1:2013 (Radiated & Conducted Emissions)

(EMC — 測定、制御&研究用装置)

CISPR 11/EN 55011 Edition 2009-12 Emission standard for industrial, scientific, and medical (ISM) radio RF equipment

FCC Part 15 クラス A 放射要求条件 (USA)

電磁波耐性： EN 61326-1: 2013 (工業 EMC 環境)

(EMC — 測定、制御&研究用装置)

RoHS: 完全準拠

CE 履行年月日： 2014 年 9 月 10 日(2015 年 5 月 29 日改訂)

正式代表者： Steven Schill スティーブン シル



INFICON Inc. ThinFilm Business Line Manager

保 証

保証および責任 — 制限： 売り手は、本契約書の裏面に記載された自らが製造した製品、また
はその子会社が製造および販売した製品が、以下に示す保証期間中、通常の適切な使用と
サービス
スの下において材料と仕上がりに瑕疵がないことを保証する。保証期間は、個々の製品に
関する
売り手の取扱説明書にそれぞれの製品について指定されるが、本契約における売り手の出
荷日か
ら 2 年未満である。本保証に基づく売り手の責任は、上述の製品およびその部品に対する
責任に
限定されるが、上述の製品およびその部品が、その製品の保証期間の終了後 30 日以内に送
料前
払いで売り手の工場に返送され、売り手の検査により、間違った設置または誤使用のため
では
なく、仕上がりまたは材料に瑕疵があるために正しく機能しないと確認された場合である
ものとし、
かつ、本保証に基づく売り手の責任は、売り手の選択により、(a)その製品または部品を修
理し、
返送することか、または(b) その製品または部品の交換品を提供することのいずれかに限定
され
るものであり、いずれの場合も送料は売り手の前払いとなる。買い手は、製品が保証に適
合しな
いことを見いだした場合、かかる不適合の性質を合理的に詳細に記した書面により速やか
に売り
手に通知する。売り手がかかる書面による通知を受けていない場合、売り手は、売り手が
即座に
書面による通知を受けていた場合に避けられていたであろうその後のいかなる損害につい
ても
責任を負わない。

本保証は、本契約において販売された製品の欠陥に関して、商品適格性または特定の目的
への適
合性に関わらず、他のすべての保証に代わるものであり、買い手の唯一の法的救済である
と判断
される。これ以外の売り手の義務および責任は、契約の記述あるいは不法行為（過失を含
む）の
あるなしに関わらず、明示的に除外される。いかなる場合も、売り手は、欠陥のある製品

に關す

る申し立ての費用、経費、損害賠償について、それが直接的または間接的であるか、あるいは、

特殊な、偶発的な、派生的なものであるかに関わらず、買い手が製品について支払った価格と前

払いした返送費を超えて責任を負わない。

売り手は、売り手の書面による取扱説明書に反して設置、使用または運転されたか、あるいは、

誤使用、過失または事故の対象となったか、あるいは、買い手以外のものにより修理または改造

されたか、あるいは、売り手の製品が設計された目的に反し、または目的に反する方法で使用さ

れた売り手の製品について保証せず、買い手によって、または買い手のために売り手に供給され

た計画または指示による瑕疵についても同様である。

本マニュアルは、INFICON® Inc.とその顧客による私的使用を目的としている。その内容をコピー

する場合は、事前に INFICON に連絡すること。

注： これらの取扱説明書は本装置の設置、運転またはメンテナンスに関連して発生する不測の

事態すべてを網羅するものではありません。お問い合わせは、INFICON までご連絡下さい。

-
- 第1章 概要と仕様
 - 1.1 概要
 - 1.1.1 関連マニュアル
 - 1.2 STM-2の安全について
 - 1.2.1 「注」、「注意」、「警告」について
 - 1.2.2 全般的な安全について
 - 1.3 インフィコンへの連絡方法
 - 1.3.1 STM-2の返却について
 - 1.4 仕様
 - 1.4.1 電力
 - 1.4.2 動作環境
 - 1.4.3 サイズと重量
 - 1.4.4 パソコン仕様
 - 1.5 開梱と検査
 - 1.6 構成パーツとオプション・パーツに関する概要
 - 1.6.1 基本コンフィギュレーション
 - 1.6.2 付属品
 - 1.6.2.1 オシレーターキット
 - 1.6.2.2 センサー
 - 第2章 インストレーション
 - 2.1 インストレーション要求
 - 2.1.1 パーツ要求
 - 2.2 システム接続
 - 2.2.1 内部オシレーター
 - 2.2.2 外部オシレーター
 - 2.3 内部オシレーターと外部オシレーターの切り替え
 - 2.4 STM-2の表示
 - 2.4.1 電源
 - 2.4.2 USB
 - 第3章 STM-2 制御ソフトウェアの操作
 - 3.1 概要
 - 3.2 STM-2 制御ソフトウェアのインストレーション
 - 3.2.1 プロトコールサーバーのインストレーション
 - 3.2.2 制御ソフトウェアとデバイスドライバーのインストレーション
 - 3.2.3 制御ソフトウェアのインストレーション
 - 3.2.3.1 Window XP または Window 7 において
 - 3.2.3.2 Window 8 において
-

- 3.3 STM-2 ウィンドウ
 - 3.3.1 ファイルメニュー
 - 3.3.1.1 コンフィグレーションを開く
 - 3.3.1.2 コンフィグレーションを上書き保存
 - 3.3.1.3 コンフィグレーションを名前付けて保存
 - 3.3.1.4 プリント
 - 3.3.1.5 画像の保存
 - 3.3.2 編集メニュー
 - 3.3.2.1 グラフ設定
 - 3.3.2.1.1 X 軸と色
 - 3.3.2.1.2 レートのタブ
 - 3.3.2.1.3 膜厚のタブ
 - 3.3.2.1.4 周波数のタブ
 - 3.3.2.2 ディスプレー設定
 - 3.3.2.3 サンプル設定
 - 3.3.3 ヘルプメニュー
 - 3.3.3.1 ウィンドウズについて
 - 3.3.4 STM-2 のタブ
 - 3.3.5 レートのタブ
 - 3.3.6 膜厚のタブ
 - 3.3.7 周波数のタブ

第4章 STM-2 LabView 操作

- 4.1 概要
- 4.2 STM-2 LabView アプリケーションのインストール
 - 4.2.1 プロトコールサーバーのインストール
 - 4.2.2 LabView アプリケーションとデバイスドライバのインストール
 - 4.2.3 STM-2 LabView アプリケーションを開始
 - 4.2.3.1 Window XP または Window 7 にてソフトウェアを開始
 - 4.2.3.2 Window 8 にてソフトウェアを開始
- 4.3 STM-x_win32.VI ウィンドウ
 - 4.3.1 セットアップ
 - 4.3.1.1 手動接続
 - 4.3.1.2 シミュレーションモード
 - 4.3.2 操作
 - 4.3.3 フィルム
 - 4.3.4 レートグラフ
 - 4.3.5 質量 / 膜厚グラフ

4.3.6	周波数グラフ
4.3.7	ヘルプ
第 5 章	通信
5.1	通信プロトコル
5.2	Sycon マルチドロッププロトコル(SMDP)
5.2.1	コマンド形式
5.2.1.1	チェックサム
5.2.1.2	コマンドパッケージ
5.2.1.3	レスポンスパッケージ
5.2.2	オプションシリアルコマンドモード
5.2.2.1	オプションシリアルコマンド形式
5.2.2.2	シリアルコマンドの追加オプション
5.3	通信コマンド
第 6 章	トラブルシューティングとメンテナンス
6.1	トラブルシューティングガイド
6.1.1	指標
6.1.2	全般的な STM-2 トラブルシューティング
6.1.3	パソコン通信に関するトラブルシューティング
第 7 章	校正手順
7.1	密度、ツーリング、Z-レシオの重要性
7.2	密度の決定
7.3	ツーリングの決定
7.4	実験による Z-レシオの決定
第 8 章	測定および制御理論
8.1	基礎理論
8.1.2	モニター・クリスタル
8.1.3	周期測定技術
8.1.4	Z-マッチ技術
Appendix A	材料
A-1	概要

第 1 章

概要と仕様

1.1 概要

STM-2™ は USB 端子を持つレートと膜厚を測定するモニターです (Figure 1-1)。STM-2 は USB 接続、Window®または LabView™ ソフトウェア(提供される)およびパソコン(ユーザーが用意)を用いて、精確な膜厚または質量を制御します。

STM-2 内部オシレーターのみの場合、センサーは STM-2 より 76.2cm (30 インチ)離れる範囲まで置かれることができます。外部オシレーター (P/N: 783-500-013) をご使用の場合、STM-2 より 101.6cm (40 インチ)離れる場所にセンサーを置くことが可能です。

STM-2 は毎秒 10 回の測定を行っており、測定は 0.01Å/s のレート表示をしています。STM-2 LabView ソフトウェアは多層モードのオプションがあります。このモードを用いることで、積層ができ、プロセスレイヤーのリストも表示可能です。また、蓄積された膜厚の表示も可能です。(Section 4.3.1 参照)



1.1.1 関連マニュアル

センサーの種類ごとにマニュアルがあります。これらのマニュアルは Thin Film Manual CD (P/N: 074-5000-G1) に入っています。

- ◆ P/N: 074-154 ベーカブルセンサー
- ◆ P/N: 074-156 標準センサー (シングル、デュアル)
- ◆ P/N: 074-157 スパッタリングセンサー
- ◆ P/N: 074-609 Cool Drawer センサー (シングル、デュアル)

1.2 STM-2 の安全について

1.2.1 「注」、「注意」、「警告」について

本マニュアルをご利用の際に、本文に出てくる「注」、「注意」、「警告」に注意して下さい。
このマニュアルにおける「注」、「注意」、「警告」の定義は以下の通りです。

注：STM-2 の性能を最大限引き出す上で役に立つ関連情報です。



注意

これらのメッセージに従わない場合、STM-2 に損傷を与える原因となります。



警告

これらのメッセージに従わない場合、人身事故を引き起こすことがあります。



警告：感電の危険

人身事故を引き起こす可能性のある危険な電圧が流れています。

1.2.2 一般的な安全について



警告

STM-2 は繊細な回路が存在します。ケースを開ける前、またはセンサーを接続する際に、まずUSBを外して下さい。

すべてのメンテナンス作業は、資格を持った担当者に依頼して下さい。



注意

STM-2 はRFスパッタリングシステム、または他のノイズ環境で適切していない可能性があります。



警告

これらのメッセージに従わない場合、装置の安全が保障できなくなり、人身事故を引き起こす可能性があります。

1.3 インフィコンへの連絡方法

www.inficon.com の Support >> Support Worldwide から、次のサポート情報をご利用頂くことができます。

- ◆ Sales and Customer Service
- ◆ Technical Support
- ◆ Repair Service

STM-2 についてお問い合わせ際に、以下の情報を準備して下さい。

- ◆ STM-2 のセルスオーダー(Sales Order)、または Purchase Order 番号
- ◆ STM-2 のソフトウェアバージョン (Section 3.3.3.1 または Section 4.3.7 を参照)
- ◆ ウィンドウズのバージョン
- ◆ 問題の詳細
- ◆ これまでに試みた補正対策の内容
- ◆ 受信したエラーメッセージ

1.3.1 STM-2 の返却について

インフィコンへ STM-2 を返送する場合は、必ず事前にカスタマー・サービス代理店に連絡を取って、カスタマー・サービス代理店から RMA (Return Material Authorization) ナンバーを得てください。

RMA ナンバーがない状態でインフィコンへ返送すると、到着した荷物は保留されて、あなた宛に問い合わせがなされることとなります。その結果、返送された STM-2 のサービスが遅れることとなります。

センサーがプロセス材料に接触していた場合、RMA ナンバーを得る前に、Declaration of Contamination (DOC) を記入するよう要求されることがあります。その場合、RMA ナンバーが発行される前に、インフィコンにより DOC が承認される必要があります。インフィコンは、センサーを当社の工場ではなく、指定汚染除去施設へ送付するよう要請する場合があります。

1.4 仕様

センサー.....	シャッターなしシングル標準センサー
センサー入力.....	1
センサー入力.....	メス BNC
測定周波数範囲.....	6.0 から 5.0MHz (固定)
周波数分解能.....	±0.03Hz@6MHz
測定間隔.....	0.10s
リファレンス周波数安定性.....	±2ppm
膜厚およびレート分解能.....	±0.037Å@ツーリング=100, 密度=1, 基本周波数= 6MHz
膜厚表示分解能.....	1 Å
インターフェイス.....	USB, 5m (16.4ft) 最大長さ

1.4.1 電源

供給電源電圧.....	400 mA, 5 V (dc)
USB 絶縁電圧.....	1000V
USB 絶縁キャパシタンス.....	300 pF

1.4.2 動作環境

用途.....	室内のみ
動作温度.....	0~50°C (32~122° F)
保管温度.....	-10~60°C (14~140° F)
湿度.....	85% RH まで, 結露なきこと
高度.....	2000m まで
汚染度.....	2

1.4.3 サイズと重量

サイズ.....	11.4×7.6×2.5cm (4.5×3×1 インチ)
重量.....	57g (2 oz.)

1.4.4 パソコン仕様

オペレーティングシステム.....	Window 8, Window 7, Window Vista, Window XP, Window10, Windows10 pro, Windows11
USB ポート.....	1 台の STM-2 につき 1 USB 1.1 (またはそれ以上)

1.5 開梱と検査

1. STM-2をパッケージから取り出します。
2. 輸送中に発生した損傷がないかどうか、STM-2 を詳細に検査します。コンテナ外部に乱暴な取り扱いによる明白な損傷が見られた場合、この作業は特に重要です。損傷が見られたら、速やかに輸送業者とインフィコンに連絡します。

注： 検品を終え、少なくとも点検用のパワーON 確認をするまでは、梱包材料を捨てないでください。

3. 注文書を参照しながら、検品します。
4. STM-2のインストレーションは、第2章を参照して下さい。

詳細な情報や技術的なアドバイスが必要な場合は、セクション 1.3「インフィコンへの連絡方法」を参照して、インフィコンへご連絡ください。

1.6 構成パーツとオプション・パーツに関する概要

1.6.1 基本コンフィギュレーション

STM-2 (ソフトウェア、ケーブル含).....P/N: STM-2

1.6.2 付属品

5m (16.4 ft.) USB ケーブル.....P/N: 068-0506

15.2 cm (6 インチ) BNC.....P/N: 755-257-G6

1.6.2.1 オシレーターキット

STM-2 は内部オシレーターがありますが、外部オシレーターキットを用いて、センサーとSTM-2 を接続することもできます。(Section 2.3 を参照)

3m (10ft.)オシレーターキット.....P/N: 783-500-109-10

7.6m (25ft.)オシレーターキット.....P/N: 783-500-109-25

15.2m (50ft.)オシレーターキット.....P/N: 783-500-109-50

22.9m (75ft.)オシレーターキット.....P/N: 783-500-109-75

オシレーターキットは以下を含んでいます：

オシレーター.....P/N: 783-500-013

15.2 cm (6 インチ)BNC ケーブル.....P/N: 782-902-011

(次のページに続きます)

以下のどれか一つ：

3m (10ft.) BNC ケーブル.....P/N: 782-902-012-10

7.6m (25 ft.) BNC ケーブル.....P/N: 782-902-012-25

15.2m (50 ft.) BNC ケーブル.....	P/N: 782-902-012-50
22.9m (75 ft.) BNC ケーブル.....	P/N: 782-902-012-75

これらのキットは、標準 In Vac ケーブル (長さ : 15.2 cm (6 インチ)から 78.1 cm (30.75 インチ))と一緒にご利用下さい。

1.6.2.2 センサー

標準シングルセンサー.....	P/N: SL-XXXXXX
スパッタリングセンサー.....	P/N: 750-618-G1
UHV ベーカブルセンサー.....	P/N: BK-A0F

注 : P/N 番号中の「X」は、お客様に選択して頂く情報です。 www.inficon.com にある「Sensor Datasheets」を参照して下さい。

注 : 多連センサー及びデュアルセンサーは、STM-2 とのご利用を推奨しておりません。

このページは余白です。

第2章

インストールレーション

2.1 インストールレーション要求

2.1.1 パーツ要求

- ◆ STM-2 モニター
- ◆ フィードスルー付シングルセンサー
- ◆ オシレーターキット

注：内部オシレーターをご利用の際、オシレーターキットは必要ありません。

- ◆ 用途に応じた水晶
- ◆ 仕様に合ったパソコン(Section 1.4 を参照)



注意

STM-2の性能を保つために、同梱された15.2cm (6インチ)のBNCケーブルのみをご利用下さい。

In Vac ケーブルの長さ(標準シングルセンサーおよびスパッタリングセンサー)、または電気ライン(Cool Drawer センサーおよびベークブルセンサー)の長さは、78.1cm (30.75 インチ)を超えてはいけません。

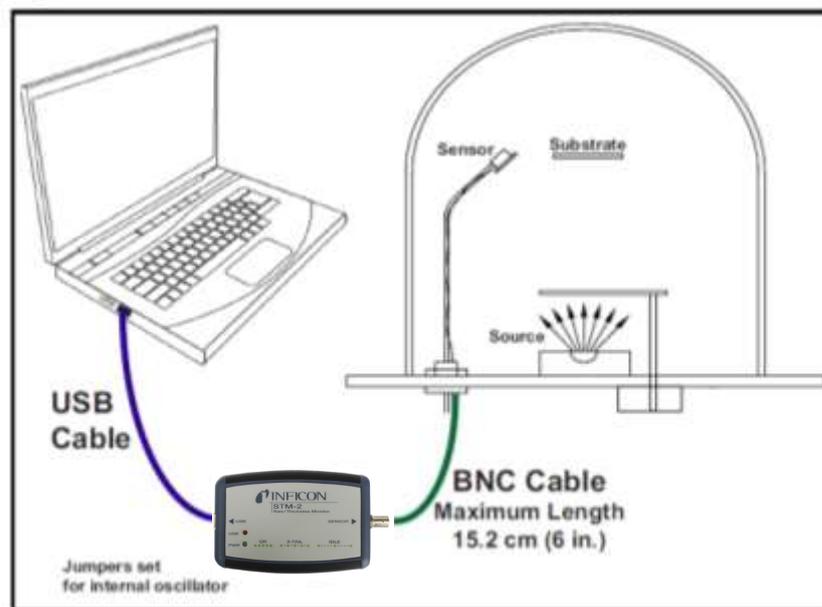
2.2 システム接続

内部オシレーターと外部オシレーターは、内部ジャンパーを用いて切り替えることができます。デフォルトの状態では、ジャンパー設定は「内部オシレーター」となっています。

2.2.1 内部オシレーター

1. 提供された USB ケーブルを用いて、STM-2 とパソコンを接続します。
2. 提供された 15.2 cm (6 インチ)BNC ケーブルを用いて、STM-2 とセンサーを接続します (Figure 2-1)。

Figure 2-1 Internal oscillator



3. STM-2 ソフトウェアおよび STM-2 LabView アプリケーションをインストールします。
(第 3 章または第 4 章を参照)

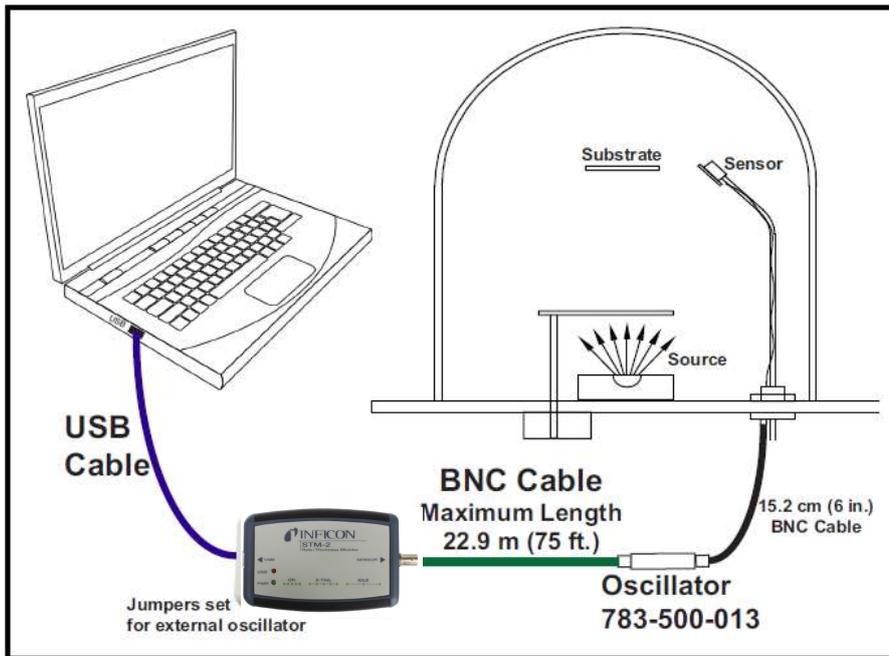
注：STM-2 ソフトウェアおよび STM-2 LabView アプリケーションは、支障なく同じパソコンでインストール・実行できます。

4. STM-2 の「PWR」表示が点灯します。(Section 2.4.1 を参照)
5. STM-2 の「USB」表示が点灯します。(Section 2.4.2 を参照)

2.2.2 外部オシレーター

オプションの外部オシレーターをご利用の際に、STM-2 内のジャンパーを再配置しなければなりません(Section 2.3)。外部オシレーターと STM-2 を接続する BNC ケーブルの長さは、最大 22.9m (75ft.)です。(Figure 2-2)

Figure 2-2 External oscillator



2.3 内部オシレーターと外部オシレーターの切り替え

3つのジャンパーを動かす必要があります。



警告

STM-2は繊細な回路が存在します。ケースを開ける前、またはセンサーを接続する際に、まずUSBを外して下さい。

すべてのメンテナンス作業は、資格を持った担当者に依頼して下さい。



注意: 静電気に弱いデバイス

STM-2のケースが開いた時、ESD手順で行って下さい。

ケース背面の2つネジを外し、後ろのケースを外します。

BNC コネクター付近に3つのジャンパーが存在しており、「Internal」と「External」で示されています。3つのジャンパーを：

- ◆ 「Internal」に移動⇒内部オシレーターオペレーション (Figure 2-3)
- ◆ 「External」に移動⇒外部オシレーターオペレーション

Figure 2-3 Jumpers set for internal oscillator operation



2.4 STM-2 の表示

2.4.1 電源

- 点灯.....STM-2 が電源 ON 状態。正常な水晶と接続されています。
ホストパソコンは、リセット STM-2 を初期化し、リセットステータスが帰ってきます。
- 高速フラッシュ.....STM-2 は電源 ON していますが、正常な水晶と接続されていません。
- 遅く点滅 (1 回/秒)STM-2 は電源 ON 状態、正常な水晶と接続されていますが、パソコンアプリケーションをはまだ STM-2 を起動していません。STM-2 が起動されると、継続点灯が表示されます。(Section 6.1.1 を参照)
- 光らない.....STM-2 は電源 OFF 状態です。USB 接続を確認、パソコンが ON していることも確認します。

2.4.2 USB

通信の状態に関して、「USB」の点灯具合から示されます。

- 点灯.....STM-2 はパソコンに接続しています。100ms ごとの受送信が行われています。
- フラッシュ.....STM-2 はパソコンに接続・通信されています。フラッシュの速さは、受信と送信の経過時間に応じています。1 秒ごとに 1 回送信した場合、「USB」表示は約 1 秒ごとにフラッシュします。
- 光らない.....STM-2 はパソコンに接続されていません。

注: STM-2-x_win32 LabView アプリケーションをソフトウェアおよび INFICON STM-2 ソフトウェアは、100ms ごとに通信しているため、「USB」表示が安定した点灯を示します。ユーザー様によって改造されたソフトウェアの場合、送信した後の経過時間が長いため、「USB」表示が安定した点灯を示さない可能性があります。

このページは余白です。

第3章

STM-2 制御ソフトウェアの操作

3.1 概要

INFICON STM-2 ソフトウェアは 8 台の STM-2 まで接続でき、レート・膜厚・周波数・水晶寿命を示すことが可能です。

3.2 STM-2 制御ソフトウェアのインストール

3.2.1 プロトコールサーバーのインストール

1. 「Thin Film Manuals CD」をパソコンの CD ドライブに入れます。
2. 「Windows Explorer」または「File Explorer >> Computer >> (CD drive letter)>>Common Software」をクリックします。
3. 「setup_smdp_svr_lv.exe.」をダブルクリックします。「Zip Self-Extractor」のウィンドウが表示されます。 ※必ず setup_smdp_svr_lv.exe. からインストールしてください。インストールの順番が異なると正常動作しない可能性があります。
4. 「Unzip」をクリックして、「SMDP Serial Protocol Server」のウィンドウが表示されます。
5. 「Destination Directory」にて、「Browse」をクリックして保存場所を選択します。
6. 「Next」をクリックします。
7. ライセンス契約に目を通します。
8. 「I accept License Agreement」をクリックします。
9. 「Next」をクリックします。
10. 全ての簡約内容を読みます。
11. 「Next」をクリックします。「Installation Complete」が表示されます。
12. 「Next」をクリックします。「Setup Wizard」が表示されます。
13. 「Next」をクリックします。「Complete Installation」が表示されます。
14. 「Next」をクリックします。
15. ライセンス契約に目を通します。
16. 「I Agree」をクリックします。
17. 「Next」をクリックします。「Installation Complete」が表示されます。
18. 「Close」をクリックします。
19. 「Zip Self-Extractor」上の「Close」をクリックします。

3.2.2 制御ソフトウェアとデバイスドライバーのインストール

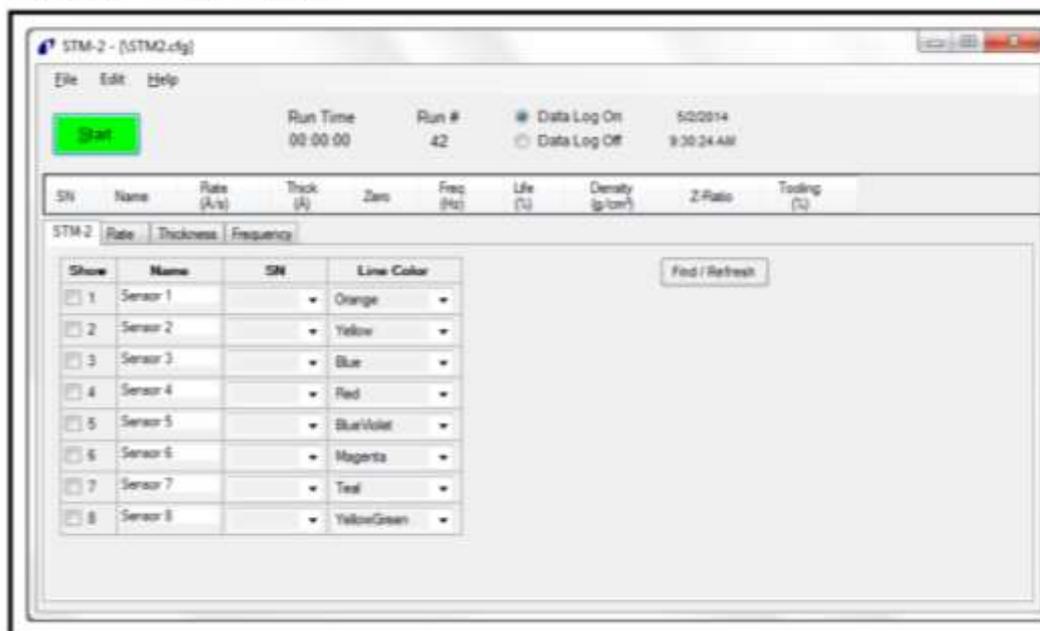
1. 「Thin Film Manuals CD」をパソコンの CD ドライブに入れます。
2. 「Windows Explorer」または「File Explorer >> Computer >> (CD drive letter)>>STM-2」をクリックします。
3. 「STM-2 v1.0.0 Setup.exe.」をダブルクリックします。「STM-2 InstallShield Wizard」のウィンドウが表示されます。
4. 「Next」をクリックします。
5. 全ての簡約内容を読みます。
6. 「I accept the terms in the License Agreement」を選択します。
7. 「Next」をクリックします。
8. 「Change」をクリックして、ファイルの保存場所を選択します。
9. 「Next」をクリックします。
10. 「Install」をクリックします。
11. 「Finish」をクリックします。「USB Installer-InstallShield Wizard」のウィンドウが表示されます。
12. 「Next」をクリックします。
13. 簡約内容を読みます。
14. 「I accept the terms in the License Agreement」を選択します。
15. 「Next」をクリックします。
16. 「User Name」と「Organization」の情報を入力します。
17. 「Next」をクリックします。
18. 「Install」をクリックします。
19. 「Finish」をクリックします。「CP210x USB to UART Bridge Driver Installer」のウィンドウが表示されます。
20. 「Next」をクリックします。
21. 簡約内容を読みます。
22. 「I accept this agreement」を選択します。
23. 「Next」をクリックします。
24. 「Finish」をクリックします。

3.2.3 制御ソフトウェアのインストール

3.2.3.1 Window XP または Window 7 において

1. Start >> All Programs >> INFICON >> STM-2 をクリックします。
2. STM-2 のウィンドウが表示されます。(Figure 3-1)

Figure 3-1 STM-2 window



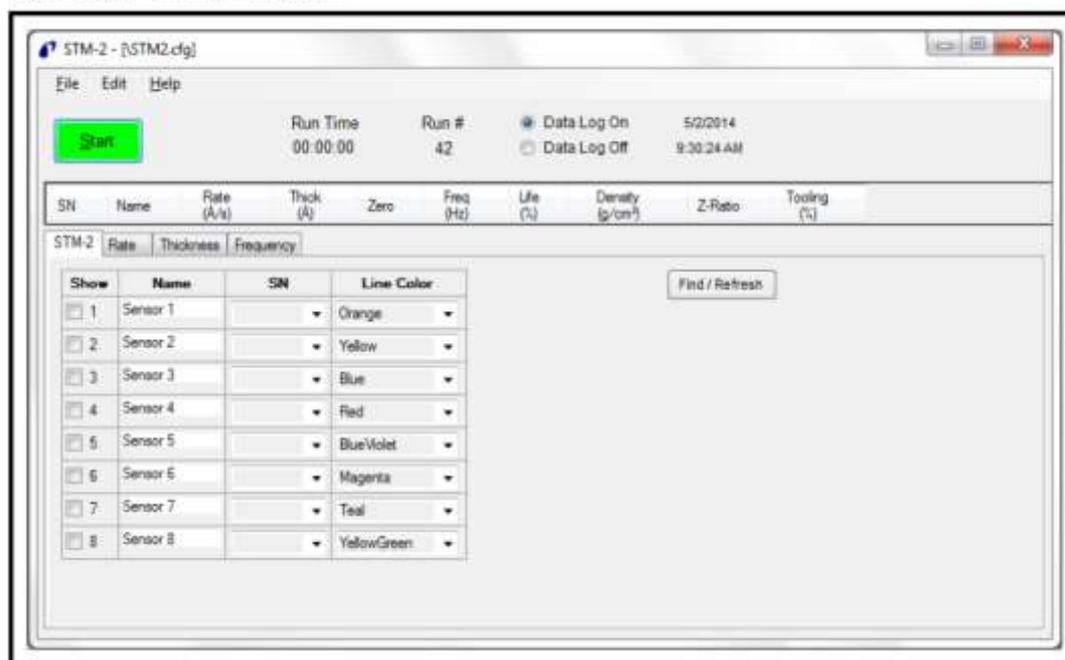
3.2.3.2 Window 8 において

1. 「Start」ウィンドウで、「STM-2」アイコンをクリックします。
2. アイコンが見つからない場合：
 - 2a: 「Search >> Apps」をクリックします。
 - 2b: 「Search」ボックスにて、「STM」の文字を入力します。
 - 2c: 「STM-2」アイコンをクリックします。

3.3 STM-2 ウィンドウ

STM-2 ウィンドウは、シリアル番号 (S/N)、センサー名、レート、膜厚、ゼロ膜厚ボタン、周波数、水晶寿命、膜の密度、Z-レシオ、ツーリングおよび材料を表示します。また、モニターを「開始 (start)」、「停止(stop)」、「一時中断(pause/resume)」のボタンがあります。プロセスのランタイム、ラン数、データロギングの ON/OFF、現在の日付および時間も表示されます。このウィンドウでは、「STM-2」、「レート」、「膜厚」、「周波数」のタブがあり、カスタマイズおよびコンフィグレーションのために、「ファイル」、「編集」、「ヘルプ」があります。(Figure 3-2)

Figure 3-2 STM-2 window



- ファイルメニュー：Section 3.3.1 を参照
- 編集メニュー：Section 3.3.2 を参照
- ヘルプメニュー：Section 3.3.3 を参照
- STM-2 タブ：Section 3.3.4 を参照
- レートタブ：Section 3.3.5 を参照
- 膜厚タブ：Section 3.3.6 を参照
- 周波数タブ：Section 3.3.7 を参照

STM-2 ウィンドウ

Start / Stop (開始/停止).....クリックしてモニタリングを開始します。再度クリックしますと **Stop** になります。 **Stop** の状態では、測定およびデータログが停止され、再度 **Start** をクリックしない限りずっと停止状態です。

Pause / Resume (一時停止 / 再開).....**Pause** をクリックしますと、モニタリングが一時停止となり、再度クリックすれば測定を再開しランタイムを継続します。

Run Time (ランタイム).....モニタリングしたラン数の時間を示します。 **Start** をクリックしますと **Run Time** がリセットされ、 **Pause / Resume** をクリックしますと **Run Time** が停止または継続します。

Run # (ラン数).....**Start** をクリックしますと増加します。

Data Log On / Data Log Off (データログの ON/OFF)

.....**Data Log On** : データログができます。

.....**Data Log Off** : データログができません。

Date (日付).....現在の日付を表示します。(月/日/年)

Time (時間).....現在の時間を表示します。(hh:mm:ss)

S/N (シリアル番号).....STM-2 のシリアル番号 (Section 3.3.4 を参照)

Name (名前).....STM-2 の名前 (Section 3.3.4 を参照)

Rate (レート).....レート($\text{\AA}/\text{s}$)、または質量レート($\text{ng}/\text{cm}^2/\text{s}$) (Section 3.3.4 を参照)

Thick (膜厚).....膜厚(\AA or k\AA)、または質量($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) (Section 3.3.2.2 を参照)

Zero (ゼロ膜厚).....クリックして膜厚をゼロにします。

Freq (周波数).....水晶の周波数を表示します。クリスタルフェイルの場合、「!XTAL FAIL!」と表示されます。

Life (水晶寿命).....水晶の寿命を表示します。新品の場合は 100% であり、プロセスが進むにつれ 100% から減少していきます。

注：6MHz 水晶の場合

Density (密度).....0.5~99.99

材料密度の単位は g/cm^3 です。テキストボ

ックスをクリックして密度を編集することができます。一般的な材料密度の値は、Appendix A を参照して下さい。

Z-Ratio (Z-レシオ).....0.1~9.999 蒸

着材料の Z-レシオです。テキストボックスをクリックして Z-レシオを編集することができます。一般的な材料の Z-レシオの値は、Appendix A を参照して下さい。

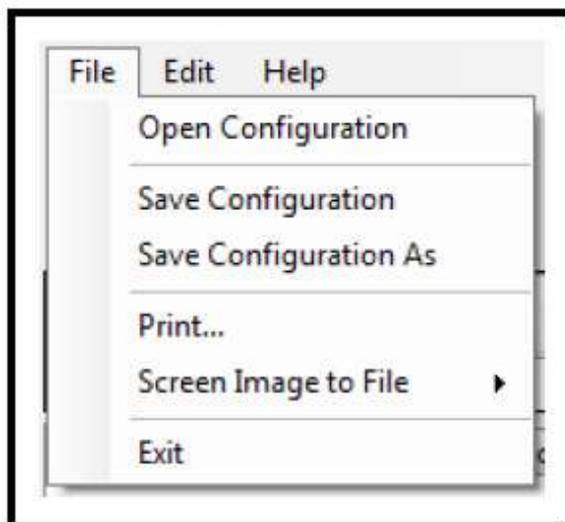
Tooling (ツーリング).....10~399

センサーのツーリングです。テキストボックスをクリックしてツーリングを編集することができます。ツーリングの決め方は、Section 7.3 を参照して下さい。

3.3.1 ファイルメニュー

「ファイル」をクリックすることで、コンフィグレーションファイルを開く・保存、スクリーン画像を印刷、または STM-2 ソフトウェアから出ることができます。(Figure 3-3)

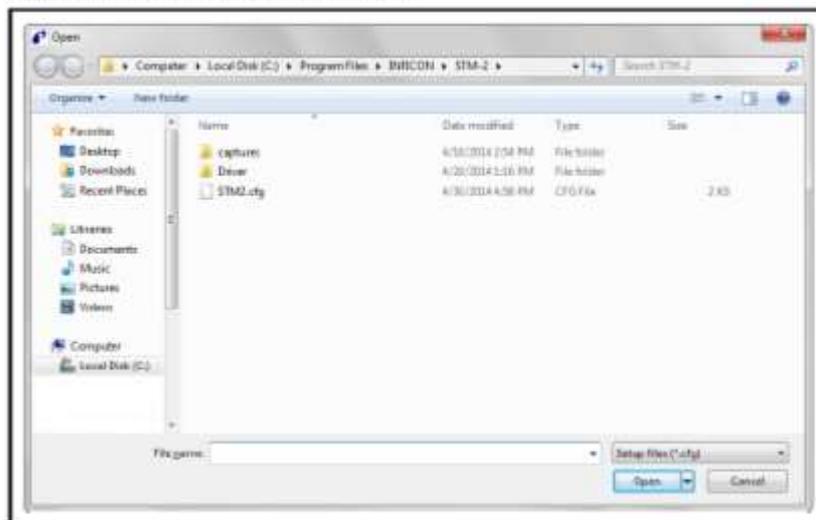
Figure 3-3 File menu



3.3.1.1 コンフィグレーションを開く

コンフィグレーションファイルを選択して、STM-2 ソフトウェアにロードします。(Figure 3-4)

Figure 3-4 Open Configuration window



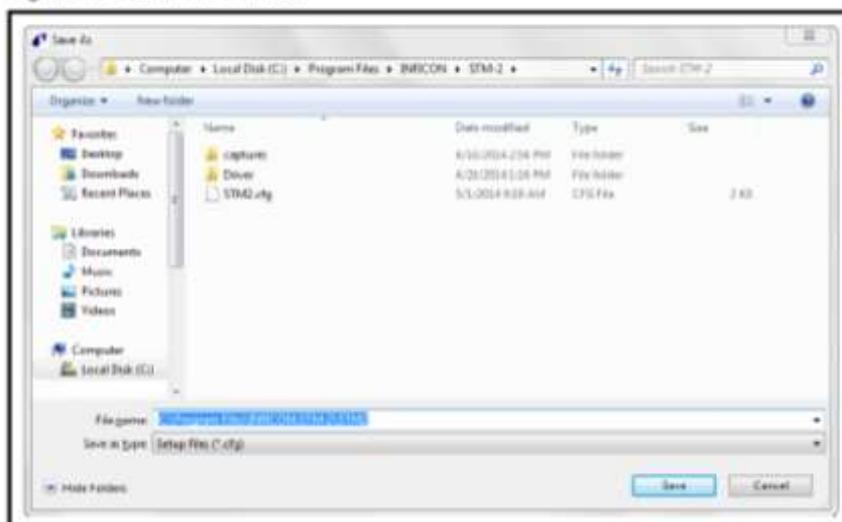
3.3.1.2 コンフィグレーションを上書き保存

クリックして現在のコンフィグレーションを保存します。デフォルトのコンフィグレーションファイルは STM2.cfg です。

3.3.1.3 コンフィグレーションを名前付けて保存

名前と保存場所を選択して、コンフィグレーションファイルを保存します。(Figure 3-5)

Figure 3-5 Save As window



3.3.1.4 プリント

クリックして、全てまたは現在の STM-2 ウィンドウの画像をプリントすることができます。(Figure 3-2 を参照)。

注：プリントセットアップのウィンドウがあるセッションで構成された場合、ソフトウェアから出て再度開かない限り、パラメータを変更することができません。

3.3.1.5 画像の保存

Current View to JPG.....現在のウィンドウの JPEG 画像をデフォルトキャプチャーフォルダーに置きます。Local Disk (C:) >> Program Files >> INFICON >> STM-2 >> Captures

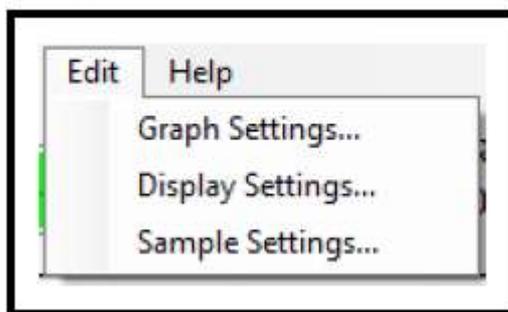
All Views to JPGs.....STM-2 ウィンドウの JPEG 画像をデフォルトキャプチャーフォルダーに置きます。Local Disk (C:) >> Program Files >> INFICON >> STM-2 >> Captures

Select JPG Folder.....JPEG 画像を保存する場所・名前を選択します。

3.3.2 編集メニュー

グラフ・ディスプレイ・サンプルセッティングを編集します。(Figure 3-6)

Figure 3-6 Edit menu



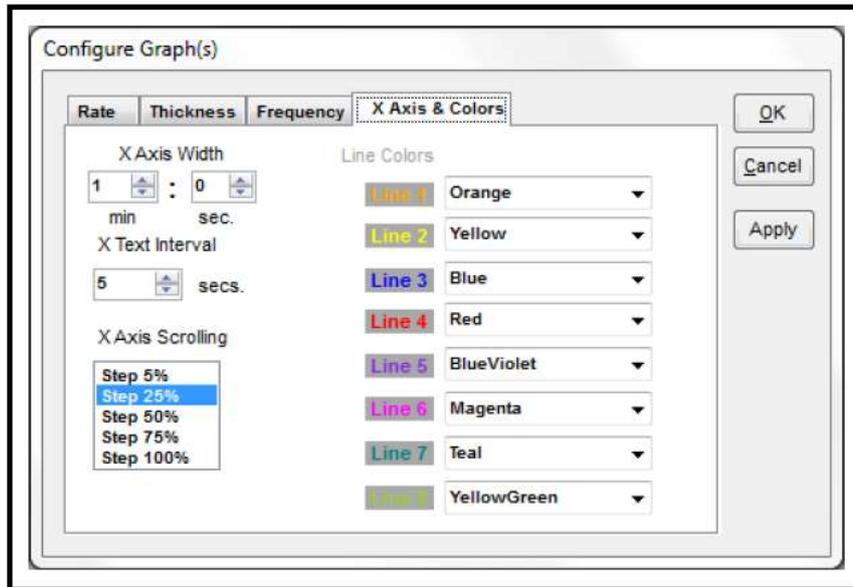
3.3.2.1 グラフ設定

グラフ設定をクリックして、レート、膜厚、周波数のグラフを編集します。また、線の色、軸の形式およびスクローリングをカスタマイズすることもできます。

注：モニタリングの際に、グラフ設定が使用できません。

3.3.2.1.1 X 軸と色

Figure 3-7 X Axis & Colors tab



X Axis Width.....1分~120分, 59秒

スピンドックスを用いて、分と秒を設定します。

X Text Interval.....1~480秒

X 軸の時間間隔です。

X Axis Scrolling.....Step 5%, 25%, 50%, 75%, 100% を選択して、x 軸が最大値に達した時に表示されるグラフ(新しいプロット)の割合を決めます。

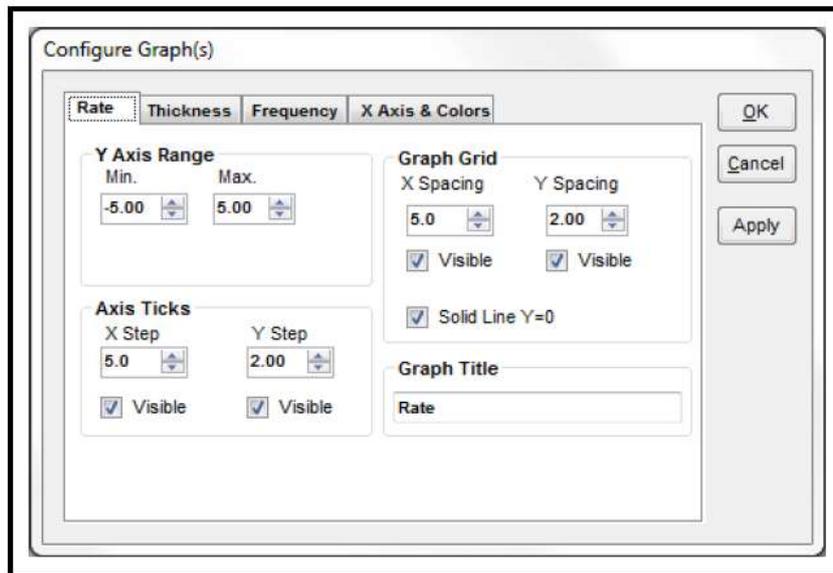
Line Colors.....ドロップダウンリストボックスをクリックして、各 STM-2 の色を決めます。

注：STM-2 のタブのラインカラーも変更されます。(Figure 3-15 を参照)

変更したら「Apply」をクリックして更新します。「OK」をクリックして保存し、Configure Graph ウィンドウを閉じます。変更をキャンセルする場合、「Cancel」をクリックして、Configure Graph ウィンドウを閉じます。

3.3.2.1.2 レートのタブ

Figure 3-8 Rate tab



Y 軸の範囲設定

Min.....-100.00~100.00

Y 軸の最小値を示します。

注：最小値は最大値よりも小さい数字にする必要があります。

Max.....-100.00~100.00

Y 軸の最大値を示します。

注：最大値は最小値よりも大きい数字にする必要があります。

Axis Ticks (目盛)

X step.....0~100.0

x 軸の目盛を表示します。

注：「Visible」にチェックを入れた時のみ、目盛が表示されます。

目盛を表示したくない場合、チェックを外して下さい。

Y step.....0~100.0

y 軸の目盛を表示します。

注：「Visible」にチェックを入れた時のみ、目盛が表示されます。

目盛を表示したくない場合、チェックを外して下さい。

Graph Grid (グリッド線)

X spacing.....0~100.0

x 軸のグリッド線を表示します。

注:「Visible」にチェックを入れた時のみ、グリッド線が表示されます。
グリッド線を表示したくない場合、チェックを外して下さい。

y spacing.....0~100.0

y 軸のグリッド線を表示します。

注:「Visible」にチェックを入れた時のみ、グリッド線が表示されます。
グリッド線を表示したくない場合、チェックを外して下さい。

Solid Line Y=0.....レートグラフにおいて、Y=0 の時実線として表示します。Y=0 で実線を
除きたい場合、チェックを外して下さい。

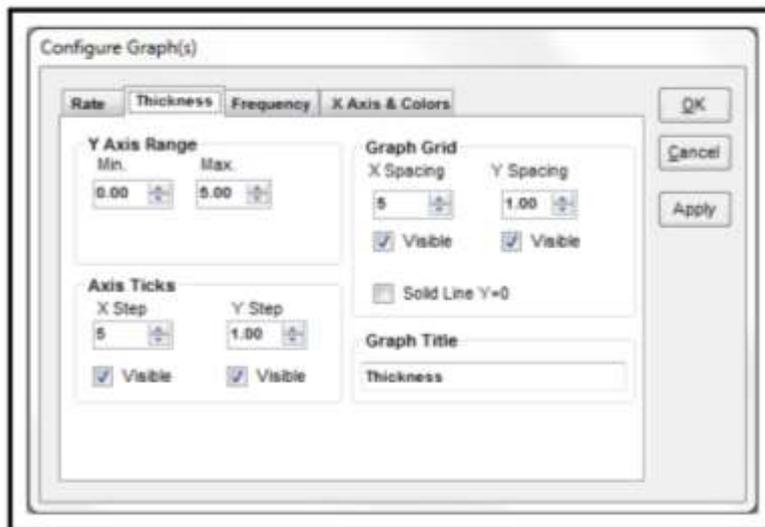
Graph Title (グラフのタイトル)

レートグラフのタイトルを編集します。

注:変更したら「Apply」をクリックして更新します。「OK」をクリックして保存し、**Configure Graph** ウィンドウを閉じます。変更をキャンセルする場合、「Cancel」をクリックして、**Configure Graph** ウィンドウを閉じます。

3.3.2.1.3 膜厚のタブ

Figure 3-9 Thickness tab



Y 軸の範囲設定

Min.....-100.00~100.00

Y 軸の最小値を示します。

注：最小値は最大値よりも小さい数字にする必要があります。

Max.....-100.00~100.00

Y 軸の最大値を示します。

注：最大値は最小値よりも大きい数字にする必要があります。

Axis Ticks (目盛)

X step.....0~100.0

x 軸の目盛を表示します。

注：「Visible」にチェックを入れた時のみ、目盛が表示されます。

目盛を表示したくない場合、チェックを外して下さい。

Y step.....0~100.0

y 軸の目盛を表示します。

注：「Visible」にチェックを入れた時のみ、目盛が表示されます。

目盛を表示したくない場合、チェックを外して下さい。

Graph Grid (グリッド線)

X spacing.....0~100.0

x 軸のグリッド線を表示します。

注:「Visible」にチェックを入れた時のみ、グリッド線が表示されます。

グリッド線を表示したくない場合、チェックを外して下さい。

y spacing.....0~100.0

y 軸のグリッド線を表示します。

注:「Visible」にチェックを入れた時のみ、グリッド線が表示されます。

グリッド線を表示したくない場合、チェックを外して下さい。

Solid Line Y=0.....レートグラフにおいて、Y=0 の時実線として表示します。Y=0 で実線を
除きたい場合、チェックを外して下さい。

Graph Title (グラフのタイトル)

膜厚グラフのタイトルを編集します。

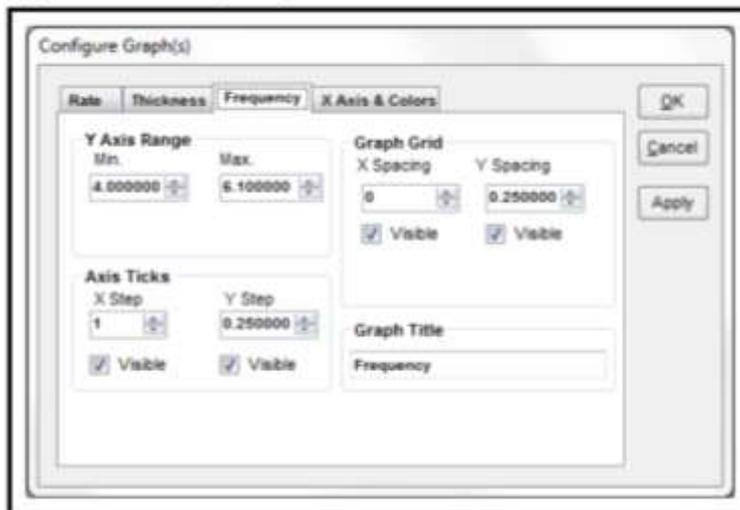
注:変更したら「Apply」をクリックして更新します。「OK」をクリックして保存し、Configure

Graph ウィンドウを閉じます。変更をキャンセルする場合、「Cancel」をクリックして、

Configure Graph ウィンドウを閉じます。

3.3.2.1.4 周波数のタブ

Figure 3-10 Frequency tab



Y 軸の範囲設定

Min.....4.000000~6.100000MHz

Y 軸の最小値を示します。

注：最小値は最大値よりも小さい数字にする必要があります。

Max.....4.000000~6.100000MHz

Y 軸の最大値を示します。

注：最大値は最小値よりも大きい数字にする必要があります。

Axis Ticks (目盛)

X step.....0~100.0

x 軸の目盛を表示します。

注：「Visible」にチェックを入れた時のみ、目盛が表示されます。

目盛を表示したくない場合、チェックを外して下さい。

Y step.....0.000000~100.000000

y 軸の目盛を表示します。

注：「Visible」にチェックを入れた時のみ、目盛が表示されます。

目盛を表示したくない場合、チェックを外して下さい。

Graph Grid (グリッド線)

X spacing.....0~100.0

x 軸のグリッド線を表示します。

注: 「Visible」にチェックを入れた時のみ、グリッド線が表示されます。

グリッド線を表示したくない場合、チェックを外して下さい。

y spacing.....0.000000~100.000000

y 軸のグリッド線を表示します。

注: 「Visible」にチェックを入れた時のみ、グリッド線が表示されます。

グリッド線を表示したくない場合、チェックを外して下さい。

Graph Title (グラフのタイトル)

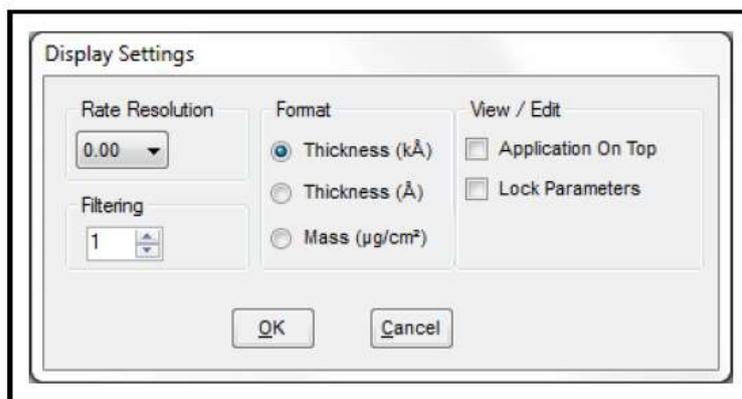
周波数グラフのタイトルを編集します。

注: 変更したら「Apply」をクリックして更新します。「OK」をクリックして保存し、Configure Graph ウィンドウを閉じます。変更をキャンセルする場合、「Cancel」をクリックして、Configure Graph ウィンドウを閉じます。

3.3.2.2 ディスプレー設定

レート分解度、フィルタリング、フォーマットおよび STM-2 ウィンドウのビューを示します。(Figure 3-11)

Figure 3-11 Display Settings window



Rate Resolution (レート分解度)..... ドロップダウンリストをクリックして、0.0 または 0.00 の分解度を選択します。

Filtering (フィルタリング).....1~99

スピンドボックスをクリックして、平均化する測定数を決めます。

注：この数値はグラフまたはデータログに影響しません。

Samples Averaged parameter (Section 3.3.2.3 を参照)を用いて、全てのディスプレイおよびデータログをフィルタリングします。

Format (フォーマット).....膜厚は kÅ, Å の単位、または質量 (µg/cm²)を選択します。

注：質量 (µg/cm²)を選択した場合、レートは質量レート (ng/cm²/s)で表示されます。

View / Edit (ビュー/編集)..... 「Application On Top」を選択して、STM-2 ウィンドウを他のウ

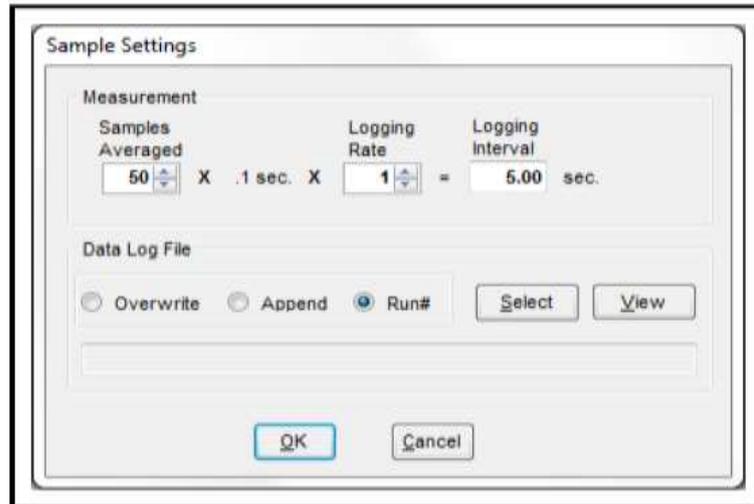
ィンドウの前に開くことができます。「Lock Parameters」を選択して、密度・Z-レシオ・ツーリングを編集できます。

3.3.2.3 サンプル設定

データロギング・ディスプレイ・グラフの設定・構成を編集します。(Figure 3-12)

注：サンプル設定はモニタリングの際に使用不能です。

Figure 3-12 Sample Settings window



Samples averaged (平均したサンプル数)...1~50

平均したいサンプルの数を決めます。

Logging Rate (ロギングレート).....1~20

Logging Rate 1: 全ての平均化した測定をログします。

Logging Interval (ロギング間隔).....データロギングの間隔を表示します。(秒)

Overwrite (上書き).....新しいデータで現在のデータを上書きします。

Append (追加).....新しいデータを現在のデータに追加します。

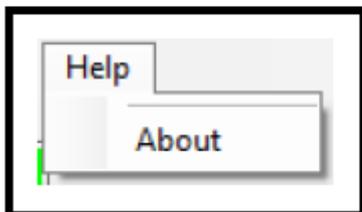
Run# (ラン数).....ラン数で名前付けされた新しいデータファイルを作成します。

Select (選択).....データファイルの名前および場所を選択します。

View (ビュー).....クリックして現在のデータログをみます。

3.3.3. ヘルプメニュー

Figure 3-13 Help menu



About.....クリックして About ウィンドウを開きます。(Section 3.3.3.1 を参照)

3.3.3.1 ウィンドウズについて

INFICON STM-2 ソフトウェアのバージョン、著作権の情報、およびソフトウェアの場所を表示します。(Figure 3-14)

Figure 3-14 About window



3.3.4 STM-2 のタブ

Figure 3-15 STM-2 tab



Show (表示).....センサーを選択して表示します。

Name (名前).....センサーの名前を編集します。

S/N (シリアル番号).....ドロップダウンリストボックスをクリックして、シリアル番号を選択します。

Line Color (線の色).....各 STM-2 に応じて線の色を選択します。

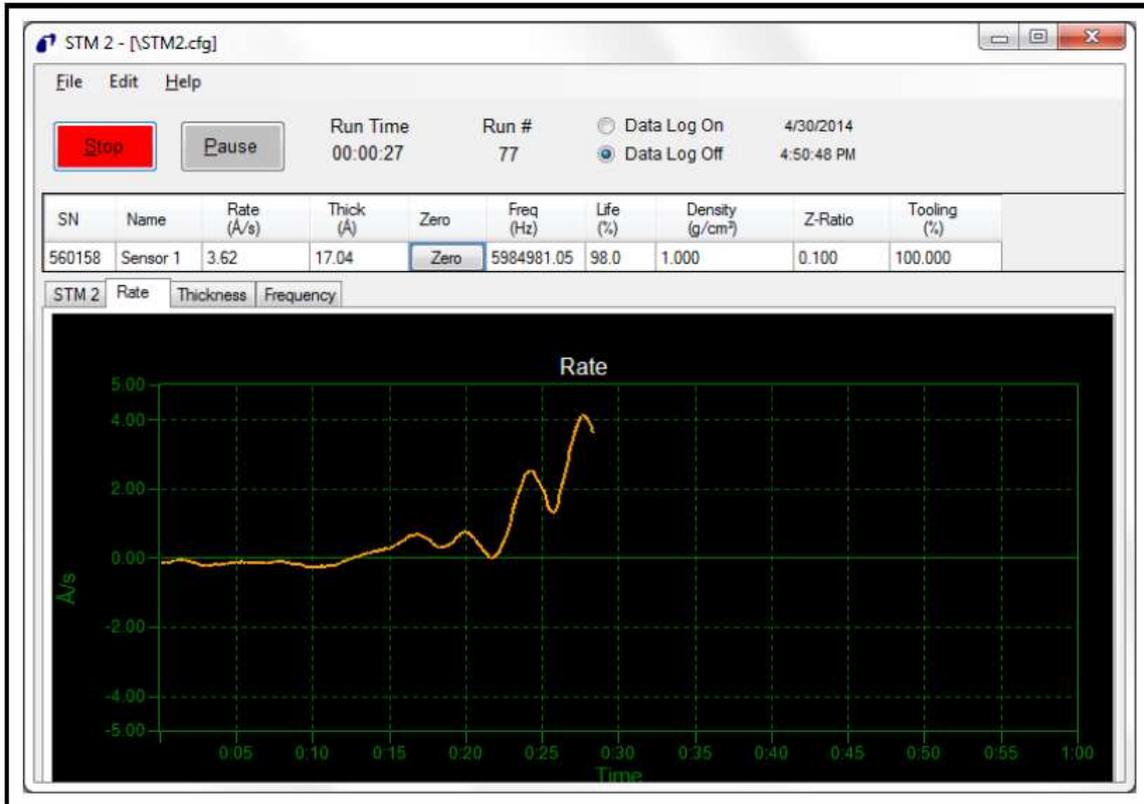
注：グラフ設定のウィンドウに存在する、
タブ「X Axis & Colors」の線の色も変更されます。

Find / Refresh (検索).....STM-2 を検索します。

3.3.5 レートのタブ

選択された STM-2 のレートおよび時間のグラフを表示します。(Figure 3-16)

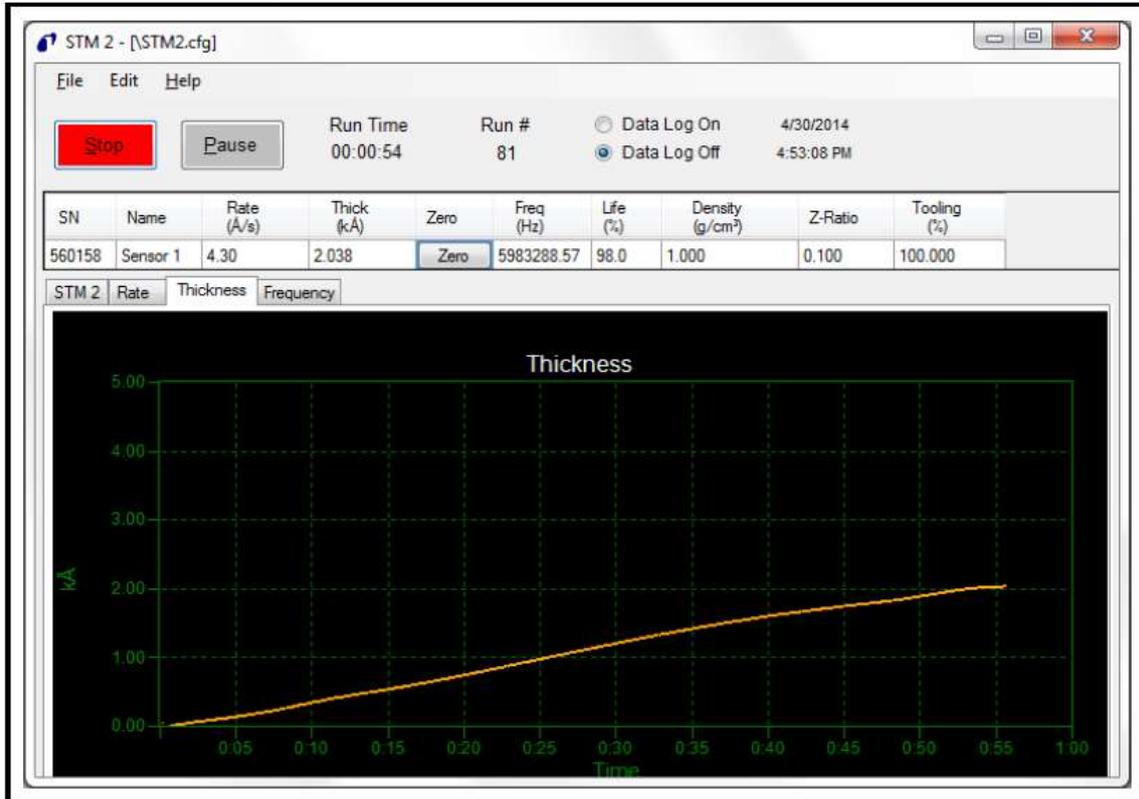
Figure 3-16 Rate tab



3.3.6 膜厚のタブ

選択された STM-2 の膜厚、または質量および時間のグラフを表示します。(Figure 3-17)

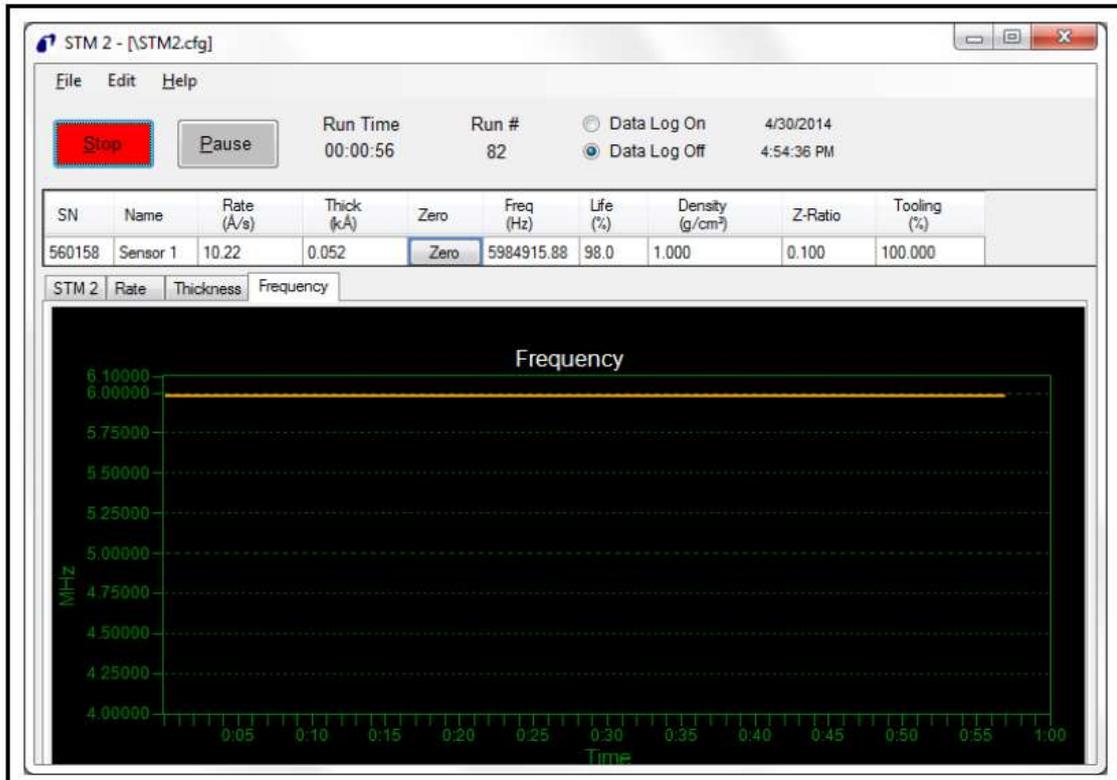
Figure 3-17 Thickness tab



3.3.7 周波数のタブ

選択された STM-2 の周波数および時間のグラフを表示します。(Figure 3-18)

Figure 3-18 Frequency tab



第4章

STM-2 LabVIEW オペレーション

4.1 序文

STM-2 LabVIEW アプリケーションは、STM-2 とセンサーによる計測された、成膜速度、膜厚、水晶振動子のライフの表示をすることができます。STM-2 LabVIEW によって、多層膜プロセスでの各層のモニタリング、及び STM-2 を切り離れた状態でのシミュレーションモードでの操作が可能です。

4.2 STM-2 LabVIEW アプリケーションのインストール

4.2.1 プロトコル サーバーをインストール

1. STM-2 に付属されている CD-ROM を、使用する PC の CD ドライブに入れて下さい。
2. エクスプローラまたは
File Explorer >>Computer >> (CD drive letter:) >>STM-2>>TOOLS>>main app をクリックして下さい。
3. setup_smdp_svr_lv.exe をダブルクリックして下さい。Zip ファイルの自己解凍画面が表示されます。
4. 解凍(Unzip)をクリックして下さい。SMDP Serial Protocol Server 画面が表示されます。
5. Destination Directory ペインで、全てのソフトウェアをインストールする を選択し Browse をクリックして下さい。
- 6.Next をクリックして下さい。
- 7.ライセンスアグリーメントを一読して下さい。
- 8.I accept License Agreement(s) をクリックして下さい。
- 9.Next をクリックして下さい。
- 10.インフォメーションのサマリーを確認して下さい。
11. Next をクリックして下さい。Installation Complete が表示されます。
12. Next をクリックして下さい。Setup Wizard ペインが表示されます。
13. Next をクリックして下さい。Confirm Installation ペインが表示されます。
14. Next をクリックして下さい。
- 15.ライセンスアグリーメントを一読して下さい。
- 16.I Agree をクリックして下さい。
17. Next をクリックして下さい。Installation Complete が表示されます。
- 18.Close をクリックして下さい。
19. Zip ファイルの自己解凍画面上の Close をクリックして下さい。

4.2.2 LabVIEW とデバイスドライバーのインストール

1. STM-2 に付属されている CD-ROM を、使用する PC の CD ドライブに入れて下さい。
2. エクスプローラまたは
File Explorer >>Computer >> (CD drive letter:) >>STM-2>>TOOLS>>main app をクリックして下さい。
3. setup_stm-x_win32.exe をダブルクリックして下さい。
Zip ファイルの自己解凍画面が表示されます。
4. 解凍(Unzip)をクリックして下さい。Sycon STM-x_win32 画面が表示されます。
5. Destination Directory ペインで、全てのソフトウェアをインストールする を選択し Browse をクリックして下さい。
- 6.Next をクリックして下さい。
- 7.ライセンスアグリーメントを一読して下さい。
8. Next をクリックして下さい。Installation Complete が表示されます。
- 9.Next をクリックして下さい。
Silicon Laboratories CP210x VCP Drivers for Windows 2000/XP/2003 Server/Vista ペインが表示されます。
10. Next をクリックして下さい。
- 11.ライセンスアグリーメントを一読して下さい。
12. I accept License Agreement(s) をクリックして下さい。
13. Next をクリックして下さい。
14. Destination Directory ペインで、全てのソフトウェアをインストールする を選択し Browse をクリックして下さい。
15. Next をクリックして下さい。
- 16.Install をクリックして下さい。InstallShield Wizard Complete ペインが表示されます。
17. Launch the CP210x VCP Driver Installer を選択して下さい。
- 18.Finish をクリックして下さい。
Silicon Laboratories CP210x USB Drivers to UART Bridge Driver Installer 画面が表示されます。
- 19.全てのドライバーをインストールする を選択し、Change Install Location をクリックして下さい。
- 20.Install をクリックして下さい。Success 画面が表示されます。
- 21.Zip ファイルの自己解凍画面上の Close をクリックして下さい。

4.2.3 STM-2 LabVIEW アプリケーションを開始する。

4.2.3.1 Windows XP または Windows 7 を起動する。

1. Start >> All programs >> Sycon >> STM-x_win32 >> STM-x_win32 をクリックする。
2. STM-x_win32.VI 画面が表示されます。図 4-1 参照

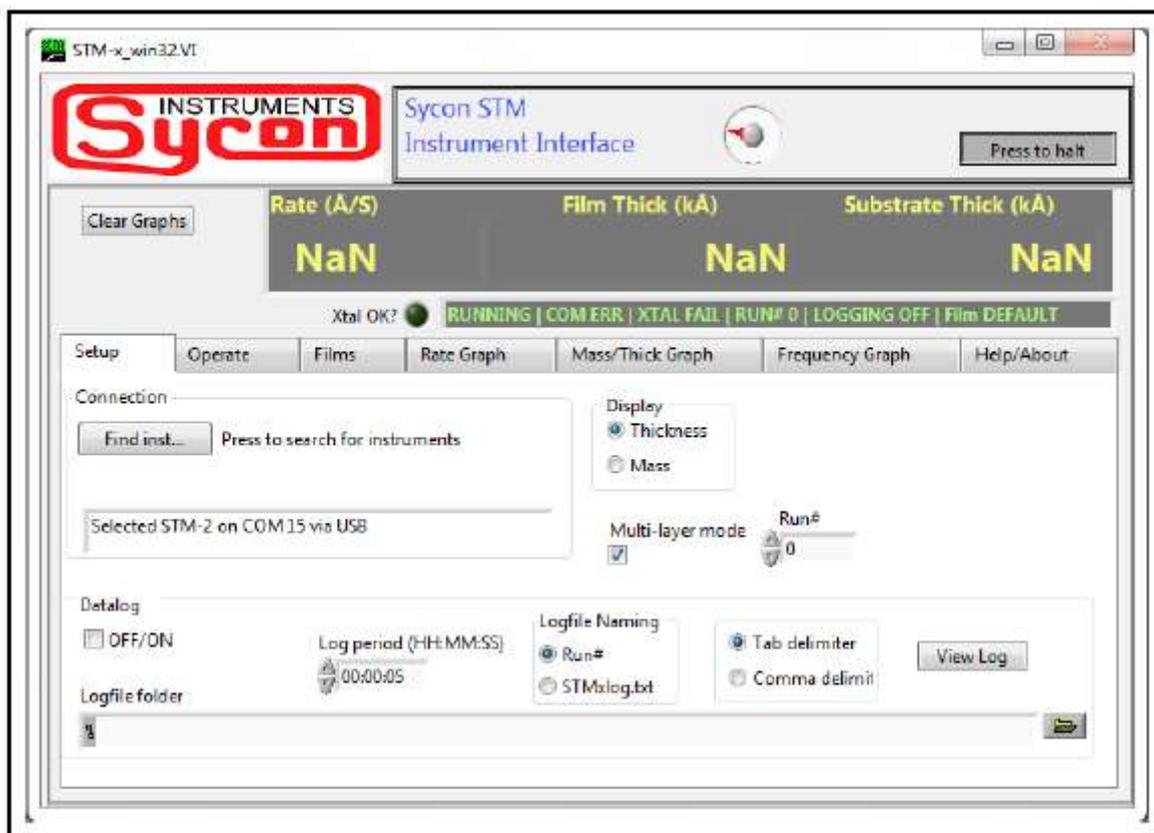


図 4-1 STM-x_win32.VI 初期画面

4.2.3.2 Windows8 ソフトウェアを開始する

1. Start 画面の STM-x_win32 アイコンをクリックして下さい。
2. もし、アイコンが見つけれない場合は、
 - 2a. Search >> Apps
 - 2b. 検索 box に STM と入力して下さい。
 - 2c. STM-x_win32 アイコンをクリックして下さい。

4.3 STM-x_win32.VI 画面

STM-x_win32.VI 画面は、接続されたセンサーの Rate、Film Thick、Substrate Thick、が表示されます。

この画面は、クリスタルの状態 (Fail or OK)、測定時間、ライフ%、測定回数、データロギング、フィルム名等、図 4-2 の画面が表示されます。

NOTE： 追加情報のために、右クリックで説明とヒント(Description and Tip)を選択して下さい。

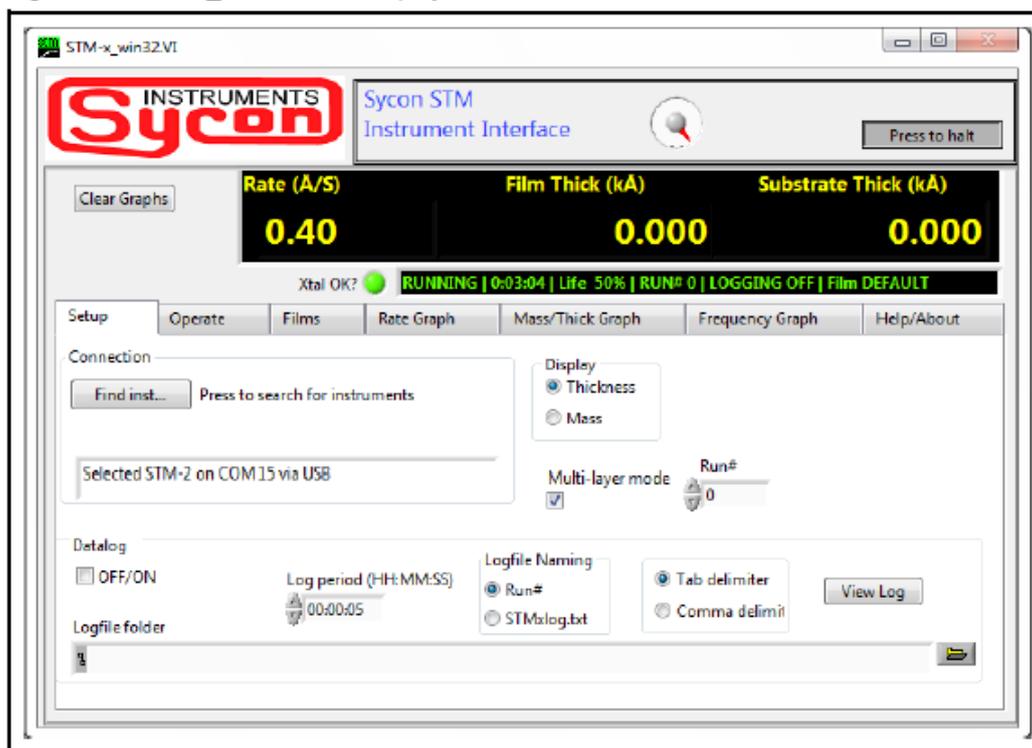


図 4-2 STM-x_win32.VI 動作画面

- ◆ Setup タブ (セクション 4.3.1)
- ◆ Operation タブ (セクション 4.3.2)
- ◆ Film タブ (セクション 4.3.3)
- ◆ Rate Graph タブ (セクション 4.3.4)
- ◆ Mass/Thick Graph タブ (セクション 4.3.5)
- ◆ Frequency Graph タブ (セクション 4.3.6)
- ◆ Help/About タブ (セクション 4.3.7)

Sycon STM Instrument Interface ペイン

Press to Halt STM-x_win32.VI 画面を閉じるときにクリック下さい。

Rate クリスタルの周波数に元づいた蒸着レート。

Film Thick/Film Mass モニターされているフィルムの膜厚値/質量

Substrate Thick/Substrate Mass 全ての層の積算膜厚 (質量)

Clear Graph レート、膜厚 (質量)、周波数グラフをクリアする。

Xtal OK? 緑ランプ点灯=Xtal OK 緑ランプ消灯=Xtal Fail 図 4-3 参照



図 4-3 Xtal OK

RUNNING/PAUSED ランニングと一時停止の選択 (セクション 4.3.2 Operate タブ参照)

h:mm:ss ランニング中の run#の時間。新しい run 毎にリセットされます。

Life/XTAL FAIL クリスタルライフの%表示。初期状態は 100%。

RUN# Operate タブで新しい run 毎にクリックすると数字が増えます。

LOGGING OFF/LOGGING ON Setup タブの Datalog ペインでデータロギング実施を選択する。

Film モニターされているフィルム名が表示されます。

4.3.1 Setup タブ

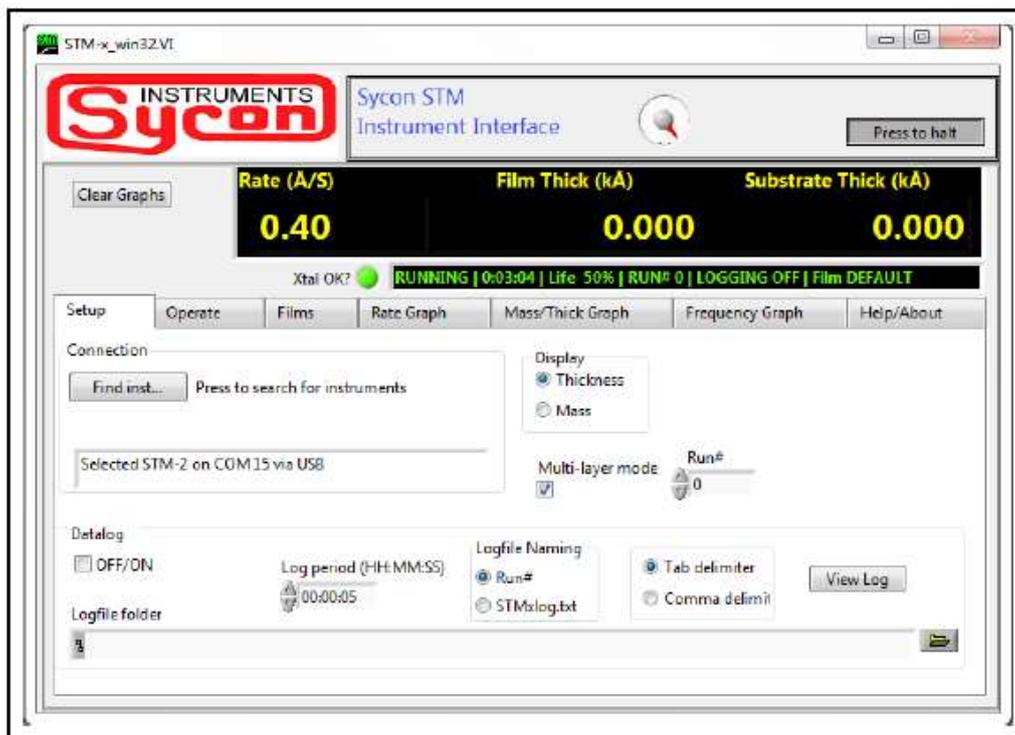


図 4-4 Setup タブ

Connection ペイン

Find Instrument 接続した STM-2 をサーチするためにクリックする。

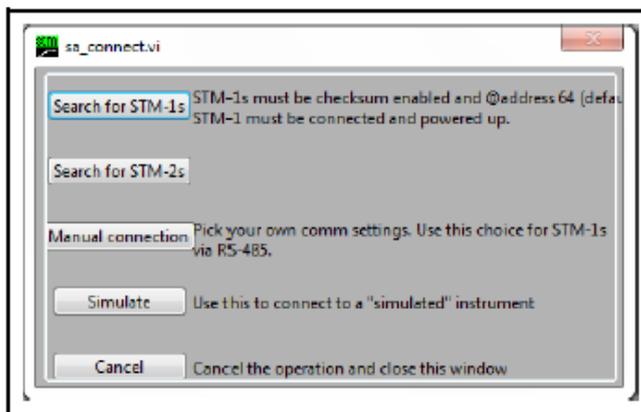


図 4-5 Find Instrument ウィンドウ

- Search for STM-1s ボタン 本機ではご利用しません。
- Search for STM-2s ボタン 接続された STM-2 を自動的に検出します。
- Manual Connection ボタン セクション 4.3.1.1 をご参照下さい。
- Simulate ボタン セクション 4.3.1.2 をご参照下さい。
- Cancel ボタン Find Instrument ウィンドウを閉じる
- Text Box 接続された STM-2 の接続情報を表示する。

Display pane

- Thickness STM-x_win32.VI ウィンドウ上の、レート単位= $\text{\AA}/\text{s}$ 、
フィルム膜厚単位= $\text{k}\text{\AA}$ 、基板膜厚単位= $\text{k}\text{\AA}$
- Mass STM-x_win32.VI ウィンドウ上の、レート単位= $\text{ug}/\text{cm}^2/\text{s}$ 、
フィルム質量単位= ug/cm^2 、基板質量単位= ug/cm^2
- Multi-layer mode マルチレイヤーモードが有効の時、STM-x_win32.VI ウィンドウ上で基板膜厚/質量を表示し、Operate タブで、New Layer ボタンと Layer Stackup ペインを表示します。
- Run# Sycon STM Instrument Interface ペインで Run の数が増えます。

Datalog ペイン

- OFF/ON データロギングを有効にします。
- Log Period hh:mm:ss
モニター値の記録をするためにデータログ期間を指定する。
- ◆ Date
 - ◆ Time
 - ◆ Running
 - ◆ Life
 - ◆ Run#
 - ◆ Logging ON
 - ◆ Film
 - ◆ Rate
 - ◆ Film Thickness/Film Mass
 - ◆ Substrate Thickness/Substrate Mass
 - ◆ Frequency

- Run# Run#に対するファイル名
- STMxlog.txt STMxlog に対するファイル名
- Tab delimiter 各フィールドを分けるために、ログデータはタブ区切りで記録されます。
- Comma delimiter 各フィールドを分けるために、ログデータはカンマ区切りで記録されます。
- View Log 現在のログデータを見る
- Logfile folder データログファイルをセーブするディレクトリを選択するためにフォルダの () アイコンをクリックする。

4.3.1.1 Manual Connection

STM-x_win32.VI は、STM-1、STM-2、（Simulate での使用）を手動接続の設定ができます。手動接続を有効にするには、Setup タブの Find Instruments をクリックし、Manual connection をクリックして下さい。Manual Comm setup ウィンドウが表示されます。Com port#、Protocol、Slave Address、Timeout(ms)、Instrument Type を選択して下さい。Done をクリックして下さい。

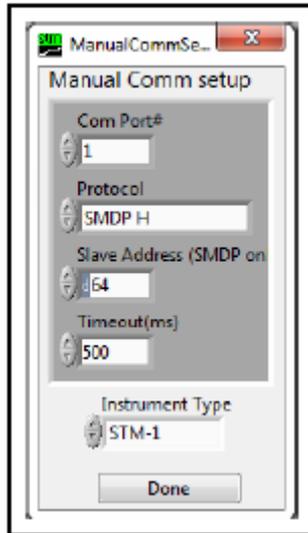


図 4-6 Manual connection

- Comm Ports 選択範囲 1 to 255
接続されている STM-2 の comm port を入力する。
- Protocol Sycon、SMDP、SMDP M、SMDP H
STM-2 comm protocol と bard rate を入力する。
 - ◆ Sycon: Sycon protocol (9.6kbps)
 - ◆ SMDP L: SMDP protocol (9.6kbps)
 - ◆ SMDP M: SMDP protocol (38.4kbps)
 - ◆ SMDP H: SMDP prptocol (115.2kpbs)
- Slave Address 選択範囲 1 to 255
STM-2 comm slave address を入力する。
- Timeout STM-1(使用不可)、STM-2、Simulate
- Done ウィンドウを閉じる

4.3.1.2 Simulate Mode

STM-x_win32.VI は STM-2 を PC に接続せずに、疑似的に蒸着モニターとして動作させることができます。シミュレーションモードを有効にするには、Setup タブの Find Instruments をクリックし、Simulate ボタンをクリックして下さい。Setup タブ上に、Sim Rate hz/sec ボックスが表示されます。

hz/s でのシミュレーション レートを入力して下さい。図 4-7 参照

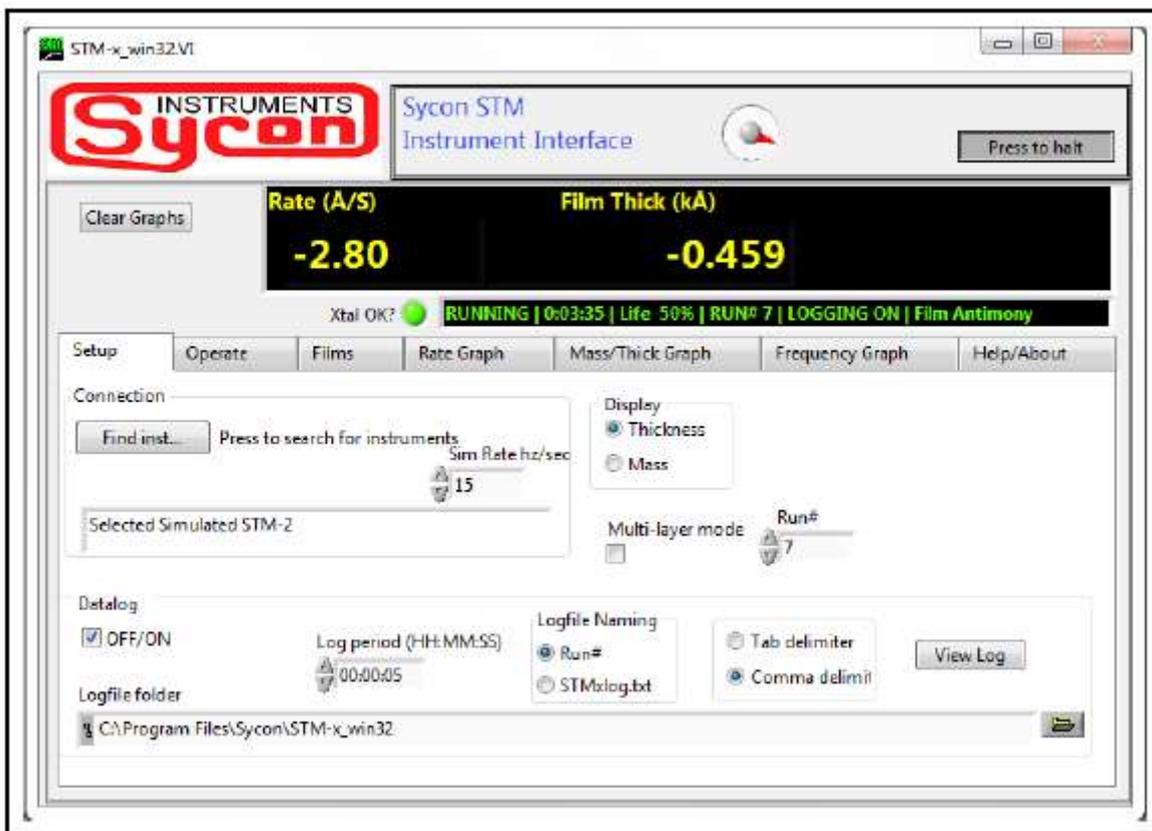


図 4-7 Simulate mode

hz/s を入力しますと、ソフトウェアは、Display ペイン上の Thickness/Mass にて、周波数を Å/s または ug/cm²/s に変換します。

4.3.2 Operate

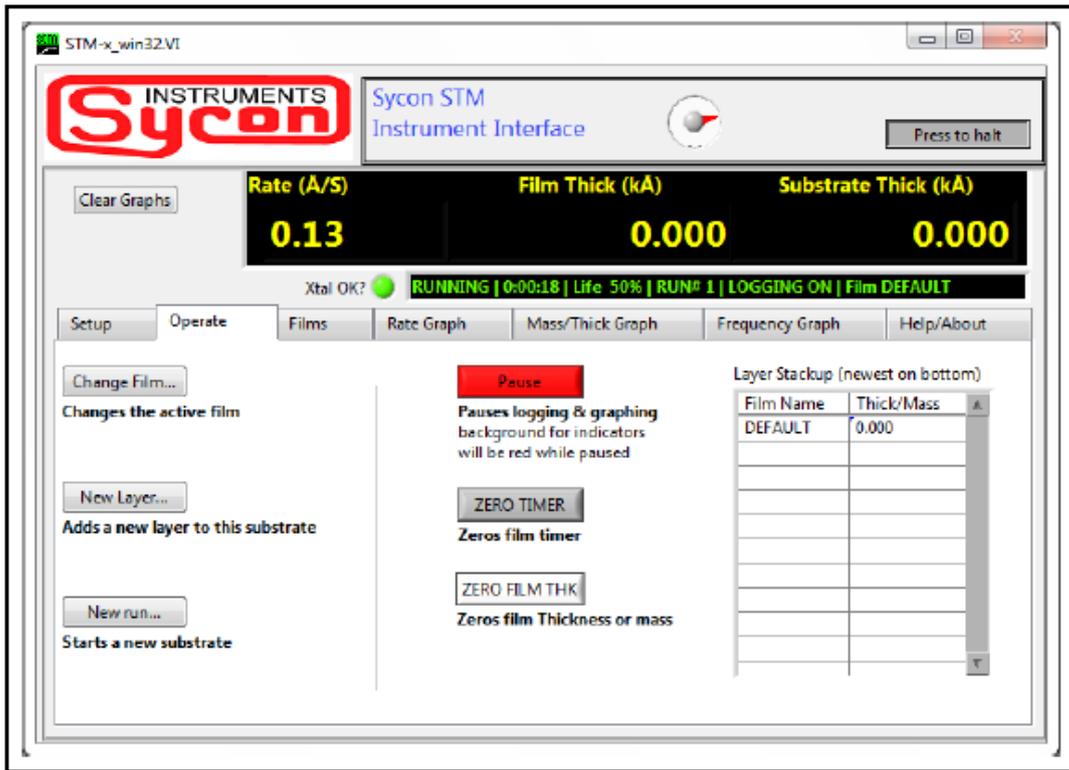


図 4-8 Operate タブ

Change Film モニターに使用するフィルムの番号に変更する。
 クリックしますと、使用するフィルムを表示する
 FilmPicker.vi ウィンドウを開きます。

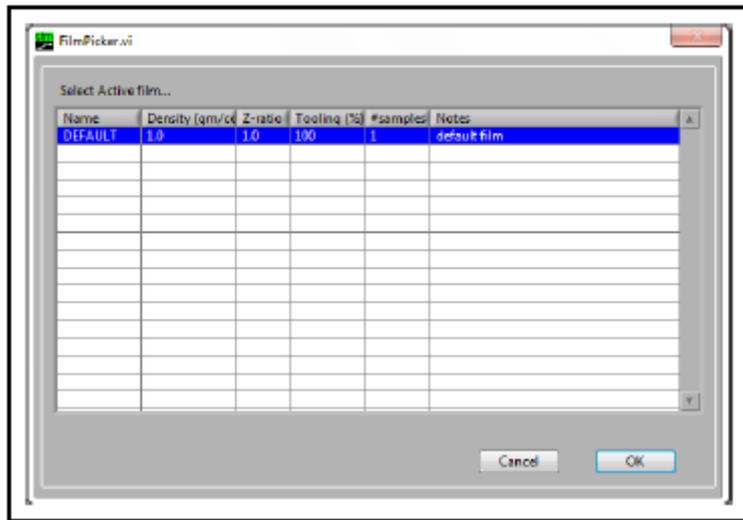


図 4-9 FilmPicker.vi ウィンドウ

NOTE: もし、このウィンドウ上のフィルムに何も表示されない場合は、Films タブの Edit Films をクリックすることによって、フィルムが追加されます。

-
- New Layer FilmPicker.vi を開き、Layer Stackup に新しいレイヤーを追加する。
- New run Layer Stackup をクリアし、FilmPicker.vi を開き、Layer Stackup に新しいレイヤーを追加しますと Run#が増えます。
- Pause/Resume 一時停止と動作再開。Operate タブ上の Pause ボタンが赤い場合には、一時停止状態です。
一時停止中は、再び Pause ボタンが押され、動作が再開するまで、データロギング及びグラフは停止します。
- ZERO TIMER Operate タブ上のボタンでタイマーをリセットします。
- ZERO FILM THK Operate タブ上のボタンで Film Thickness/Film Mass をリセットします。
- Layr Stackup プロセスの各レイヤーの、フィルム名と現在の膜厚/質量が表示される。

4.3.4 Rate Graph

計測レートをグラフ化して表示します。 図 4-12 参照

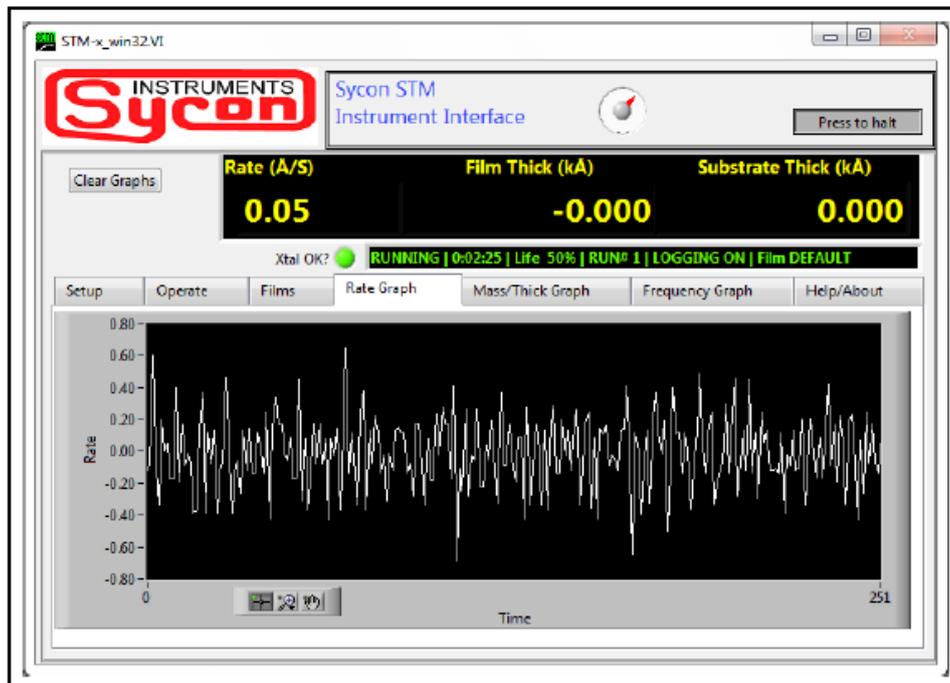


図 4-12 Rate グラフ タブ

コピーデータ、簡易イメージの書き出し、チャートのクリア、XY 軸のオートスケール、表示更新モードはグラフ上のどこの場所でも右クリックで実行できます。グラフのズームイン・アウト機能は虫眼鏡のアイコンのクリックで実行できます。

図 4-13 参照

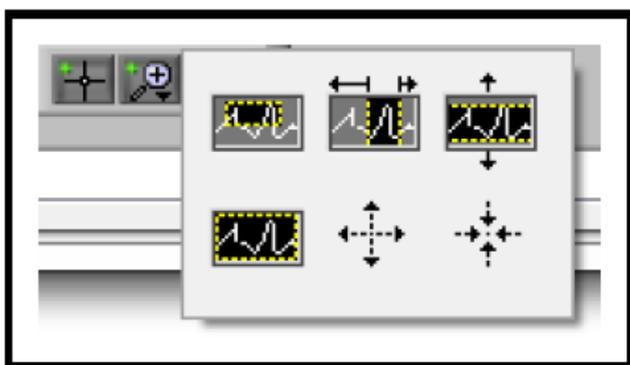


図 4-13 ズーム イン/アウト

- ◆ 左上のアイコンをクリック：グラフ上で任意の選択エリアをプレス&ドラッグしますとズームインを実行できます。
- ◆ 真ん中上のアイコンをクリック：グラフ上で任意の X 軸をプレス&ドラッグしますとズームインを実行できます。
- ◆ 右上のアイコンをクリック：グラフ上で任意の Y 軸をプレス&ドラッグしますとズームインを実行できます。

- ◆ 左下のアイコンをクリック：変更前のグラフの状態に戻すことができます。
- ◆ 真ん中下のアイコンをクリック：グラフ上でどの場所でもクリックすることで任意エリアのズームインが実行できます。

手の形のアイコン  をクリック：プレス&ドラッグでグラフを移動できます。

4.3.5 Mass/Thick Graph

膜厚/質量モニターをグラフ化して表示します。 図 4-14 参照

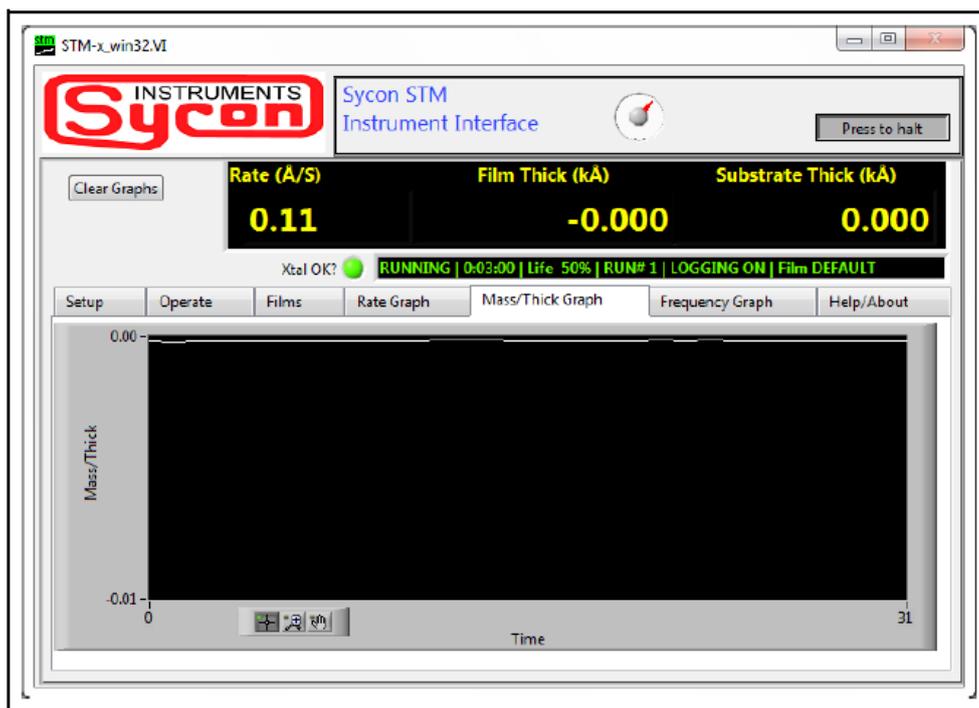


図 4-14 Mass/Thick グラフ タブ

コピーデータ、簡易イメージの書き出し、チャートのクリア、XY 軸のオートスケール、表示更新モードはグラフ上のどここの場所でも右クリックで実行できます。

グラフのズームイン・アウト機能は虫眼鏡のアイコンのクリックで実行できます。

NOTE: Auto ScaleX または Auto Scale Y が選択されている場合には、ズーム イン/アウトは利用できません。

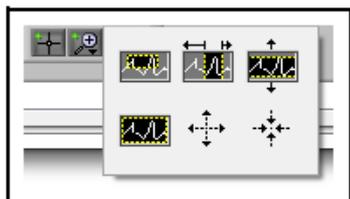


図 4-15 ズーム イン/アウト

4.3.6 Frequency Graph

計測周波数をグラフ化して表示します。 図 4-16 参照

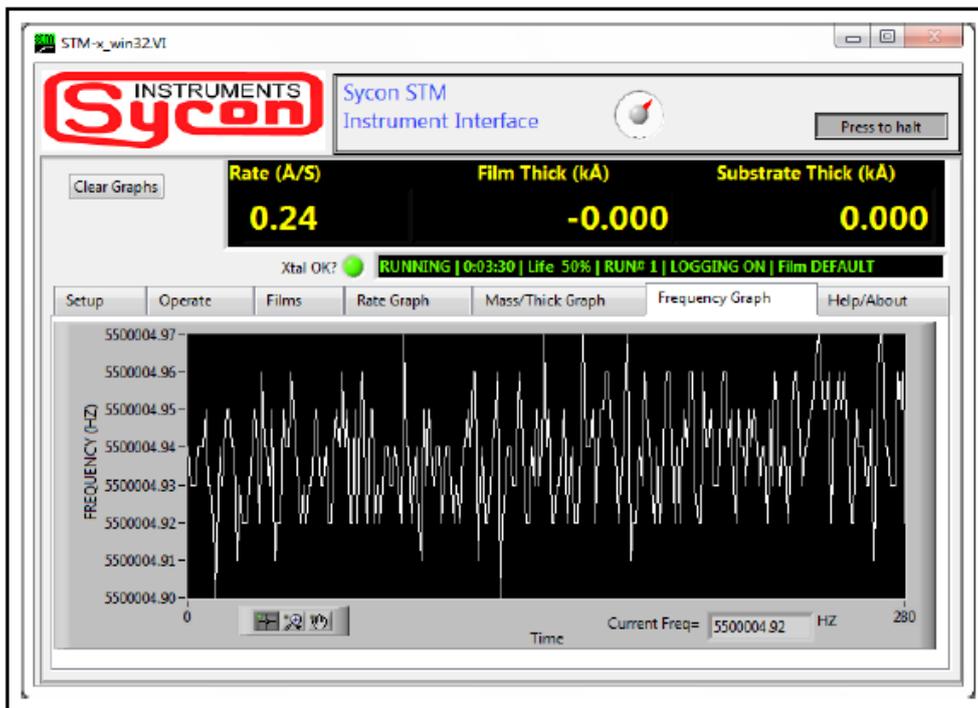


図 4-16 Frequency グラフ タブ

コピーデータ、簡易イメージの書き出し、チャートのクリア、XY 軸のオートスケール、表示更新モードはグラフ上のどこの場所でも右クリックで実行できます。

グラフのズームイン・アウト機能は虫眼鏡のアイコンのクリックで実行できます。

図 4-17 参照

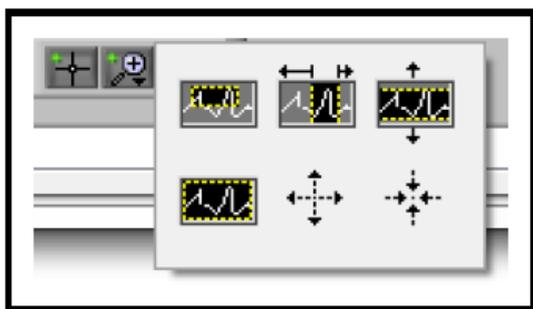


図 4-17 ズーム イン/アウト

- ◆ 左上のアイコンをクリック：グラフ上で任意の選択エリアをプレス&ドラッグしますとズームインを実行できます。
- ◆ 真ん中上のアイコンをクリック：グラフ上で任意の X 軸をプレス&ドラッグしますとズームインを実行できます。
- ◆ 右上のアイコンをクリック：グラフ上で任意の Y 軸をプレス&ドラッグしますと

ズームインを実行できます。

- ◆ 左下のアイコンをクリック：変更前のグラフの状態に戻すことができます。
- ◆ 真ん中下のアイコンをクリック：グラフ上でどの場所でもクリックすることで任意エリアのズームインが実行できます。

手の形のアイコン  をクリック：プレス&ドラッグでグラフを移動できます。

4.3.7 Help/About

トラブルシューティングとヘルプの情報を表示する。 図 4-18 参照

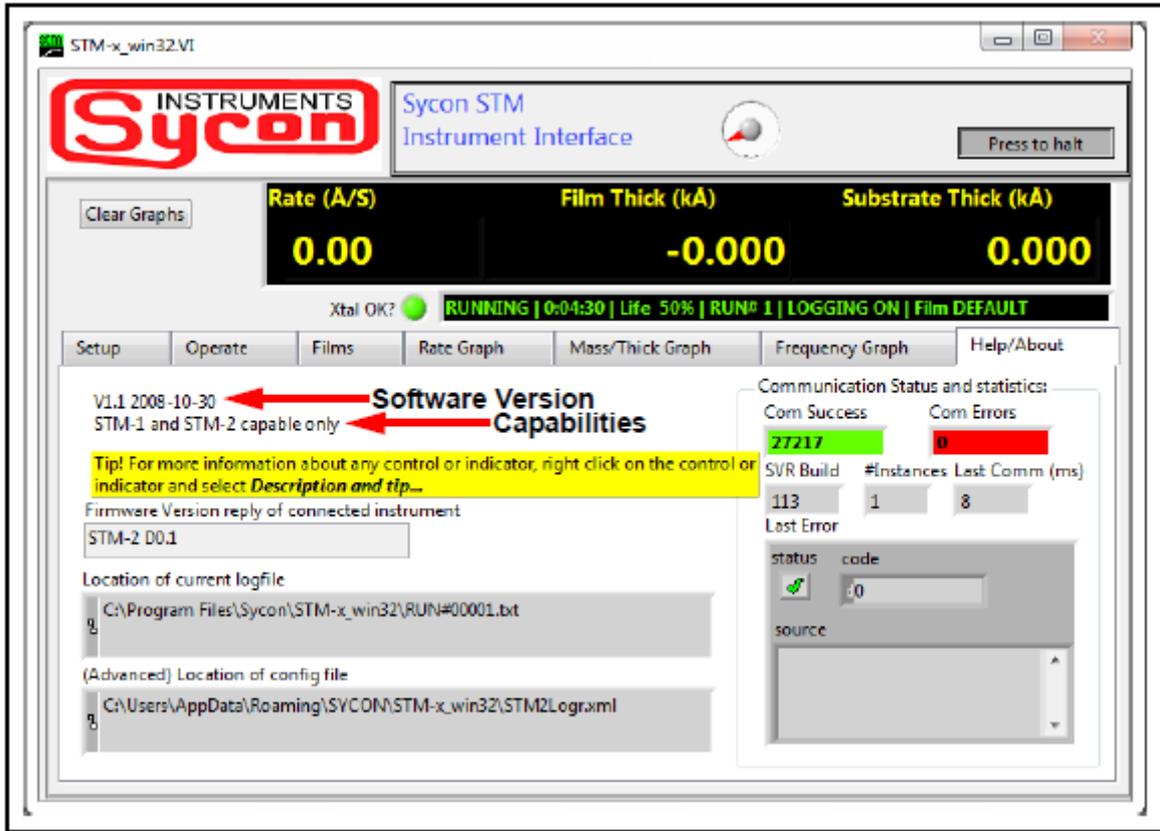


図 4-18 Help/About

Software Version ソフトウェア バージョンを表示

Capabilities STM-x_win32.VI ソフトウェアで使用できる機器を表示

Tip STM-x_win32.VI ソフトウェアで説明とヒントに
アクセスする方法を表示

Firmware Version STM-2 の問い合わせと接続されている STM-2 の
ファームウェアバージョン

Location of current logfile Setup タブで設定されたログファイルのディレクトリ
を表示

(Advanced) Location of config file コンフィグファイルのディレクトリを表示

Communication Status and Statistics pane

Com Success PC-STM-2 間の通信回数を表示するカウンター

Com Errors PC-STM-2 間の通信異常の回数を表示するカウンター

SVR Build ビルドまたはコミュニケーションサーバーのバージョン

#Interfaces コミュニケーションサーバーを使用している STM-2 の数
STM-x_win32.VI の複数のインスタンスを起動できます。

NOTE : コンフリクトしていなければ同じ STM-2 を他のプログラムで動作させることが出来ます。

Last Comm (ms) 最後に動作させた時の通信時間 (msec)

Last Error 通信異常のレポート

Status  通信成功を示す。

 通信失敗を示す。

Code 失敗した通信のエラーコードを表示。

Source エラーコードに関する記述

このページは余白です。

5.1 コミュニケーションプロトコル

STM-2 は USB を介して接続されますが、バーチャルシリアルポートで作動しますので、通常のシリアルポートと同じ様に、ポートは開かれ、読み書きされます。STM-2 は USB プロトコルを使用せず、SMDP(Sycon Multi Drop Protocol)が使用されます。

Window でソフトウェアをカスタムで開発されたい場合は、シリアルポートを管理し、SMDP プロトコルを実行する ActiveX を準備しております。

5.2 Sycon Multi-Drop Protocol (SMDP)

SMDP はバイナリープロトコルのバイトパケットです。全 8 ビットのデータバイト/キャラクターが使用されます。スタンダード・アシンクロナス・シリアルコンバージョンが用いられます。

パケットは STX(ACII 0x02)で始まり、CR(ACII 0x0D)で終わります。

SMDP の仕様は、数個のコモン、命じられたコモンコードを備えています。STM-2 はそれらコモンメッセージに応答します。例えば、リセットコマンドは STM-2 の電源リセットの状態と同じ様なリブートを実行します。これは STM-2 を既知の状態にセットします。別のコモンコマンドは製品タイプもしくは ID を問い合わせます。このコマンド(0x30)は製品タイプを特定する ACII 整数コードを返します。(セクション 5.2.1.2 参照)これは、マスター・コンピュータがネットワークにポーリングすることで STM-2 を探し、接続と命令が適切な製品タイプのために使われることを確実にします。

NOTE: 各フィールドのかぎ括弧 (<>) は 1 バイトです。オプションではありません。
普通の括弧 ([]) はオプションです。(...) は、前のデータの一つもしくは一つ以上を意味します。

5.2.1 コマンド フォーマット

<STX> <ADDR> <CMD_RSP> [<DATA>...] <CHK SUM1> <CHK SUM2> <CR>

STX スタート テキスト キャラクタ (HexDec 02)

STX キャラクタは、列上に複数個使用できます。データと STX 間のキャラクタは無視されます。1 つの STX キャラクタは、受け取られる最後の STX または CR から集められるいかなるデータもページし、新しいメッセージを受けるために、レシーバーを初期化します。

ADDR 1 バイトのアドレスフィールド

アドレスバイト(ADDR)は、送りたいコマンド/クエリーを、どの STM-2 に送るかを選択するために、SMDP アドレスを確認します。

NOTE: スレーブアドレスは 16 で初期設定されています。接続された STM-2 は、独自のアドレスを保有しなければなりません。スレーブの返信は、コマンドを受けている STM のアドレスを確認しているマスターに、アドレスを繰り返し返答します。

数値のレンジは、HexDec で 10~FE (16 ~254 decimal)です。アドレス用に FF (hexdec) は使用できません。FE (hexdec) のより多いアドレス範囲も持つ別製品のために使われます。

CMD_RSP コマンド/レスポンス フィールド

マスターからスレーブにコマンドが送られる時、RSPF ビットはゼロで RSP フィールド (3 バイト) は、ゼロです。スレーブからマスターにコマンドが送られる時、CMD ビットは送られたメッセージの時と同じですが、RSP0 フィールドを通しての RSP2 はゼロ以外です。(実際のユニットレスポンスフィールドを示しています。) スレーブは、認識されないスレーブを示すために、CMD_RSP 返答フレーム RSPF フラグビットをセットもしくはクリアします。このビットは、スレーブからマスターに命令している時を意味するだけです。このビットが 1 の場合、スレーブは最後の AckPF 以来リセットされ続け、パワーフェイルとして認識され、フラグコマンドが受け取られます。表 5-1 参照

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
CMD	CMD	CMD	CMD	RSP	RSP	RSP	RSP
3	2	1	0	F	2	1	0

表 5-1 Command/Response

DATA オプショナル データ

STX と CR は、データフィールドでは使用できません。

Hexdec の 02 として 1 データバイトを送るために、0 (HexDec 30) に続けてプロトコルエスケープキャラクター(HexDec 07)を送って下さい。

Hexdec の 0D として 1 データバイトを送るために、1 (HexDec 31) に続けてプロトコルエスケープキャラクター(HexDec 07)を送って下さい。

Hexdec の 07 の 1 データバイトを送るために、2 (HexDec 32) に続けてプロトコルエスケープキャラクター(HexDec 07)を送って下さい。

プロトコル エスケープ キャラクターはシングルバイトとして送ることはできませんが、ASCII 0、1、2 に続いて、ペアの

ファーストバイトとしてだけ送られることは可能です。

プロトコル エスケープ キャラクターが見つけられた場合、ASCII 0、1、2 に続けられず、不正なコマンドとして無視されます。

CKSUM1,2 メッセージを送るためのチェックサム

これは、コマンド 2 進数メッセージデータのモジュロ 256 チェックサムです。チェックサムの計算のために、STX 及び CR は含まないで下さい。そして、スタッキングしているプロトコル エスケープバイトの前で計算します。

5.2.1.1 Checksum

- ◆ スタッフィングしているプロトコル エスケープバイトの前の、ADDR、CMD_RSP、データフィールドのモジュロ 256 チェックサムで算出して下さい。これは、通信のヘッダ部分を除いたコマンドのロジカルコンテンツのペイロードのみになります。
- ◆ CKSUM1 はチェックサム (0-15 もしくは右寄せ) の最上位桁の 4 バイト+30 (Hexdec) です。
このイールドは 0 (HexDec 30) から? (HexDec 3f)までの ASCII キャラクタです。
- ◆ CKSUM2 はチェックサム (0-15 もしくは右寄せ) の最下位桁の 4 バイト+30 (Hexdec) です。
このイールドは 0 (HexDec 30) から? (HexDec 3f)までの ASCII キャラクタです。

NOTE: コマンドのチェックサムの不正フォームもしくは不正数値の場合、パケットは不正と判断して無視されます。



注意

不正なコマンド (不正なチェックサムの計算、短すぎるデータ長、誤ったデータ、間違ったエスケープシーケンス) は、スレーブ(マスター)によって無視されます。スレーブは応答を送ることはありません。

5.2.1.2 Command Packet Format

<STX> <ADDR> <CMD_RSP> [<DATA>...] <CHK SUM1> <CHK SUM2> <CR>

ここでの<CMD>は：

- | | | |
|---|------------------|---|
| 1 | BOOT_API | コマンド用のプリフィックスはターゲットプラットフォーム上で排他的に命令だけの接頭辞は、目標プラットフォーム上で動作しているブートローダー構文解析と通信したものです。ブートローダーが無いアプリケーションは無効になります。(Err_Inv_Cmd) ブートローダー構文解析は、初期においてこのコマンドプリフィックスに反応するだけで、何も反応せず返答することはありません。この API を通して一度アクセスしますと、ブートローダー構文解析は、その他の CMD コード値を受け入れて命令されるます。 |
| 2 | Reserved | プロトコル階層で将来の使用のためリザーブされます。 |
| 3 | Prod_id | プロトコル識別子 10 進数文字列として返します。
NOTE: STM-2 用の値は、10 進数の 19 です。 |
| 4 | Version | スレーブにソフトウェアバージョンの文字列を返すリクエスト |
| 5 | Reset | スレーブにリセット/リブートをリクエスト |
| 6 | AckPF | スレーブにパワーフェイルフラグの認識及び RSPF ビットをクリアするリクエスト |
| 7 | PROTV | スレーブに 10 進数文字列でプロトコル階層バージョンをリクエスト |
| 8 | Product_Specific | アプリケーション API プリフィックスは、STM-2 コマンドの前にきます。 |

NOTE: SMDP は、1~7 のレンジのコマンドに反応します。コマンド 2~7 は、プロトコルレイヤーにおいてプロトコルで取り扱われます。アプリケーションはプロトコル仕様を実行する場合を除いて、コマンド 2~7 は使用されません。

5.2.1.3 Response Packet Format

<STX> <ADDR> <CMD_RSP> [<DATA>...] <CHK SUM1> <CHK SUM2> <CR>

NOTE: CMD_RSP バイトで、CMD ビットはマスターからは変更されません。

RSP ビットは、スレーブの状態次第で、書き込められます。

ここでの<RSP>は：

- | | | |
|---|-------------|----------------------------------|
| 1 | OK | コマンドが認識され、実行された。 |
| 2 | Err_Inv_cmd | 不正なコマンド (CMD コードが有効でない) |
| 3 | Err_syntax | 構文エラー (データフィールド内のバイトが多すぎるもしくは不足) |
| 4 | Err_range | データのレンジエラー |
| 5 | Err_inh | 抑制 |
| 6 | Err_obso | 旧式のコマンド 何も実行されません。 |

5.2.2 Optional Serial Command Mode

SMDP は、レスポンスでマスターから命令を関連付けることができます。

(SMDP version 3 またはそれ以降) これは、シリアルコミュニケーションポートでのコマンドのエラーを検知します。プロトコルストラクチャーは、以下の段落の説明事項を除いて、セクション 5.2 の Sycon Multi-Drop Protocol (SMDP) に極似しています。

- ◆ シリアルナンバーバイトは、チェックサムの前に置かれなければなりません。これは、0x10 (16) 以上の値、さもなければ、フレーミングまたはエスケープキャラクターバイトとして間違っています。このバイトは、計算しているパケットチェックサム値のパケットペイロードの部分として合算されます。チェックサムキャラクターベースは、HexDec30=ASCII 0 (データフィールドの後に追加される SRLNO (シリアルナンバー) フィールドを送ることをスレーブに知らせること) の代わりに HexDec 40 (ASCII @) でなければなりません。これは、@(0x40) から O(0x4f) のコマンド (チェックサム) レンジの最後の 2 つのキャラクタで作ります。
- ◆ レスポンスのために、スレーブは、2 つのリプライパケットチェックサムキャラクタの直前に、そのレスポンス・パケットに対応する SRLNO バイトを中に置きます。(0x40 ベース)

このシリアルコマンドモードが効果的に作られるために、マスターは送る各コマンド用の新しい SRLNO 値を作り出す必要があります。(モジュロ 256、0x10(16) より大きい) これは、240 の独自のシリアルナンバーを利用できます。値は、255~16 で繰り返してタグが増加しますので、240 のメッセージにはなりません。あるいは、タグは特定のアドレスで機器への通信毎に、独自の値または範囲を備えます。レスポンスは、コミュニケーションの適切なコミュニケーションラインによって受け取られます。

NOTE: SMDP レスポンス パケットが、マスターによって受け取られた時、SRLNO を確認し、それをコマンド/クエリーの関連付けに利用します。

これは、発生した無効な結果や誤った解釈からの誤順を予防します。

5.2.2.1 Optional Serial Command Format

<STX> <ADDR> <CMD_RSP> [<DATA>...] <SRLNO> <CHK SUM1> <CHK SUM2> <CR>

SRLNO シリアルナンバー

正しいレスポンスを持つマスターからのコマンドを関連付けします。

値は、フレーミングまたはエスケープキャラクターバイトとして間違わないために、0x10 (16)以上の値でなければなりません。

ACKSM1,2 0x40 をベースに、チェックサムキャラクターを交互に置く

この値は、@(0x40)から O(0x4f)の範囲。

NOTE: セクション 5.2.1 参照

5.2.2.2 Additional Option to Serial Command

オペコード 0x110 BOOT_API は、SMDP オペコードにリザーブされます。これは、これは、STM-2

の通信レスポンスを 2つのセクション、ブートローダーとアプリケーションに分けます。

ブートローダーオペレシヨナルモードのプラットフォームは、BOOT_API オペコードコマンド

のためにだけ反応し、機器を標準的な通信質問に対して見えなくしている他の全てを無視します。

5.3 Communications Commands

いくつかのプロセスは、専門ソフトウェアの開発を必要とします。STM-2 コマンドは、下記表 5-2 に表記されております。

STM-2 は、イントロデュース コマンド シーケンスのために、コマンドプリフィックス 0x80 を使用します。0x80 に続くデータペイロードは標準 ASCII キャラクタ シーケンスです。この言語は、セクション 5.2.1.2 に記述されております。

コモンコマンドは同様の初期キャラクタ シーケンスを持ち、意図されたアクションまたはコマンド/クエリーのターゲットを指定する可変引数によって識別されます。

従いまして、これらのコマンドを識別するデータペイロードの内容だけは、このセクションに記述されます。

全てのレスポンスは、返された<CMD_RSP>バイトの下位 4 ビットで、1~15 の範囲のゼロ以外の値であることを SMDP 仕様に適合します。上位 4 ビットは、3-8 のホストコマンドグループ(CmdOpcode_xxx)です。下位 3 ビットの値は、1-7 です。この値は、レシーバーがクエリーを処理できたらフォルト発見したかを示します。もし、アドレスがスレーブと一致していない場合、フレームのチェックサムは失敗し、もしくはコマンドが適切でないか、スレーブによる返信がありません。

4 番目のビット(D3, 8 weight)は、パワーフェイルフラグビットで、スレーブはプラットフォームがリセットされた時に、マスターが以下の 1 つに送るような時間まで、このビットによって返信します。

- ◆ Acknowledge-power-fail コマンド(CmdOpcode_ACKPF 0x60), ローレベル SMDP メッセージ
- ◆ USRAPI_ackPfail (?)コマンド、application specific command (0x80)

マスターからのメッセージは、ステータスビットの様なパワーフェイルフラグをクリアし、全てのサブシーケンス返信の D3 は、その時ゼロです。これは、マスターは、スレーブがリセットされた最も早い処理（再起動/リセットの後の最初の有効な通信）で検出を許可し、再同期する必要があります。これは、致命的なエラー、受け取られることができるエラー、干渉を必要としていないどうでもいい問題を考慮する。

STM-2 コマンド	パラメータ	送信	返信	内容
@	None	@	STM-2D1.0	モデルとファームウェアバージョン
L	None	L		“a”レスポンスを認識
B	None	B		初期設定値にパラメータをセット
d	None	d		リセットになります。

表 5-2 STM-2 コマンドセット

STM-2 コマンド	パラメータ	送信	返信	内容
ゼロリングコマンド				
B		B		タイマーと膜厚をゼロセット
C		C		膜厚をゼロセット
D		D		タイマーをゼロセット
フィルムコマンド = nnn にパラメータ更新 ? にパラメータ問い合わせ				
q	= [8 char string] , [?]	q=COPPER		現在のフィルム名を COPPER にセット
E	= [0.500-99.99] , [?]	E=1.23	1.23	現在のフィルムの密度を 1.23 にセット
F	= [0.100-9.999] , [?]	F?		現在のフィルムの Z ファクターを返信
J	= [10.0-399] , [?]	J=80.1		現在のフィルムのツーリングを 80.1% に セット
r	= [1-50] , [?]	r=10		テンポラルアベレージングのサンプル 数をセット
ランタイム データコマンド				
M	None	M	!	@ = Crystal good ! = Crystal failed
S	None	S	-1595	膜厚値 -1.595kÅ を返信
s	None	s	-1.6	質量 -1.6ug/cm ² を返信
T	None	T	12.4	レート 12.4Å/s を返信
t	None	t	23.4	質量累積レート 23.4ug*s/cm ² を返信
U	None	U	5319234.34	周波数 5,319,234.34Hz を返信
V	None	V	12.4	クリスタルライフ 12.4% を返信
W	None	W	12:45	タイマー 12 分 45 秒を返信
a	None	a	A	RESET ステータスを返信 @ = OK A = ロストパワー D = ロスト NONV メモリー NOTE: NONV=non-volatile memory NONV バッテリーに問題がある場合、 電源を遮断した後に、記憶されたデー タは初期化されます。

余白ページ

第 6 章

トラブルシューティングとメンテナンス

6.1 トラブルシューティングガイド

STM-2 が作動しなくなった場合、または性能が低下したと思われる場合、以下の症状／原因／対策チャートを使用してください。



注意

STM-2 のケース内にユーザーがサービス可能なコンポーネントはありません。
すべてのメンテナンス作業は、資格を持った担当者に依頼してください。

6.1.1 指標

STM-2 に問題が起きた時、本体の LED ランプが指標となります。Table 6-1 は故障原因をまとめています。

Table 6-1 トラブルシューティングガイド

症状	原因	対策
1. 「Power」の LED がフラッシュしている。	a. STM-2 またはセンサーが接続されていない。	a. STM-2 またはセンサーの接続を確認します。
	b. 水晶が悪い / 水晶が装着されていない。	b. 新品水晶を装着します。
	c. 2 枚の水晶がクリスタルホルダーに入っている。	c. 1 枚を取り除きます。
	d. パソコンに認識されていない。	d. LabView アプリケーションにて、Find Instruments >> Search for STM-2s をクリックします。
2. 「Power」の LED が消滅している。	a. STM-2 は電源が入っていない。	a. パソコンが ON しているか、USB ケーブルが接続されているかを確認します。
	b. デバイスドライバーがちゃんとインストールされていない。	b. デバイスドライバーをアンインストールして、再インストールします。
	b. 電源に問題がある。	b. インフィコンのサービス部にご連絡ください。
3. 「USB」の LED がフラッシュしている。	a. 通信が混雑している。	a. 100ms ごとの送信に設定します。
4. 「USB」の LED が消滅している。	a. ソフトウェアが起動されていない。	a. STM-x_win32 アプリケーションを開きます。
	b. ソフトウェアがインストールされていない。	b. STM-x_win32 アプリケーションをインストールします。

6.1.2 全般的な STM-2 トラブルシューティング

Table 6-2 全般的なトラブルシューティング

症状	原因	対策
1. レート、膜厚および周波数が不安定・正確ではない。	水晶の温度が不安定 (AT-カットの水晶は 10Hz/°C のシフトがある)。	<ul style="list-style-type: none"> ● チャンバーの温度を制御します。 ● 水晶をソースから離します (少なくとも 25.4cm) ● 水冷の流量および温度をチェックします。 ● クリスタル・ホルダーを掃除します。センサーマニュアルを参照して下さい。 ● サーマルショック対応の水晶 (SPC-1157-G10) を使用します。
	水晶表面の湿度が増加・減少	大気開放の前に、水冷を止めます。チャンバーを開いたら、室内温度より高めの水温で水を流します。
	In Vac ケーブルまたは同軸ケーブルの欠陥	マルチメーターを用いて導通・絶縁をチェックします。
	水晶と接触しているクリスタル・ホルダーの接触面が汚れている・傷ついている。	クリスタル・ホルダーを交換、または洗浄します。センサーのマニュアルを参照して下さい。
	オシレーターと水晶間のケーブルが長すぎる。	In Vac ケーブルは 78.1cm を超えません。STM-2/オシレーター⇄フィードスルーのケーブルは 15.2cm(6 インチ)のみを使用します。
2. クリスタルフェイル	水晶の不具合/水晶がない。	水晶を交換します
	クリスタル・ホルダーに 2 つのクリスタルがセットされた。または、水晶の向きが逆。	<ul style="list-style-type: none"> ● 1 枚の水晶を取り外します。 ● 水晶の向きを直し、傷やスクラッチがあれば、新品の水晶と交換します。
	クリスタル・ホルダーに堆積した蒸着材料が水晶に触れてしまう。	クリスタル・ホルダーを交換・洗浄します。センサーマニュアルを参照して下さい。
	水晶の周波数が設定範囲外。	<ul style="list-style-type: none"> ● 新しい水晶を装着します。 ● 6MHz の水晶を使用します
	オシレーターと水晶間のケーブルが長すぎる。	In Vac ケーブルは 78.1cm を超えません。STM-2/オシレーター⇄フィードスルーのケーブルは 15.2cm(6 インチ)のみを使用します。

Table 6-2 トラブルシューティング (続き)

症状	原因	対策
2. クリスタルフェイル	センサーが接続されていない、または電気的な接触が悪い(センサーヘッド、フィードスルー)、またはケーブルの不具合	<ul style="list-style-type: none"> ● センサーの接続をチェックします。センサーのマニュアルを参照します。 ● 導通・絶縁を確認します。(センサーヘッド、フィードスルー、In Vac ケーブル、SMA/BNC アダプター、BNC ケーブル) ● センサーの代わりに、5.5MHz のテストクリスタルまたは良いセンサーと交換します。
	水晶表面の湿度が増加・減少	大気開放の前に、水冷を止めます。チャンバーを開いたら、室内温度より高めの水温で水を流します。
	同軸ケーブルの欠陥 (フィードスルー⇄STM-2/オシレーター、またはオシレーター⇄STM-2)	<ul style="list-style-type: none"> ● マルチメーターを用いて導通・絶縁をチェックします。 ● 良い同軸ケーブルと交換します。
	STM-2 またはオシレーターの不具合	<ul style="list-style-type: none"> ● 良いSTM-2と交換します。 ● 良いオシレーターと交換します。
	水晶の周波数が設定範囲外。	<ul style="list-style-type: none"> ● 新しい水晶を装着します。6MHz の水晶を使用します
3. 水晶が、通常の寿命に達する前なのにデポジション中、振動しなくなる。	水晶にパーティクルか、融解ソースからのスパッターが当たった。	<ul style="list-style-type: none"> ● ソースの調節中は、水晶を保護するためにシャッターを使用してください。 ● ソースから少なくとも25.4cm(10 インチ)を離します。
	応力の高い膜によるストレス	<ul style="list-style-type: none"> ● 水晶を交換します。 ● アルミ合金の水晶を使用します。
	クリスタル・ホルダー上の材料が部分的にクリスタル・カバーの開口部を覆っている。	クリスタル・ホルダーをクリーニングします。
	シャッターが半開きの状態、またはセンサーの位置が不適切であるため、蒸着分布が悪くなる。	水晶の蒸着分布を観察します。不均一な分布が観察されたら、シャッターやセンサーの位置を調整します。

Table 6-2 トラブルシューティング (続き)

症状	原因	対策
4. 水晶が真空中では振動するが、大気開放後は振動しない。	水晶の寿命が近づいていた。空気に開放されると薄膜の酸化が生じて、薄膜の応力が増加する。	水晶を交換します。
	水晶上に過剰な水蒸気が蓄積した。	大気開放の前に、水冷を止めます。チャンバーを開いたら、室内温度より高めの水温で水を流します。
5. レート、膜厚、周波数の測定値はノイズが多い。	オシレーター⇄水晶のケーブルが長すぎる。	In Vac ケーブルは 78.1cm を超えません。STM-2/オシレーター⇄フィードスルーのケーブルは 15.2cm(6 インチ)のみを使用します。
	STM-2 は電氣的なノイズを拾った。	STM-2 とケーブルを高電圧/高電源およびノイズ源から離します。(少なくとも 30.5cm)
	グラウンドが不適切	<ul style="list-style-type: none"> ● アースにちゃんとグラウンドします。 ● インピーダンスを少なくするために、グラウンドワイヤーはなるべく短く、大きい表面積のものを使用します。Section 2.1.2 を参照して下さい。

Table 6-2 トラブルシューティング (続き)

症状	原因	対策
6. デポジション中の膜厚測定値が大きくジャンプする。	モードホッピング(ダメージまたは過剰な水蒸気が蓄積した水晶)	水晶を交換します。
	水晶の寿命が近づいていた。	水晶を交換します。
	クリスタル・ホルダーの座面にキズまたは異物がある(クリスタルのセッティングが正しくない)	クリスタル・ホルダーの水晶の座面をクリーニングします。センサーのマニュアルを参照して下さい。
	蒸着分布が不均一。	ソースに対して、センサーの蒸着面を 90°C (直角) に調整します。
	水晶に当たる融解ソースからのパーティクルまたは「スパッター」	水晶を交換します。 ソースのパーティクルを取り除きます。
	ケーブルの不具合または接続不良。	導通・絶縁を確認します。(センサーヘッド、フィードスルー、In Vac ケーブル、SMA/BNC アダプター、BNC ケーブル)。センサーマニュアルを参照して下さい。
	不適切な水冷システム。	水冷の流量および温度をご確認下さい。

Table 6-2 トラブルシューティング (続き)

症状	原因	対策
7. 熱不安定性： ソースの暖機中 (ソースシャッター開)とデポジション終了時に膜厚測定値が大きく変化する (通常、前者では膜厚測定値は減少し、後者では増加する)	水晶がフォルダに正しくセットされていない、またはフォルダが汚れている。	クリスタル・ホルダーの水晶をセットする箇所をクリーニングします。
	水晶に過剰な加熱	<ul style="list-style-type: none"> ● ソースから少なくとも 25.4cm(10 インチ)を離します。 ● サーマルショック対応の水晶 (SPC-1157-G10) を使用します。
	不適切な水冷システム。	水冷の流量および温度をご確認下さい。
	電子束による放射熱	スパッタリングセンサーを使用し、放射シールドを取り付けて、熱安定性を改善します。
	水晶に当たる融解ソースからのパーティクルまたは「スパッター」	<ul style="list-style-type: none"> ● ソースの調節中は、水晶を保護するためにシャッターを使用してください。 ● ソースから少なくとも 25.4cm(10 インチ)を離します。
	熱によるセンサー・フィードスルーの電氣的な接触不良	導通・絶縁を確認します。(センサーヘッド、フィードスルー、In Vac ケーブル、SMA/BNC アダプター、BNC ケーブル)。センサーマニュアルを参照して下さい。
8. 膜厚の再現性が低い。	ソースのフラックス分布が変動的	<ul style="list-style-type: none"> ● ソースに対して中央になるようにセンサーを調整します。 ● 溶解部の相対プール高さが一定であることを確認し、溶解部に進入しないようにします。
	材料が水晶にちゃんと付着していない。	<ul style="list-style-type: none"> ● 水晶表面がクリーンであることを確認します。 ● 付着性を改善するために、中間接着材料を使用します。 ● 適切な水晶の種類を使用します。

6.1.3 パソコン通信に関するトラブルシューティング

Table 6-3 パソコン通信に関するトラブルシューティング

症状	原因	対策
STM-2 とパソコンの通信が確立されない。	ケーブルの接触不良	正しく配線されていることを確認します。
	ドライバーがうまくインストールされていない。	ドライバーを再インストールします。
	パソコンは STM-2 を認識していない。	LabView アプリケーション上の「Find Instruments >> Search for STM-2s」をクリックします。

このページは余白です。

第 7 章

校正手順

7.1 Density (密度)、Tooling (ツーリング)、Z-ratio (Z レシオ) の重要性

クォーツ・クリスタル・(水晶振動子) マイクロバランスは、振動クォーツ・クリスタル・センサーの表面に付加される質量を精密に測定することができます。STM-2 は、この付加された材料の密度を把握していることから、質量情報を膜厚に変換することが可能です。非常に高い精度が必要な場合は、[セクション 7.2](#) に概略が説明されている密度キャリブレーションを行う必要があります。

デポジションからの材料のフローが均一ではないため、サブストレートに比較した材料の異なるセンサーへのフローを考慮に入れる必要があります。この係数は **Material Set-Up** 画面のツーリング・パラメータにおいて補正されます。ツーリング係数は、[セクション 7.3](#) にある指針に従って実験的に確定することができます。

Cygnus 2 において、Z レシオが未知である場合、[セクション 7.4](#) に概略が説明されている手順により推定するか、通常、Auto-Z レシオを使用して Z レシオを決定することができます。

7.2 密度の決定

注： ほとんどのアプリケーションでは、**Appendix A** から得られたバルク密度精度で十分です。

- 1 クリスタルとサブストレートに同じ膜厚が蓄積されるようにサブストレート (膜厚測定用に適切なマスキングをしたもの) をセンサーの隣に置きます。
- 2 膜材料のバルク値または概略値に密度を設定します。
- 3 Z レシオを 1.000、ツーリングを 100% に設定します。
- 4 センサーに新品のクリスタルをセットして、マニュアル制御でデポジションを短時間 (1000~5000 Å) 実行します。
- 5 デポジション後、試験用サブストレートを取り出して、多光束干渉計または触針式表面形状測定装置を用いて膜厚を測定します。

- 6 等式 [1] を用いて新しい密度を決定します。

$$\text{Density (g/cm}^3\text{)} = D_1 \left(\frac{T_x}{T_m} \right) \quad [1]$$

ここで

D_1 = 最初の密度

T_x = STM-2 における膜厚測定値

T_m = 測定した膜厚

- 7 STM-2 の膜厚が試験デポジションと計算した密度の入力値との間でゼロにされていない場合、STM-2 を計算した密度を用いてプログラムし、表示された膜厚が測定した膜厚に等しいことを簡単にチェックすることができます。

注： $T_x = T_m$ にするために微調節が必要になる場合があります。

7.3 ツーリングの決定

- 1 試験用サブストレートをシステムのサブストレート・ホルダーにセットします。
- 2 短時間のデポジションを行い、実際の膜厚を測定します。
- 3 等式 [2] に示された関係からツーリングを計算します。

$$\text{Tooling (\%)} = TF_i \left(\frac{T_m}{T_x} \right) \quad [2]$$

ここで

T_m = サブストレート・ホルダーにおける実際の膜厚

T_x = STM-2 における膜厚測定値

TF_i = 最初のツーリング係数

- 4 0.1% に近くなるようにツーリング(%)を四捨五入します。
- 5 この新しい値をツーリングとしてプログラムに入力すると、計算が正しく行われれば、 T_m は T_x に等しくなります。

注： ツーリングのキャリブレーションを行う場合は、独立した蒸着を少なくとも3回は実施することを推奨します。ソース分布や他のシステム要因における変動がわずかな膜厚の変動につながります。最終的なキャリブレーションには、平均ツーリング係数を使用する必要があります。

7.4 実験による Z レシオの決定

よく使用される材料の Z 値のリストが Appendix A に掲載されています。他の材料の Z 値は、次の式から計算することができます。

$$Z = \left(\frac{d_q \mu_q}{d_f \mu_f} \right)^{\frac{1}{2}} \quad [3]$$

$$Z = 9.378 \times 10^5 (d_f \mu_f)^{-\frac{1}{2}} \quad [4]$$

ここで

d_f = デポジション膜の密度 (g/cm³)

μ_f = デポジション膜の剛性率 (dynes/cm²)

d_q = クォーツ (クリスタル) の密度 (2.649g/cm³)

μ_q = クォーツ (クリスタル) の剛性率 (3.32 x 10¹¹ dynes/cm²)

注: 多くの材料に関する密度と剛性率が、様々なハンドブックに掲載されています。

ラボでの結果は、薄膜形態における材料の Z 値は、バルク値にかなり近いことを示しています。ただし、応力の高い生産材料の場合、薄膜の Z 値は、そのバルク材料の Z 値よりもわずかに低くなります。精密なキャリブレーションが必要なアプリケーションについては、以下の直接法を推奨します。

- 1 セクション 7.2 に記載されている正しい密度を確定します。
- 2 新品のクリスタルをセットして、開始周波数 F_{c0} を記録します。開始周波数は「Frequency Graph」のタブで表示されます。
- 3 試験用サブストレートに、表示された%クリスタルライフが約 50%になるまで、または、特定の材料についてはクリスタルライフの終了に近いところまでのいずれか小さい値まで、デポジションを行います。
- 4 デポジションを停止し、終了周波数 F_c を記録します。
- 5 試験用サブストレートを取り外し、多光束干渉計または触針式表面形状測定装置を用いて膜厚を測定します。

- 6 ステップ 1 の密度、 F_{co} と F_c を用いて、計算した膜厚を実際の膜厚に一致するように膜厚等式 [5] における Z レシオを調節します。計算した膜厚値が、実際の膜厚よりも大きかった場合は、Z レシオを大きくします。また、計算した膜厚値が、実際の膜厚よりも小さかった場合は、Z レシオを小さくします。

$$T_f = \frac{Z_q \times 10^4}{2\pi z p} \left\{ \left(\frac{1}{F_{co}} \right) A \tan \left(z \tan \left(\frac{\pi F_{co}}{F_q} \right) \right) - \left(\frac{1}{F_c} \right) A \tan \left(z \tan \left(\frac{\pi F_c}{F_q} \right) \right) \right\} \quad [5]$$

ここで

T_f = デポジションした膜厚 (kÅ)

F_{co} = センサー・クリスタルの開始周波数 (Hz)

F_c = センサー・クリスタルの最終周波数 (Hz)

F_q = 公称ブランク周波数=6045000 (Hz)

z = デポジション膜材料の Z レシオ

Z_q = クォーツの比音響インピーダンス=8765000 (MKS 単位)

p = デポジション膜の密度 (g/cc)

マルチプル・マテリアル・デポジション (例えば 2 つの材料) の場合、2 番目の材料に使用する Z レシオは、2 つの材料の相対膜厚によって決定されます。ほとんどのアプリケーションにおいて、次の 3 つの規則により、十分な精度が得られます。

- 材料 1 の膜厚が材料 2 に比べて厚い場合、材料 1 の Z 値を両方の材料に使用します。
- 材料 1 の膜厚が材料 2 に比べて薄い場合、材料 2 の Z 値を両方の材料に使用します。
- 2 つの材料の膜厚が同じであった場合、材料 2 とそれ以降の材料のデポジションに関して、2 つの Z 値の重み付け平均である Z レシオを使用します。

第 8 章

測定および制御理論

8.1 基礎理論

クリスタル・クォーツ・デポジション・モニター (Quartz Crystal deposition Monitor)、すなわち QCM は、クォーツ・モニター・クリスタルに付加された質量に対する圧電感度を利用します。QCM は、この質量感度を用いて、蒸着レートと最終的な真空蒸着膜厚を制御します。精密に形成された圧電クリスタルの面に電圧が印加されると、クリスタルはゆがみ、印加電圧に比例して形状を変化させます。印加電圧の特定の離散周波数において、非常に鋭い電気機械的共振状態が出現します。共振する水晶振動子に質量が付加されると、これらの共振物の周波数は低減されます。この周波数における変化は非常に反復的で、クォーツの特定共振モードについて正確に理解されます。この経験的に分かりやすい現象は、付着異物の原子層未満の付加を容易に検出することが可能な欠くことのできない測定およびプロセス・コントロール・ツールの基本です。

1950 年代後半、Sauerbrey^{1, 2}と Lostis³によって以下のようにコート（合成物）された周波数と未コートの周波数（それぞれ F_c と F_q ）を持つクォーツ・クリスタルにおける変化 ($\Delta F = F_q - F_c$) が、付加材料 (M_f) による質量の変化に関係することが発見されました。

$$\frac{M_f}{M_q} = \frac{(\Delta F)}{F_q} \quad [1]$$

ここで M_q は未コートのクォーツ・クリスタルの質量です。単純に置換することで、最初の「周波数測定」機器で使用された方程式が導かれます。

$$T_f = \frac{K(\Delta F)}{d_f} \quad [2]$$

ここで膜厚 T_f は、周波数の変化に比例し (K から)、膜の密度 d_f に逆比例します。定数 $K = N_{at} D_q / F_q^2$ 、ここで $D_q (= 2.649 \text{ gm/cm}^3)$ は、単一クォーツ・クリスタルの密度です。 $N_{at} (= 166100 \text{ Hz cm})$ は、AT 切断クォーツの周波数定数です。6.0 MHz を開始周波数とするクリスタルは、その表面に 1 Å のアルミニウム (密度 2.77 gm/cm^3) が付加されたとき、その周波数が 2.27 Hz 減少します。このように、クリスタルの周波数変化を精密に測定して、硬質吸着層の膜厚を推測します。この効果を定量的に知ることにより、真空システムにおいてサブストレートにどのくらいの材料が蒸着されているのかを測定する手段（このことを理解する以前には便利でもなく、現実的でもなかった測定方法）が提供されます。

¹ G.Z. Sauerbrey, Phys. Verhand. 8,193(1957)

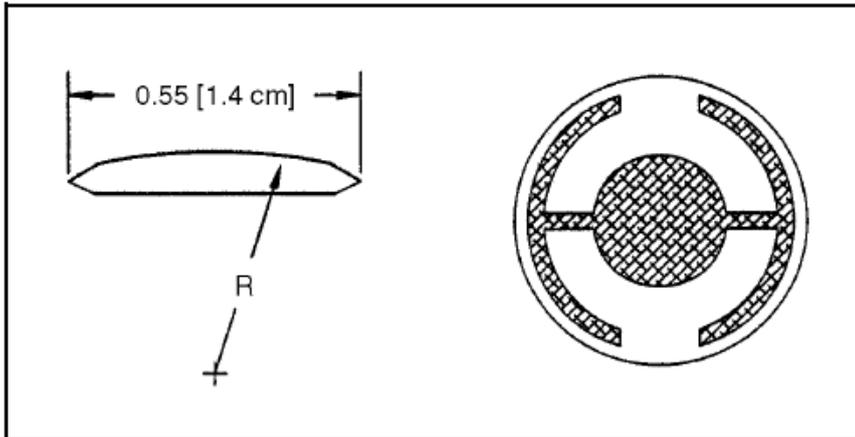
² G.Z. Sauerbrey, Z. Phys. Verhand. 155,206(1959)

³ P. Lostis, Rev. Opt. 38,1 (1959)

8.1.1 モニター・クリスタル

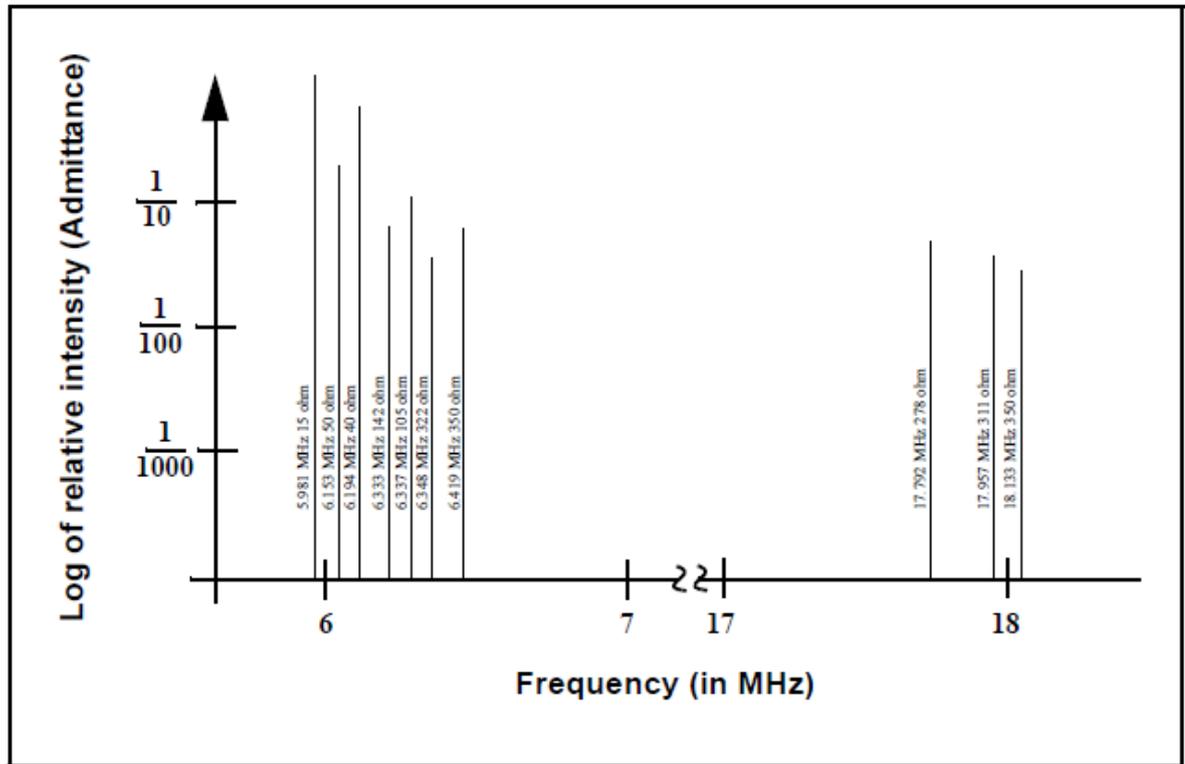
周辺の電子機器がどれだけ進化しても、蒸着モニターの基本装置となるのはクォーツ・クリスタルです。**エラー! 参照元が見つかりません。** 8-1 に示されたクォーツ・クリスタルは周波数応答スペクトルを持っていて、これは Figure 8-2 に図として示されています。縦座標は特定周波数における応答の大きさ、すなわちクリスタルの電流の流れを示します。

Figure 8-1 クォーツ共振装置



最低周波数応答は、主に基本周波数と呼ばれる「厚みすべり」モードです。厚みすべりモードの特徴的な動作は、主要モニター・クリスタルの面に平行に行われる変移です。言い換えると、その面は**エラー! 参照元が見つかりません。** 8-3 に示されているように変移波腹です。周波数がわずかに高い位置にある応答はアンハーモニックと呼ばれ、厚みすべりモードと膜厚ねじれモードが組み合わされたものです。基本周波数の約3倍における応答は、3次クウェジ・ハーモニックと呼ばれます。また、クウェジ・ハーモニックに関連する周波数よりわずかに高い一連のアンハーモニックもあります。Figure 8-1 にあるモニター・クリスタルの概略図は、最初に使用された完全電極化平面に平行な面を持つ四角形クリスタルからのいくつかの重大な改善効果を表しています。最初の改善は円形クリスタルを用いることでした。これは対称性を大幅に高め、許容振動モード数を減らしました。2つ目の改善は、クリスタルの1つの面の輪郭を描き、励起電極のサイズを小さくすることでした。これらの改善には音響エネルギーをトラップする効果があります。電極の直径を小さくすることは、中心部への励起を制限します。輪郭を描くことにより、進行音波のエネルギーがクリスタルの先端に到達する前に、このエネルギーを消散させます。エネルギーは、他に新しく発せられた波長と干渉する可能性がある中心部に反射されません。基本的には、小さなクリスタルが無制限であるかのように動作するように見えます。クリスタルの中心部に限定される振動があることから、クリスタルの外縁をフォルダに固定することは実用的であり、しかも、不要な影響を及ぼしません。輪郭を描くことも、一般的に不要なアンハーモニック・モードの応答強度を低減します。したがって、オシレーターが不要な振動を維持する可能性が大幅に低減されます。

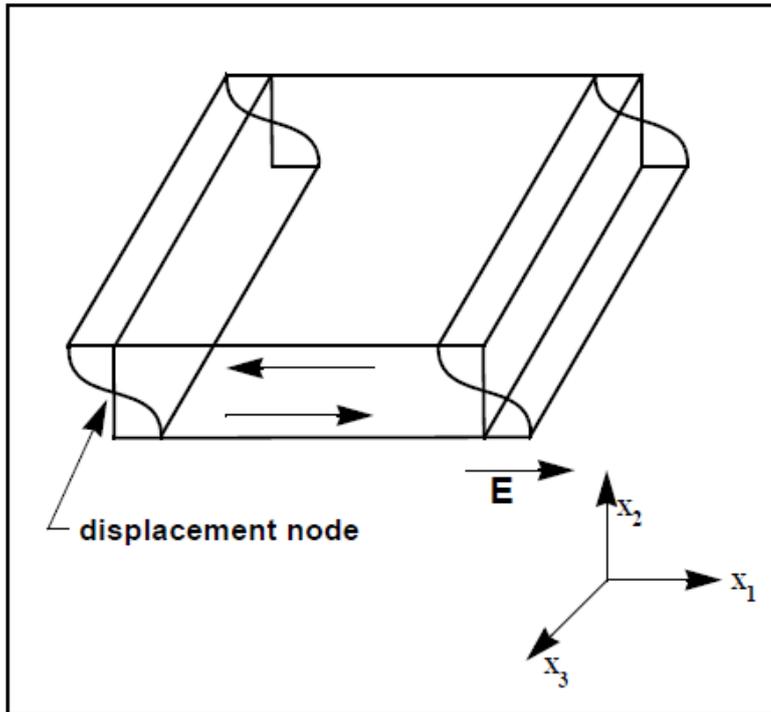
Figure 8-2 周波数応答スペクトル



接着層を使うことで、電極—クオーツ結合を改善し、膜応力が上昇したことに起因する電極とクオーツとの間の微小断裂により生じる「レートスパイク」を低減します。この微小断裂は、蒸着膜の一部を未接着のままにするので、その部分と一緒に共振にすることができません。この接着していない部分は検出されることがないため、間違った膜厚が推定されることになります。

「AT」共振器は通常、蒸着モニタリング用に選択されます。それは、室温では、温度変化によって非常に小さな周波数変化を示すようになることがあるからです。現在、付加質量（負の）による周波数を分離する方法はなく、クリスタルまたは膜由来の応力に関する温度勾配に起因する周波数変化さえも分離する方法はありません。このような温度に誘発される変化を最小化することが非常に重要です。質量における微細な変化を正確に測定することができるのは、この方法だけです。

Figure 8-3 厚みすべり偏移



8.1.2 周期測定技術

方程式[2]を用いた測定機器は非常に有効でしたが、精度が大きく限定されていることが分かりました。通常、DFの精度は0.02 F_q 未満でした。1961年、次のことが Behrmdt⁴によって確認されました。

$$\frac{M_f}{M_q} = \frac{(T_c - T_q)}{T_q} = \frac{(\Delta F)}{F_c} \quad [3]$$

ここで、 T_c と T_q は、それぞれ薄膜（合成物）を伴ったクリスタルの共振周期とベア・クリスタルの共振周期です。時間測定手法は次の2つの要素から生まれました。

1つは、デジタル時間測定の実施。

もう1つはクリスタルの膜厚 I_q と共振周期 $T_q = 1/F_q$ との比例に関する数学的に厳密な公式です。

⁴ K.H. Behrmdt, J. Vac. Sci. Technol. 8, 622 (1961)

電子工学的には周期測定法は、2番目のオシレーター、すなわち蒸着に影響されず、通常モニター・クリスタルよりもかなり高い周波数にある基準オシレーターを使います。この基準オシレーターは、モニター・クリスタルの共振期間を測定するために使用される短時間の高精度時間間隔を生成するために使用されます。これは、2台のパルス積算器を使用して実施されます。

1台目は、モニター・クリスタルの固定サイクル数 m を積算するために使用されます。

2台目も同時に ON にされて、1台目のカウント数が m になるまで基準オシレーターからのサイクルを積算します。

基準オシレーターの周波数は安定していて、既知の数値であるため、 m カウントは $\pm 2/F_r$ (ここで、 F_r は基準オシレーターの周波数) に等しい精度として知られています。モニター・クリスタルの期間は $(n/F_r)/m$ (ここで n は2台目の積算器におけるカウント数) です。測定精度は基準クロックとゲート・タイム (m の大きさにより設定されます) の長さにより決定されます。このうちの1つまたは両方が増加すると測定精度が改善したことになります。

高周波数基準オシレーターを持つことは、高速測定、低蒸着レート、低密度材料に関して重要です。これらはすべて、測定間における微細な、質量に誘発された周波数変化を分解するために高度な時間精度を必要とします。測定間におけるモニター・クリスタルの周波数の変化が微細である場合、すなわち、測定精度と同じ大きさである場合、高品質なレート・コントロールを確立することはできません。測定の不確かさは、より多くのノイズをコントロール・ループにもたらしめますが、これは長い時間定数によってしか解消することができません。時間定数が長いと、レート誤差の補正が非常に遅くなり、要求レートからの逸脱がかなり長時間になります。このような逸脱は、一部のシンプルな膜では重要ではないこともありますが、光学フィルターや低蒸着レートにおける非常に薄層化された超格子などの重要な膜の生産における許容不可能な誤差の原因となります。多くの場合、層間の再現性が1~2%を超えると、このような膜の要求特性は失われる可能性があります。最終的には、基準オシレーターの実際の安定性と周波数により従来の測定機器の測定精度が制限されます。

8.1.3 Z マッチ技術

Miller と Bolef⁵の一次元連続音響オシレーターとして共振クォーツと蒸着膜を厳格に扱う基礎的な業績を学んだ後、1972年、Lu と Lewis⁶は、単純化 Z-matchTM 方程式を開発しました。同じ頃、電子工学で起こっていた進化、つまりマイクロプロセッサは、「リアル・タイム」で Z-match 方程式を解くことを現実のものとししました。今日販売されている蒸着プロセスコントローラほとんどは、等式 [4] に示した共振クォーツおよび膜システムの音響特性を考慮に入れたこの先進的な方程式を利用しています。

$$T_f = \left(\frac{N_{at} d_q}{\pi d_f F_c Z} \right) \arctan \left(Z \tan \left[\frac{\pi (F_q - F_c)}{F_q} \right] \right) \quad [4]$$

ここで、 $Z = (d_q u_q / d_f u_f)^{1/2}$ は音響インピーダンス比で、 u_q と u_f は、それぞれクォーツと膜のすべり係数です。最後に、タイム・フレームにおいてプロセス制御に実用的な、理論的に正しい結果を出すことができる周波数—膜厚変換に関する基本的な理解がありました。これを成し遂げるために、新たなレベルの精度で必要となるのは、ユーザーが蒸着中の膜に関する追加材料パラメータ Z を入力することだけでした。この等式は多くの材料について試験され、 $F_f = 0.4F_q$ に等しい周波数の変化に有効であることが確認されています。等式 [2] は $0.02F_q$ にのみ有効で、等式 [3] は $0.05 F_q$ 以下についてのみ有効であることに留意してください。

⁵ J.G. Miller and D.I. Bolef, J. Appl.Phys. 39, 5815, 4589 (1968)

⁶ C. Lu and O. Lewsi, J Appl. Phys. 43, 4385 (1972)

A-1 概要

Table A-1 は様々な材料の密度および Z-レシオをまとめます。



注意

これらの材料の中、有毒な物質もあります。ご使用前に、
材料の安全データシートおよび安全手順に従って下さい。

*マークは、未知の Z-レシオを示しています。この場合、デフォルトの 1.000 を利用します。

Table A-1 Material Table

Formula	Density	Z-Ratio	Material Name
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 ₂ O ₃	3.970	0.336	aluminum oxide
Al ₄ C ₃	2.360	*1.000	aluminum carbide
AlF ₃	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 ₂ Se ₃	4.750	*1.000	arsenic selenide
Au	19.300	0.381	gold
B	2.370	0.389	boron
B ₂ O ₃	1.820	*1.000	boron oxide
B ₄ C	2.370	*1.000	boron carbide
BN	1.860	*1.000	boron nitride
Ba	3.500	2.100	barium
BaF ₂	4.886	0.793	barium fluoride

Table A-1 Material Table (continued)

Formula	Density	Z-Ratio	Material Name
BaN ₂ O ₆	3.244	1.261	barium nitrate
BaO	5.720	*1.000	barium oxide
BaTiO ₃	5.999	0.464	barium titanate (tetr)
BaTiO ₃	6.035	0.412	barium titanate (cubic)
Be	1.850	0.543	beryllium
BeF ₂	1.990	*1.000	beryllium fluoride
BeO	3.010	*1.000	beryllium oxide
Bi	9.800	0.790	bismuth
Bi ₂ O ₃	8.900	*1.000	bismuth oxide
Bi ₂ S ₃	7.390	*1.000	bismuth trisulfide
Bi ₂ Se ₃	6.820	*1.000	bismuth selenide
Bi ₂ Te ₃	7.700	*1.000	bismuth telluride
BiF ₃	5.320	*1.000	bismuth fluoride
C	2.250	3.260	carbon (graphite)
C	3.520	0.220	carbon (diamond)
C ₈ H ₈	1.100	*1.000	parlyene (union carbide)
Ca	1.550	2.620	calcium
CaF ₂	3.180	0.775	calcium fluoride
CaO	3.350	*1.000	calcium oxide
CaO-SiO ₂	2.900	*1.000	calcium silicate (3)
CaSO ₄	2.962	0.955	calcium sulfate
CaTiO ₃	4.100	*1.000	calcium titanate
CaWO ₄	6.060	*1.000	calcium tungstate
Cd	8.640	0.682	cadmium
CdF ₂	6.640	*1.000	cadmium fluoride
CdO	8.150	*1.000	cadmium oxide
CdS	4.830	1.020	cadmium sulfide
CdSe	5.810	*1.000	cadmium selenide
CdTe	6.200	0.980	cadmium telluride
Ce	6.780	*1.000	cerium
CeF ₃	6.160	*1.000	cerium (III) fluoride
CeO ₂	7.130	*1.000	cerium (IV) dioxide
Co	8.900	0.343	cobalt

Table A-1 Material Table (continued)

Formula	Density	Z-Ratio	Material Name
CoO	6.440	0.412	cobalt oxide
Cr	7.200	0.305	chromium
Cr ₂ O ₃	5.210	*1.000	chromium (III) oxide
Cr ₃ C ₂	6.680	*1.000	chromium carbide
CrB	6.170	*1.000	chromium boride
Cs	1.870	*1.000	cesium
Cs ₂ 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
Cu ₂ O	6.000	*1.000	copper oxide
Cu ₂ S	5.600	0.690	copper (I) sulfide (alpha)
Cu ₂ S	5.800	0.670	copper (I) sulfide (beta)
CuS	4.600	0.820	copper (II) sulfide
Dy	8.550	0.600	dysprosium
DY ₂ O ₃	7.810	*1.000	dysprosium oxide
Er	9.050	0.740	erbium
Er ₂ O ₃	8.640	*1.000	erbium oxide
Eu	5.260	*1.000	europium
EuF ₂	6.500	*1.000	europium fluoride
Fe	7.860	0.349	iron
Fe ₂ O ₃	5.240	*1.000	iron oxide
FeO	5.700	*1.000	iron oxide
FeS	4.840	*1.000	iron sulfide
Ga	5.930	0.593	gallium
Ga ₂ O ₃	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 ₂ O ₃	7.410	*1.000	gadolinium oxide

Table A-1 Material Table (continued)

Formula	Density	Z-Ratio	Material Name
Ge	5.350	0.518	germanium
Ge ₃ N ₂	5.200	*1.000	germanium nitride
GeO ₂	6.240	*1.000	germanium oxide
GeTe	6.200	*1.000	germanium telluride
Hf	13.090	0.360	hafnium
HfB ₂	10.500	*1.000	hafnium boride
HfC	12.200	*1.000	hafnium carbide
HfN	13.800	*1.000	hafnium nitride
HfO ₂	9.680	*1.000	hafnium oxide
HfSi ₂	7.200	*1.000	hafnium silicide
Hg	13.480	0.740	mercury
Ho	8.800	0.580	holmium
Ho ₂ O ₃	8.410	*1.000	holmium oxide
In	7.300	0.841	indium
In ₂ O ₃	7.180	*1.000	indium sesquioxide
In ₂ Se ₃	5.700	*1.000	indium selenide
In ₂ Te ₃	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
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 ₂ O ₃	6.510	*1.000	lanthanum oxide
LaB ₆	2.610	*1.000	lanthanum boride
LaF ₃	5.940	*1.000	lanthanum fluoride
Li	0.530	5.900	lithium
LiBr	3.470	1.230	lithium bromide
LiF	2.638	0.778	lithium fluoride

Table A-1 Material Table (continued)

Formula	Density	Z-Ratio	Material Name
LiNbO ₃	4.700	0.463	lithium niobate
Lu	9.840	*1.000	lutetium
Mg	1.740	1.610	magnesium
MgAl ₂ O ₄	3.600	*1.000	magnesium aluminate
MgAl ₂ O ₆	8.000	*1.000	spinel
MgF ₂	3.180	0.637	magnesium fluoride
MgO	3.580	0.411	magnesium oxide
Mn	7.200	0.377	manganese
MnO	5.390	0.467	manganese oxide
MnS	3.990	0.940	manganese (II) sulfide
Mo	10.200	0.257	molybdenum
Mo ₂ C	9.180	*1.000	molybdenum carbide
MoB ₂	7.120	*1.000	molybdenum boride
MoO ₃	4.700	*1.000	molybdenum trioxide
MoS ₂	4.800	*1.000	molybdenum disulfide
Na	0.970	4.800	sodium
Na ₃ AlF ₆	2.900	*1.000	cryolite
Na ₅ Al ₃ F ₁₄	2.900	*1.000	chiolite
NaBr	3.200	*1.000	sodium bromide
NaCl	2.170	1.570	sodium chloride
NaClO ₃	2.164	1.565	sodium chlorate
NaF	2.558	1.645	sodium fluoride
NaNO ₃	2.270	1.194	sodium nitrate
Nb	8.578	0.492	niobium (columbium)
Nb ₂ O ₃	7.500	*1.000	niobium trioxide
Nb ₂ O ₅	4.470	*1.000	niobium (V) oxide
NbB ₂	6.970	*1.000	niobium boride
NbC	7.820	*1.000	niobium carbide
NbN	8.400	*1.000	niobium nitride
Nd	7.000	*1.000	neodymium
Nd ₂ O ₃	7.240	*1.000	neodymium oxide
NdF ₃	6.506	*1.000	neodymium fluoride
Ni	8.910	0.331	nickel

Table A-1 Material Table (continued)

Formula	Density	Z-Ratio	Material Name
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 ₃ N ₅	2.510	*1.000	phosphorus nitride
Pb	11.300	1.130	lead
PbCl ₂	5.850	*1.000	lead chloride
PbF ₂	8.240	0.661	lead fluoride
PbO	9.530	*1.000	lead oxide
PbS	7.500	0.566	lead sulfide
PbSe	8.100	*1.000	lead selenide
PbSnO ₃	8.100	*1.000	lead stannate
PbTe	8.160	0.651	lead telluride
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 ₂ O ₃	6.880	*1.000	praseodymium oxide
Pt	21.400	0.245	platinum
PtO ₂	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 ₈	2.070	2.290	sulfur
Sb	6.820	0.768	antimony
Sb ₂ O ₃	5.200	*1.000	antimony trioxide
Sb ₂ S ₃	4.640	*1.000	antimony trisulfide
Sc	3.000	0.910	scandium
Sc ₂ O ₃	3.860	*1.000	scandium oxide

Table A-1 Material Table (continued)

Formula	Density	Z-Ratio	Material Name
Se	4.810	0.864	selenium
Si	2.320	0.712	silicon
Si ₃ N ₄	3.440	*1.000	silicon nitride
SiC	3.220	*1.000	silicon carbide
SiO	2.130	0.870	silicon (II) oxide
SiO ₂	2.648	1.000	silicon dioxide
Sm	7.540	0.890	samarium
Sm ₂ O ₃	7.430	*1.000	samarium oxide
Sn	7.300	0.724	tin
SnO ₂	8.950	*1.000	tin oxide
SnS	5.080	*1.000	tin sulfide
SnSe	8.180	*1.000	tin selenide
SnTe	8.440	*1.000	tin telluride
Sr	2.600	*1.000	strontium
SrF ₂	4.277	0.727	strontium fluoride
SrO	4.990	0.517	strontium oxide
Ta	16.600	0.282	tantalum
Ta ₂ O ₅	8.200	0.300	tantalum (V) oxide
TaB ₂	11.150	*1.000	tantalum boride
TaC	13.900	*1.000	tantalum carbide
TaN	16.300	*1.000	tantalum nitride
Tb	8.270	0.680	terbium
Tc	11.500	*1.000	technetium
Te	6.250	0.900	tellurium
TeO ₂	5.990	0.862	tellurium oxide
Th	11.694	0.484	thorium
ThF ₄	8.320	*1.000	thorium (IV) fluoride
ThO ₂	9.860	0.284	thorium dioxide
ThOF ₂	9.100	*1.000	thorium oxyfluoride
Ti	4.500	0.628	titanium
Ti ₂ O ₃	4.600	*1.000	titanium sesquioxide
TiB ₂	4.500	*1.000	titanium boride
TiC	4.930	*1.000	titanium carbide

Table A-1 Material Table (continued)

Formula	Density	Z-Ratio	Material Name
TiN	5.430	*1.000	titanium nitride
TiO	4.900	*1.000	titanium oxide
TiO ₂	4.280	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 ₃ O ₈	8.300	*1.000	tri uranium octoxide
U ₄ O ₉	10.989	0.348	uranium oxide
UO ₂	10.970	0.288	uranium dioxide
V	5.980	0.530	vanadium
V ₂ O 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
WB ₂	10.770	*1.000	tungsten boride
WC	15.600	0.151	tungsten carbide
WO ₃	7.160	*1.000	tungsten trioxide
WS ₂	7.500	*1.000	tungsten disulfide
WSi ₂	9.400	*1.000	tungsten silicide
Y	4.340	0.835	yttrium
Y ₂ O ₃	5.010	*1.000	yttrium oxide
Yb	6.980	1.130	ytterbium
Yb ₂ O ₃	9.170	*1.000	ytterbium oxide
Zn	7.040	0.514	zinc
Zn ₃ Sb 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 sulfide
ZnSe	5.260	0.722	zinc selenide

Table A-1 Material Table (continued)

Formula	Density	Z-Ratio	Material Name
ZnTe	6.340	0.770	zinc telluride
Zr	6.490	0.600	zirconium
ZrB ₂	6.080	*1.000	zirconium boride
ZrC	6.730	0.284	zirconium carbide
ZrN	7.090	*1.000	zirconium nitride
ZrO ₂	5.600	*1.000	zirconium oxide

このページは余白



本社（営業部・技術部）
〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸3-2-1
かながわサイエンスパークR&D D棟7F
Tel : 044-822-1111
Fax : 044-322-8901

リペアサービスセンター
〒213-0002 神奈川県川崎市高津区
二子6-14-1 YTTアネックスビル
Tel : 045-471-3326
Fax : 045-471-3327

中部営業所（営業部・サービス部）
〒486-0918 愛知県春日井市
如意申町 3-7-21
Tel : 056-829-7611
Fax : 056-29-7618