

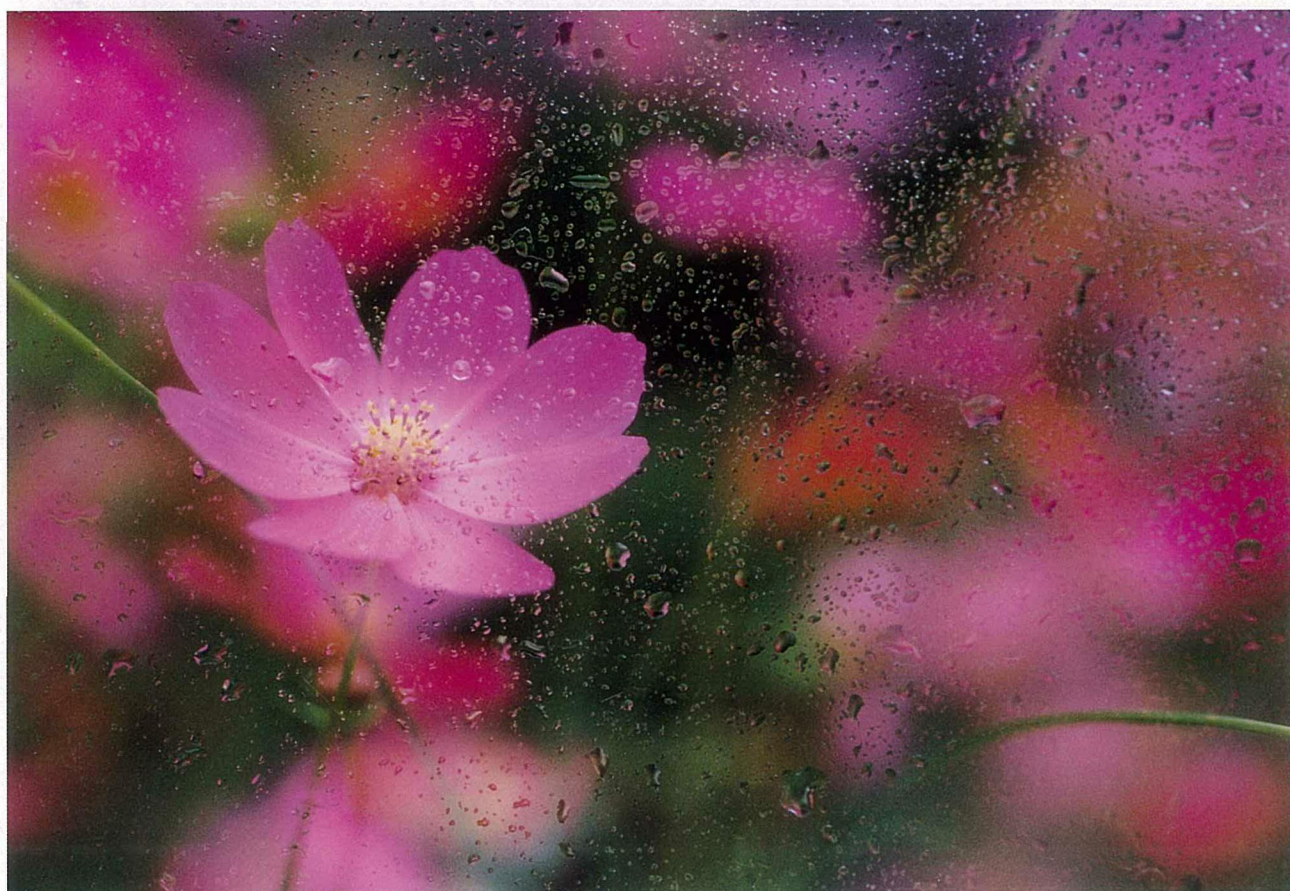
ISSN 0915-9916

Readout

HORIBA Technical Reports

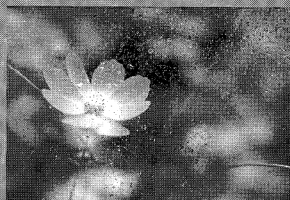
September 2002 ■ No. 25

特集 One Step Ahead 半導体計測



HORIBA

21世紀のIT社会をハード面から牽引するのが半導体産業であることは間違いありません。そして、この半導体技術を支えているのが計測機器です。今号では、“One Step Ahead”をキーワードとして、半導体デバイスや半導体製造装置の近未来の動向と、これらに関連するホリバグループの製品・技術をご紹介します。



□表紙写真

撮影：松井秀雄氏
(二科会写真部関西支部)

□誌名について

誌名“Readout”(リードアウト)には、「当社が創造・育成した製品・技術を広く世にお知らせし、多くの皆様に読み取っていただきたい」という願いが込められています。

特集 One Step Ahead 半導体計測

巻頭言

3 One Step Ahead

辻 勝也

特集寄稿

5 半導体産業再生への処方箋

奥村勝弥

座談会

9 半導体ラインの生産効率向上プログラムと計測機器メーカーのアプローチ

小林 秀/原 清明/氏家達郎/酒井俊英

特集論文

17 全自動超薄膜計測システム UT-300 のソフトウェアシステム

鉤 正章

21 DeviceNet™ 対応のデジタル・マスフローコントローラ SEC-Z10D シリーズ

鹿島利弘/岩崎直基

25 新しいエッチングモニタ DIGILEM

Ramdane Benferhat

29 溶存オゾンモニタ OZ-96

鈴木理一郎

製品紹介

32 FTIR ガス分析計 FG-100 シリーズ

インタビュー

33 薬液濃度モニタを通して見た韓国の半導体市場へのアプローチ

NAC-HYUNG SONG

製品紹介

38 SC-1 モニタ CS-131

一般論文

39 2次元放射温度計 アイスクエア (ii-1064)

中田嘉昭/浅野一朗

アプリケーションノート

44 2次元放射温度計 アイスクエア

一般論文

46 ラマン / FTIR 一体型顕微分光装置 LabRam-IR

Fran Adar / Gwenaelle Le Bourdon / Andrew Whitley / Hans Juergen Reich / Juichiro Ukon

特別寄稿

50 すき間とニッチ

倉部行雄

一般論文

52 ホリバの研究開発と知的財産

馬場健次

知的所有権メモ

社外技術発表リスト

HORIBA World-Wide Network

Feature **One Step Ahead on the Semiconductor Measurement**

Foreword

- 3 One Step Ahead**
Katsuya Tsuji
-

Guest Forum

- 5 A Prescription for Revitalizing the Semiconductor Industry**
Katsuya Okumura
-

Discussion

- 9 Program for Improving Production Efficiency on the Semiconductor Line and the Approach of the Measuring Instrument Manufacturer**
Shigeru Kobayashi / Kiyooki Hara / Tatsuro Ujije / Toshihide Sakai
-

Feature Article

- 17 Software System of the Full Automated Spectro-Ellipsometer UT-300**
Masaaki Magari
- 21 DeviceNet™ Mass Flow Controller, the SEC-Z10D Series**
Toshihiro Kashima / Naoki Iwasaki
- 25 Plasma Dry Etch End-point Monitor, DIGILEM**
Ramdane Benferhat
- 29 OZ-96 Dissolved Ozone Monitor**
Riichiro Suzuki
-

Product Information

- 32 FTIR Gas Analyzer, FG-100 Series**
-

Interview

- 33 The Business Strategy to the Korean Semiconductor Market from the Viewpoint of Chemical Concentration Monitors**
NAC-HYUNG SONG
-

Product Information

- 38 High-precision SC-1 Concentration Monitor, CS-131**
-

Selected Article

- 39 2 Dimensional Infrared Thermometer i-square**
Yoshiaki Nakata / Ichiro Asano
-

Application Note

- 44 2 Dimensional Infrared Thermometer i-square**
-

Selected Article

- 46 LabRam-IR - An Affordable Combination System**
Fran Adar / Gwenaelle Le Bouon / Andrew Whitley / Hans Juergen Reich / Juichiro Ukon
-

Guest Forum

- 50 Sukima and Niche**
Yukio Kurabe
-

Selected Article

- 52 Horiba's R&D Activity and Intellectual Property**
Kenji Bamba
-

Patents

Technical Report List

HORIBA World-Wide Network

One Step Ahead

これまでに見えない不況に苦しんだIT産業も不透明感はあるものの、2002年になりようやく回復の兆しが見え始めている。IT産業の根幹をなす半導体デバイスメーカー各社は、さまざまな形態のグローバル・アライアンスを進める一方で、製品の種類を集中することで生き残りを図っている。一つは汎用メモリやMPUなど少品種大量生産品であり、もう一つはSystem on a Chipのような多品種少量生産品である。いずれの分野でも、より高性能なデバイスを、より安く、より速く市場に供給することが至上命題である。

デバイスメーカー、製造装置メーカー、材料メーカーは、独自であるいは互いに協力しながらより高度で安定な半導体製造技術の開発・構築を進めている。これらを支え、発展させるのが計測・分析機器である。

このように幅広い分野で使われる計測機器へのニーズも、高度で多様になっている。特に最近では、デバising・プロセスをリアルタイムに監視し、制御したいとの意向から、in-line, in-situ モニタへの要望が増大している。

従来、計測・分析機器の多くは、一部の専門家の方々に手間・暇をかけて使っていた。しかし、半導体製造現場で使っていただくためには、だれもが、容易に扱え、信頼性の高いデータが得られるものでなければならない。

例えば今日、半導体プロセスでは薄膜の特性を正確に把握することが欠かせず、従来は標準的なエリブソメータをプロセスラインへ転用していたが、測定には多くのノウハウを要していた。

そこでホリバグループは、世界No.1の光学技術を誇るフランスのジョバンイボン社(JY)のエリブソメータと、堀場製作所がレティクル・マスク上異物検査装置で培ったメカトロニクス技術とを融合させて全自動超薄膜計測システムUT-300を開発した。まさに、グローバル・アライアンスの成果だと言えよう。

元来、ホリバグループ内部には、理化学機器分野のセンサ、計測技術及び環境機器分野の応用技術が永年蓄積されている。科学機器の応用としてのラマン分光、FTIR、蛍光X線分析技術、更には、(株)エステックの流体制御技術などを加え、ホリバグループの総合力で高度で多様な半導体市場に果敢に挑戦している。

一方、半導体関連分野で近年高まりを見せているEHS分野へも、ホリバグループの未来の強みを発揮中である。その実現に向け、より長期的な視野に立ち、新たな市場開拓、技術開発のために国内外の研究開発プロジェクトにも積極的に参画している。

その一つが(社)日本半導体製造装置協会が主催するPFC対策委員会への参加である。地球温暖化防止対策として半導体業界が取り組んでいるパーフロロ化合物PFC削減プロジェクトに対して、当社のガス分析技術で貢献したいと願っている。また、「MIRAI」や「HALCA」など次世代半導体技術開発プロジェクトにも参画している。これらはいずれも21世紀の日本を担う半導体技術を産・官・学が共同して研究開発しようとするものである。



辻 勝也

Katsuya Tsuji

半導体科学システム統括部
統括部長

ホリバは、米・欧・アジアのグローバル3拠点をベースに、海外のお客様・研究機関との積極的なアライアンスを通して、未来のセンサ技術を開発すると共に、先鋭の半導体プロセスに必要な計測技術を探索している。

21世紀は情報とライフサイエンスの時代だと言われ、先鋭的な科学技術の研究開発が精力的に行われている。一方では、モノづくり元年といわれ、より良いものをより安くつくる生産技術の確立への地道な努力も重ねられている。

いずれの分野においても基本的なツールとなる計測機器は、市場のニーズを十分に把握し、一歩先取りしていかなければならない。つまり、速すぎてもいけないし、遅いのは論外である。つまり、“One Step Ahead”が我々計測機器メーカーの基本だと考えている。

半導体産業再生への処方箋

A Prescription for Revitalizing
the Semiconductor Industry

奥村勝弥

Katsuya Okumura, Prof. Dr.

東京大学先端科学技術研究センター
教授，工学博士



今、半導体産業が大きな転換期を迎えている。本稿では半導体業界が抱える問題点を洗い出し、解決策を提案する。低迷の原因はパソコン市場の頭打ちであり、微細化技術の限界である。これらの問題をクリアし半導体産業を再生する処方箋として、アジャイルなミニ・ファブ、マスクレスの直接描画、三次元(3D)LSIなどの技術開発を提案する。

Today, the semiconductor industry is in a period of transition. In this article, we take a close look at the problems facing the semiconductor industry, and at proposals for resolving these problems. Two factors causing the stagnation of the semiconductor industry are that personal computer market growth has passed its peak, and that there are limitations to miniaturization technologies. As a prescription for resolving these problems and revitalizing the semiconductor industry, we herein propose the development of technologies such as agile mini-fabrication, mask-less EB direct drawing, and three-dimensional LSI.

1

はじめに

半導体産業が生まれて、ほぼ半世紀が経過した。この間、順調に拡大成長を続け、30兆円の市場にまで育った。しかし、ここ数年LSIメーカー(特に日本メーカー)の先行き不安が大きくなってきている。

第一の原因は損益の振幅が大きすぎることである。成長産業では多かれ少なかれ振幅が大きいものではあるが、最近はその数千億円単位となっており、キャッシュフロー経営を考慮すると大きな問題である。

第二はエンドユーザ産業の成長鈍化の問題である。従来、コンピュータが半導体産業のけん引車であり、その後はパーソナル・コンピュータに引き継がれて現在に至っている。このパソコン産業に成長の陰りが見られ、今後順調に更に成長していくとは考えにくい状況である。これはパソコン産業に新たな用途開拓が見つけられないからである。この影響をもるに半導体産業も被っている。

第三は微細化技術の大きな壁に立ち向かっていることである。半導体産業は図1に見るようにここ30年以上微細化技術を開発し、LSIの性能向上とコスト低減を同時に果たしてきた。しかし、100nmの時代を迎え、技術的と経済的

の両面から問題点が顕在化してきた。

以上の問題点をもう少し詳細に論じ、それからこれを解決するための処方箋について論じてみる。そして、21世紀にも半導体産業が更に成長し、この産業から派生してきているナノテク産業やマイクロマシン産業へとスムーズに技術移転が行われるようにしていきたい。

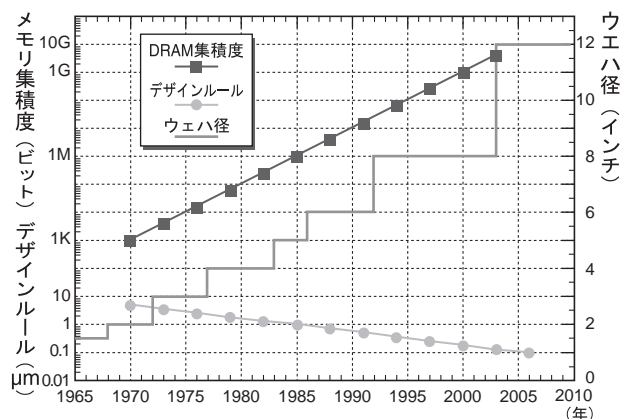


図1 微細化の推移

2

パソコンの限界

パソコンは現在年間1億台以上も生産されている。かつては二桁の成長率を誇っていたが、最近では成長率も利益率も低下し、今後大きな成長が見込めなくなってきたと言われている。ここまで大きく成長してきた最大の理由は、インテル/マイクロソフトのデファクト化が進み、汎用化してコスト削減に大きく寄与してきたからだと考えられる。

しかし、汎用化が進みすぎてしまい、どこのメーカーのパソコンでも差異がなく、個性がなくなってしまった。このため新たなアプリケーションが見つからず、おもしろくなくなってしまったのが低成長の原因の一つである。

パソコンの性能は微細化によって大きく改善され、2GHzを超える機能になってきている。しかしこの高性能が必要なアプリケーションがパソコンレベルでは見つからないことが第二の原因である。

このパソコンの次に来るものとして期待されているものが情報家電と言われているものである。これはゲーム機が最初のはしりであり、続くものとして携帯電話、デジタルカメラ、DVD、カーナビ等々がある。これらはいずれも“アミューズメント”“ファッションブル”といったことがキーワードとなる機器で、日本が独占的にリードしている。これらの機器は別の言い方をすると動画とモバイル性である。個性的であることが大事であり、ブームになりやすいものである。

情報家電用のLSIとパソコン用のものとは、その性格は大きく異なっている。表1にこれらの対比を示した。

	今まで	これから
主たる用途	パソコン	情報家電
デバイス	汎用メモリ	SOC(カスタムLSI)
生産数量	10億個/年	10万個/機種
製品寿命	2~3年	数ヶ月
工場	コスト優先	コストとQTA T

表1 半導体産業の姿

パソコン用LSIは心臓部のMPUはインテルの独占であり、多くのLSIメーカーはメモリの供給者になっている。1台のパソコンで10個以上のメモリを使用するため、年間10億個以上の汎用品メモリの消費がある。しかもその製品寿命は2~3年と比較的長い。

これに対し、情報家電では、個性化を狙うため、カスタムLSIが不可欠である。一つの開発機種ごとに専用LSIが必要であるが、その個数は高々数千から10万個である。マーケットの反応がよければすばやく立ち上げる。しかしその機種の寿命は長くても数ヶ月と短い。

このように両者の差異は非常に大きい。デバイス設計・製造両面からの大きな変革が不可欠である。

3

微細化の限界

現在130nmの微細化技術は実用化レベルにあり、100nm以下のプロセスが研究・開発されている。ここで微細化の大きな壁が顕在化してきた。第一の壁はリソグラフィ技術の壁、第二は微細化トランジスタ及び微細配線技術の壁である。

リソグラフィ技術は水銀ランプ光源からエキシマ・レーザー光源へと短波長化することで進化してきた。レーザー光源になることにより、露光機のコストやランニングコストも数倍から10倍近くにまで大幅に上昇し、100nm以降の光露光を考えると更に数倍のコストアップと言われている。

マスクを用いた縮小露光法が現在採用されているが、露光波長の半分ぐらいのパターンを転写させるために、非常に高度な光学技術を利用している。このためマスクに種々の細工を施しており、マスクコストも非常に高価で、数百万円にもなっている。近い将来、1000万円でも困難になると予想されている。このようなマスクがLSI製造のためには10枚程度必要となる。

一組のマスクセットで汎用品DRAMのように数億個のLSIを製造するのであれば、このマスクコストでもなんとか回収できるのであるが、数万個しか製造しないカスタムLSIでは回収は全く不可能である。

このようにリソグラフィ技術ではコスト的な大きい壁がある。

トランジスタの寸法(面積)を微細化していく時、スケールリング則という物理法則に従って、PN接合深さやゲート酸化膜厚も薄くしていく必要がある。

現状のトランジスタでもゲート膜が薄くなり、シリコン酸化膜のみではリーク電流が問題となりシリコン窒化膜との複合膜になっているが、微細トランジスタでは新たな材料のゲート膜開発が必要となる。更にはソース・ドレインのシート抵抗増大を抑制することも必要となってきている。

微細化の結果、現在のLSIには数千万から数億個の素子が形成されており、これらの素子間を信号が行き交うため、配線の総延長は膨大なものになっている。これに対処するため、配線幅及び間隔も微細化されているが、配線幅の減少でシート抵抗が高くなり、配線間隔の狭隘化で浮遊容量の増大も発生する。

この問題を解決するため、Al配線をCu配線にすることで、抵抗増大を抑制し、かつ誘電率の低い絶縁材料を導入することで容量低下が図られている。しかし、それでも不十分で配線層数の増加という手段も同時に行われている。

従来は単に微細化技術の開発のみでこと足りていたのが、100nm近傍まで微細化されてくると、このようにトランジスタや多層配線の構成材料の変更や新たなプロセスの追加が必要となり、そのコストは膨大なものになる。

以上、問題点を論じてきたが、これからはその解決策について述べていきたい。

4

アジャイルなミニ・ファブ

前述したように、半導体産業のけん引車がパソコンから情報家電に変わっていくと考えられる。この時、LSIメーカーの製造・供給体制に大きな変更が要求されるようになってきている。すなわち、従来のような大量生産体制から少量・多品種のLSIを超変動生産で供給することを要請されてきている。更に、このような情報家電マーケットは変動が激しく、在庫不良を軽減するために、超短納期(QTAT)が強く要望されている。

このような性格を持ったLSI製造を従来型の量産工場で運営していくことは非常に困難であり、これがLSIメーカーの足を大きく引っ張っているのが現状である。これを解決する一つの手法が、ミニ・ファブの提案である^[1]。

従来の量産工場(メガ・ファブ)では、月産1000ロット(25000枚ウエハ)の生産能力を持つのが標準であるが、これを100ロットと10分の1の生産規模に縮小した工場(ミニ・ファブ)で運営しようとするものである。

メガ・ファブ用装置は専用機化され、平均500ロットの処理能力を有し、高効率に稼働することを目標に開発されてきている。このような装置をミニ・ファブに導入すると効率が非常に低下する。

そこで考案されたミニ・ファブ用の装置は、1台で各種のプロセスに対応できるように改造されているものである。すなわち、多機能化・共用化がキーワードである。

このような装置を導入することにより、表2に示すように、メガ・ファブとほぼ同じ投資効率で工場運営が可能となる。

	メガ・ファブ型		ミニ・ファブ型
ライン規模(Lots/Month)	1000	100	100
リソグラフィ	38	5	4
洗浄装置	76	20	6
拡散(RTP含む)装置	38	7	4
減圧CVD装置	9	4	3
プラズマCVD(塗布)装置	45	6	3
スパッター(メッキ)装置	48	7	3
RIE(アッシャー含む)装置	56	12	6
イオン注入装置	18	3	2
CMP	65	9	4
合計	393	73	35

表2 装置台数比較

ミニ・ファブ内では装置台数及び仕上がりロット数がメガ・ファブに比べ桁以上減少するため、コンピュータによるロット進捗をリアルタイムで完璧に行うことが現実のものとなった。このことにより、納期が半分以下になり、超変動生産でも工場運営に何の支障も生じなくなる。このようなファブ運営をアジャイル・ファブと言っている。

このようなアジャイル・ファブでは投資額が100億円以下となり、キャッシュフローを考慮しても俊敏な投資が可能となる。更に少量・多品種でかつ超変動生産とQTATの達成も可能な工場運営が実現できることとなる。

5

マスクレス直接描画

情報家電用LSIのリソグラフィを考えた場合、マスクを用いない直接描画が最も適している。しかし、現実には、スループットが1枚あたり3時間とあまりにも小さすぎ、工場導入は不可能であった。最近、新しい手法が提案されてきている^[2]。それは、描画時の加速電圧を10分の1にまで下げることにより、レジスト感度を10倍増大させ、スループットを改善するものである。

更に描画方式にも工夫をこらすことが可能であることも判明してきた。

情報家電用のカスタムLSIは、論理回路部とメモリ部から構成されている。論理回路部は、あらかじめ決められたスタンダードセルSCという基本単位の機能ブロックの組み合わせで設計されている。このSCをアパーチャマスクとして製作し、これを用いて描画していくことにより、描画時間の大幅な短縮が可能となってきた。この手法はキャラクター・プロジェクション(CP)方式と言われることが多い。これに対し、各種の矩形パターンを2枚のアパーチャを用いて生成しながら描画していく手法をVSB方式と言っている。

CP方式では、アパーチャマスクを製作するが、このマスクは繰り返し使用されるため、マスクコストはわずかなものとなり、事実上マスクレス描画と言ってもよい。メモリ部は同一パターンで構成されているため、CP方式は更に効率的に利用できる。

前述のSCの数を数百個から百個程度に制限して設計することも可能で、このように数の少ないSCで設計されたLSIであれば更に描画時間の短縮が可能となる。これらのスループットの結果を表3に示した。スループットが10分を切るレベルにまでなってくると、工場導入が可能となり、カスタム品のマスクコスト高騰から逃れることができる。

加速電圧	描画方式	ショット数 (Gショット/枚)	処理時間 (分/枚)
50KeV	VS B	10	177
5KeV	VS B	10	53
	C P+ VS B	2.3	14
	C P+ VS B コンパクト設計	1	8

@130nm ノードデバイス 全レイヤー平均 200mm

表3 直描機スループット比較表

6

三次元(3D)LSI

今までのLSIは二次元の平面上で微細化することで進化してきた。LSIの厚みは数百ミクロンと厚いが実際に素子として機能している厚みはわずか数ミクロンであり、大部分の厚みは基板としての機械的な役割を果たしているにすぎない。そこでLSIの厚みを数10μmまで薄くして、これを三次元的に積み上げていくことで高集積化を達成し、微細化のスピードを鈍化させてもシステムの性能向上を図るという考え方がある^[3]。

このようなLSIは三次元(3D)LSIと言われており、図2に示した。この三次元(3D)LSIを実現させるためには、数10um厚のチップを貫通する数万個にも及ぶ多数の貫通ビアが不可欠であり、これを低コストで形成する技術やこのビアを接続していく技術等の新しい技術開発が必要となっている。これらの技術は一種のマイクロマシン加工技術である。

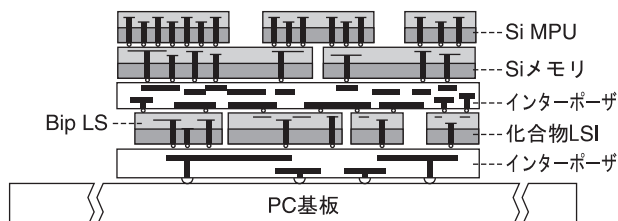


図2 三次元(3D)LSI

三次元(3D)LSIが可能となるとカスタムLSIの考え方も変わる。つまり汎用品に近いCPUチップや汎用品であるメモリチップを三次元に実装していくことでカスタムLSIと同じ機能を低コストの汎用品デバイスで実現できるからである。更には、多層配線だけを果たすチップ(インターポーダ)を導入してくることで、配線遅延の問題も軽減されることも考えられる。

将来的には、Siチップ以外に化合物半導体の積層も可能になれば、非常に多機能なシステム提供が実現できることとなる。

7

おわりに

半導体産業が大きな転換期を迎え、数多くの困難が競合するかに出現してきて、これが現在、半導体メーカーを苦しめている。これらの問題点の原因について論じ、その解決策について提案した。これらをまとめると表4のようになる。

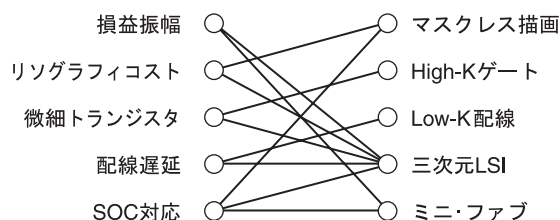


表4 問題解決へのアプローチ

スループットの大幅な増加が見込めるマスクレスの直接描画技術の開発を行うことで、リソグラフィコストの高騰及びSOC(System On a Chip)対応のマスクコストやQTATの解決になる。

多機能化・共用化が可能な製造装置を工場に導入することで、100ロット生産で100億円という投資効率的にも勝れたミニ・ファブ工場が可能である。これをコンピュータ管理(CIM)で効率よく運営することで、少量・多品種のLSIを超変動生産でもQTATにかつ安価に製造できることを示した。

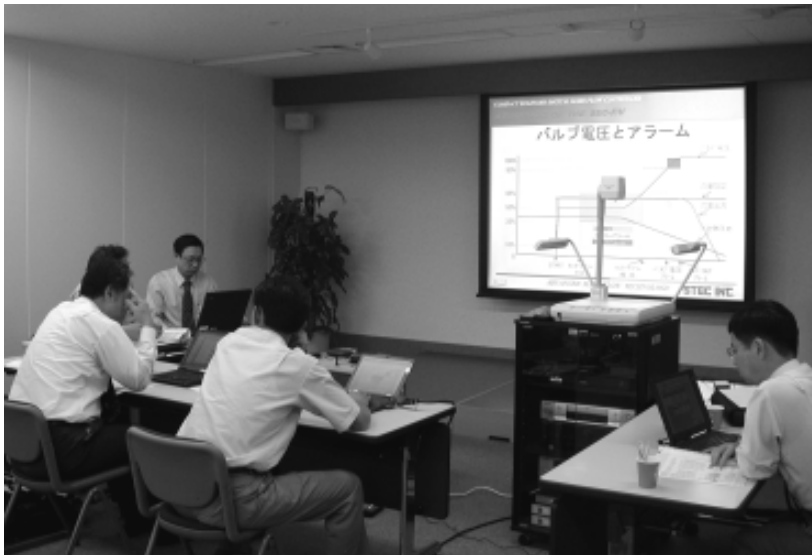
更にマイクロマシン技術及び高密度実装技術をベースに進化させることにより、三次元(3D)LSIが可能であると述べた。この三次元(3D)LSI技術が完成すると、現在抱えている問題を基本的にすべて解決する可能性を持っている。この技術の最大のネックはコストである。このコストをいかにして抑制しながら達成していくかがポイントである。しかし、完成した暁には他産業への波及効果は大きい。現在筆者はこの分野に最大の注力をしている。

参考文献

[1] 日経マイクロデバイス 2001年11月号 No.197 P.117
 [2] 日経マイクロデバイス 2002年3月号 No.201 P.56
 [3] 日経エレクトロニクス 2002年2月11日号 No.815 P.105

半導体ラインの生産効率向上プログラムと計測機器メーカーのアプローチ

Program for Improving Production Efficiency on the Semiconductor Line and the Approach of the Measuring Instrument Manufacturer



【ゲスト】
小林 秀
(株)半導体先端テクノロジーズ

【アテンダ】
原 清明, 氏家達郎
(株)エステック
酒井俊英
(株)堀場製作所

【司会】
永井良典
(株)堀場製作所

中国に世界最強のシリコン・ファウンドリを目指したLSI工場が始動しました。世界の半導体デバイスメーカーは、1セントでも安い製品を1秒でも速く市場に提供することで生き残りを図っています。一方で、多くの半導体工場では、製造プロセスの設備総合利用効率(OEE)は50%にも達していません。この度、(株)半導体先端テクノロジーズ(Selete)の小林秀様をお迎えし、半導体ラインの生産性向上のキーポイントは何か、計測機器メーカーであるホリバグループには何が求められ、何を提供できるのかについて話し合いました。Selete殿が開発中の装置エンジニアリングシステム(EES)、エステックのマスフロー監視システムソフトSEC-F/V、インターネットを経由したリモートメンテナンスなど、幅広く話題が展開しました。そして、これらの新たな取り組みが成功し、成果を挙げるためには、デバイスメーカー、装置メーカー、そして計測機器メーカーの枠を超えた「オープン化」がキーワードであると強く認識しました。

The LSI Plant in China has begun operations with the goal of becoming the world's leading silicon foundry. With survival on the line, semiconductor device manufacturers throughout the world are engaged in cent-by-cent, second-by-second struggle to quickly bring low-priced products to market. At the same time, a survey by SEMATECH indicates that the Overall Equipment Effectiveness (OEE) of the semiconductor process does not even reach 50%. We recently invited Mr. Shigeru Kobayashi of Selete (Semiconductor Leading Edge Technologies, Inc.) to join in a discussion of key points for improving productivity on the semiconductor line, including action that the Horiba Group needs to take as a measuring instrument manufacturer and strengths that we have to offer. A wide variety of topics were discussed, including the equipment engineering system (EES) that Selete is developing, STEC Inc.'s SEC-F/V software for mass flow monitoring systems, and remote maintenance via the Internet. It became very clear during the course of the conference that the keyword for bringing these efforts to success and improving results is "openness", openness that transcends the traditional frameworks of device manufacturer, equipment manufacturer, and instrument manufacturer. Yoshida noted that clinical testing for substances, such as blood and urine, must be done in a truly scientific manner.



小林 秀

Shigeru Kobayashi

株式会社半導体先端テクノロジーズ
ライン生産効率向上プログラム
プログラムマネージャー

司会 今日は忙しいところありがとうございます。最初に、小林様から Selete の概要と、生産性向上プログラムのご紹介をお願いします。

小林 Selete は、半導体製造技術の研究開発を行うため、富士通、日立製作所など国内半導体メーカー 10 社が出資し、1996 年に設立された会社法人で、現在の半導体メーカーの委託者は 13 社となっています。研究者は全員委託会社からの出向者であり、エキスパート集団を形成しています。

Selete では、半導体製造分野における日本の国際競争力の低下を背景に、半導体製造技術におけるさまざまな取り組みがなされています。その一環として、ライン生産性向上プログラムでは、2001 年 4 月より、EES(装置エンジニアリングシステム)の開発に注力しています。

司会 EES とはどのようなものなのですか？

小林 EES を説明する前に EES 開発の背景を簡単に説明します。

ここに、SEMATECH(Semiconductor Manufacturing TECHNOlogy)がまとめた半導体工場における製造装置の稼働率の調査結果(図 1)がありますが、装置の総合利用効率(OEE)は 5 割にも達していません。あとは、装置の待ち時間や、ノンプロダクト・ウエハ、ダミーを使っていたり、装置の点検や故障修理に追われています。つまり、半導体製造工場の生産性を高めるためには、製造設備の OEE を向上することがどうしても必要であり、従来からの取り組みは十分でなかったという反省があります。Selete ではそのための強力なツールとして EES の開発を進めています。

EES とは、稼働管理や故障解析、部品寿命管理と呼ばれる装置運用技術の領域を統合し、更に装置の性能安定性を高めるためのシステムであり、従来、合理化・システム化が遅れていた装置管理業務を抜本的に改善する仕組みを、デバイスメーカーさんと製造装置メーカーの両方に提供しようとするものです。

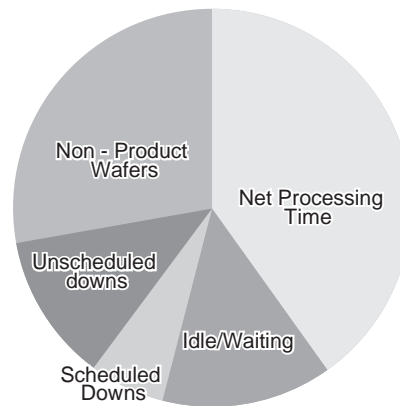


図 1 半導体製造装置の総合利用効率(出展 SEMATECH)

図2は半導体工場における装置エンジニアリング業務(EE)の現状をまとめたものですが、一口で言えば、EE業務がものすごく「人」に依存しており、これが生産ラインの自動化、合理化を阻んでいる。生産性を高めるためには、デバイスメーカーさんと製造装置メーカーさんとの積極的なアライアンスが欠かせません。そして、このアライアンスの前提となるキーワードがオープン化です。

オープン化とは、すばやく必要な情報と権限を一番適切な組織や人間、あるいはソフトウェア機能に渡すという考え方で、一番得意な人が行える体制の仕組みを考えましょうということです。デバイスメーカーは、ややもすると合理化への対応というのを、自分たちの中だけで考えていたりするので、もう少し業務分担を自由に考えたシステム化ができないか、と。結局、私はキーは業務のオープン化にあると考えてます。



原 清明

Kiyooki Hara

株式会社 エステック
執行役員 開発本部長
理学博士

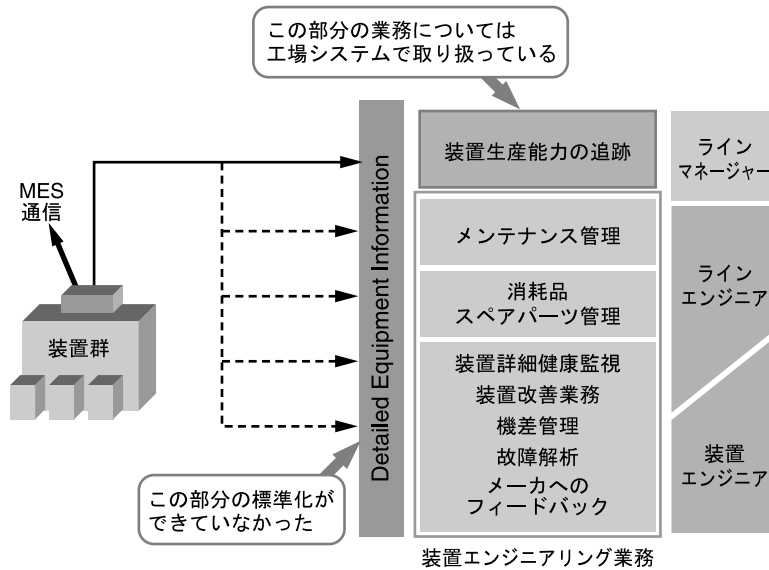


図2 装置エンジニアリング業務のシステム化

司会 とは言え、デバイスメーカーにはそれぞれの事情があり、自社のプロセスデータの公開には厳しい制限があると思うのですが、そのあたりをどう考えたら良いのでしょうか？

小林 確かに短絡的にデバイスメーカーサイドだけからの話をすれば、安定稼働とか性能維持の改善に対して、サプライヤからもっとコミットしてくださいということになります。しかし、このような一方的な視点では決して長続きしません。やはり、フィールドデータをお渡しするとか、お互いにウィン・ウィンになるような格好でのオープン化が必要だと思います。この業務分担の見直しのメリットについての相互の認識が十分であることが必要です。実際に何をやるかといえば、「生産制御視点と装置視点の情報を分離して集め、そして装置視点の情報を徹底的に利用できるようなオープン化しよう」というのが私たちの提案です。



氏家達郎

Tatsuro Ujiie

株式会社 エステック
営業推進部
課長

生産性の向上には、プロセス性能の安定化と、製造装置の基本機能の改善という二面からのアプローチがどうしても必要になります(図3)。プロセス面ではAPC(Advanced Process Control)やFDC(Fault Detection and Classification)など、また装置面では機器の基本性能の把握、装置改善業務や予防保全業務などをネットワーク技術を駆使してオープン化し、OEEの最大化を図らなければなりません。このために何をできるようにするかを、ユーザ、部品メーカー、装置メーカー、ソフトウェアメーカーが有効な提案をお互いに行き交うまでEESを皆で検討することがセキュリティについて本当の方針が決まるのに必要であると思います。

例えば、装置の故障の予知や予防、あるいは装置性能の変動はプロセスモニタを使って、プロセスの詳細データや装置の基本性能データなどの収集が必要になります。これらをEESデータベースと呼んでいますが、この時重要なのは情報のハンドリングを行うインターフェイスの標準化を図ることです。

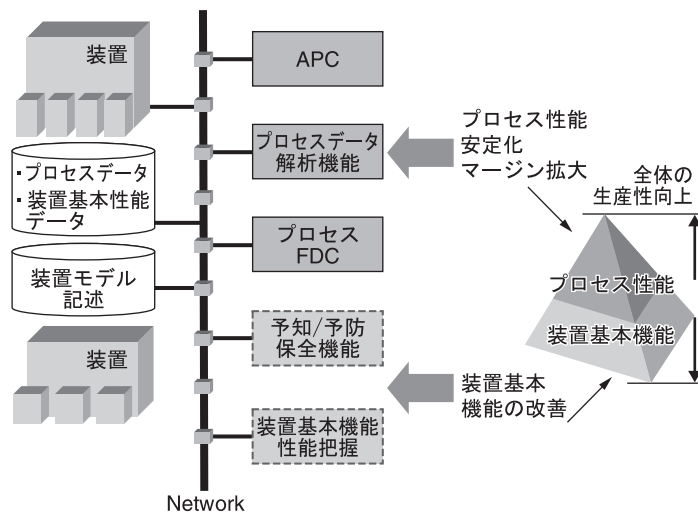


図3 EESの位置付け

司会 ここでおっしゃる標準化とは、デバイスメーカーさんや装置メーカーの間で情報が自由に行き交うようにするという意味ですか？

小林 Seleteのスタンスは共通のインフラ技術を開発するというものです。この共通インフラがあると、いろいろと自由に業務が発展するということの基礎を提案しているわけです。

例えば、異なるメーカーさん同士で情報が混ざり合わないとか、あるいは他のメーカーさんの中身が見えてはいけないとか、そういうセキュリティの話は当然あってしかるべきだと考えています。

我々が狙っているのは、あくまでも生産性の向上を目指したオープン化です。例えば、装置メーカーさんに対してデータを渡せば、装置メーカーさんがもっとよく面倒を見てくれるから出すんだという仕組み作りです。

司会 小林様ありがとうございました。生産性向上のためには、プロセスと製造装置が緊密かつシステムティックに連動していなければならないことがよくわかりました。

それでは次に、原さん、マスフローコントローラのメーカーの立場から生産性向上への取り組みを紹介してください。

原 先程小林様から、「製造装置の稼働効率(OEE)が低いよ。装置の基本性能部分の安定化が必要ですよ。」とご指摘を受けたのですが、私どもとしましては、何と言ってもアンスケジュールド・ダウン・タイム、つまり突発的な故障をどうやって予知するのか、そしてこのためのプロセスデータをいかに吸い上げるかが一番気になるところです。まず、当社が開発を進めていますマスフロー監視システムソフトSEC-F/Vを紹介させていただきます。

氏家 通常、マスフローは、流量の設定と制御結果しか管理されていません。ところがマスフローのバルブの制御状態も監視すれば、より情報が豊富になります。エステックでは、バルブの制御電圧を含め、パソコンで監視/記録するソフトを開発しました。バルブの制御電圧を監視することで流量制御不能になる前にマスフローの異常を検知することができます。図4は、ソフトの画面ですがアラーム情報と制御状態がすべて記録に残る様子を示しています。

現在、いろいろなお客様に、採用していただいておりますが、大規模な採用はまだありません。その理由は、製造装置やプロセスの間の取り合いや通信のプロトコルなど、インターフェイス部で連携がうまく取れていないために、せっかくの機能を十分には使ってもらってはいません。一方では、生産効率向上のために、こういうことはどんどんやっていきたいというお客様も少なくなく、海外において、特にアジアのデバイスメーカーさんなどはデジタルマスフローの導入に非常に熱心です。

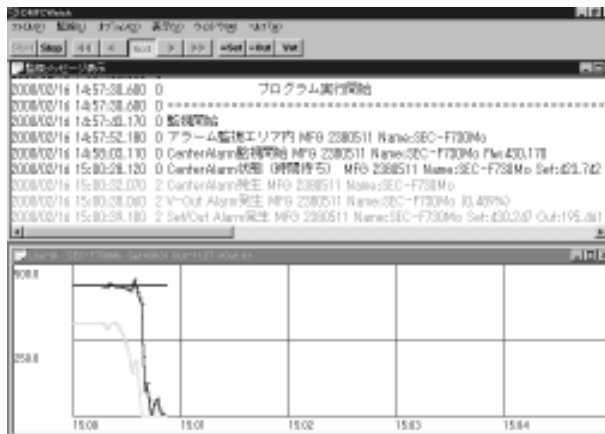


図4 マスフロー監視システムソフト SEC-F/V のアラーム表示画面

小林 そうですね、このような取り組みは、情報のコンシューマがしっかり定まる枠組みが必要だと思っています。一次圧が変わる要因はさまざま、MFCの電圧を監視するだけでは、原因までの推定は難しいかもしれませんね。

氏家 「毎回同じ条件でエッチングをしているはずなのに、昨日に比べて今日はこんなにバルブ電圧が高くなっている。これは何か起きているらしい。メンテナンスが近いぞ。」と、まずは、異常が少しでも早くわかればいい。「そのためにこのシステムを使われたらいかがですか？」というのが我々の提案なのです。

当社では、製造装置とメンテナンス用のパソコンをつないで、流量を始めとした関連する情報を取り込み、データを評価して、レポートしますというシステムを開発中です。ところが、パソコンの上ではモニタできるけれども、出てきた結果をフロアのアペレータにフィードバックするシステムがない。この点がネックになって、個々の現場レベルでは賛成してもらっても、ライン全体としてはまだチョットやりにくい、というそんな感じです。

小林 確かにそうですね。コンポーネントのレベルでの情報をリアルタイムに見ることができなかったら、結局、ラインのアンスケジュールド・ダウンを減少させることは難しいです。これは、我々 Selete が EES を提唱している原点でもあります。

司会 先程からのMFCのお話は、エッチングやデポジットなど製造プロセスそのものと直接関連しており、EES とのなじみは深いと思いますが、一方、マスクのゴミ検査装置や膜厚計といった計測機器が、プロセスの状態監視やでき上がったデバイスの品質評価に使われています。そういうデータはEES とどのような絡みが出てくるのでしょうか？



酒井俊英

Toshihide Sakai

株式会社 堀場製作所
ソフト開発部
部長

小林 近年、半導体製造ラインではSEMなどの分析装置を使って歩留まり管理をするケースが増えています。YMS (Yield Management System) とかADR (Automatic Defect Review) と呼ばれています。ただ、YMSは計測機器を使って、「このデバイスは不良ですよ！」とか、「プロセスが変ですよ！」といった警報を出すことが仕事であるのに対し、EESは「どうもこのあたりがだめですよ。」ぐらいまで言わないといけなから、少し性格が違います。確か、ホリバさんでも関連の計測機器を作っておられましたね。

司会 はい。分光エリブソを使った全自動超薄膜計測システム(UT-300)や自動液晶検査装置などがあります。

小林 膜厚計はEESと関係が深い。例えばCMP (Chemical Mechanical Polish)などはすごくわかりやすい例だと思います。酸化膜を厚く付けてしまったので余計な分を削り落とすケースです。本来2000Å付けるつもりが、2500Åになってしまった。さて、どこに原因があり、どうすれば良いのだろうか？ これなどは、診断、解析にEESが大変有効なツールになると思いますし、EESとそのような計測結果を組み合わせることで業務の定型化システム化が可能になります。また、CVDが3台あって、ノミナル・レシビを2000Åで上げたのに、2100Å、2000Å、1900Åとばらついてしまう。機種差の管理と調整もEESの対象になります。

いずれにしても、EESを進めるためには、各プロセスと製造装置装置のインターフェイスを標準化することがまず必要になります。と同時に、各製造装置、計測機器がデータを供給でき、そのデータを利用するアプリケーションを両者でできる限り共有することも大事です。これができないと、無駄の多い、絵に描いた餅となりかねません。

司会 共有化という点からは、今やWebは欠かせないツールだと思います。酒井さん、このあたり対計測機器メーカーは、どのように対応を考えているのですか？

酒井 日本電気計測器工業会では、少し前頃から計測機器の分野でも積極的にインターネットを活用するように考えてきています。その基本は、工場内部ではイントラで、社外や遠隔地の事業所との間はインターネットで結んでデジタル・コントロール・システム(DCS)を構築しようというものです(図5)。ここでは、インターネットにつなぐことによって、プラントのトレンドが外部からもリアルタイム見える点が最大のメリットです。サービス機能もオープン化され、アウトソーシングが可能になります。ただ、大量のデータを扱うと同時に、リアルタイム性を実現するための高速通信に対する技術的問題やセキュリティの問題など、課題も多く残されています。

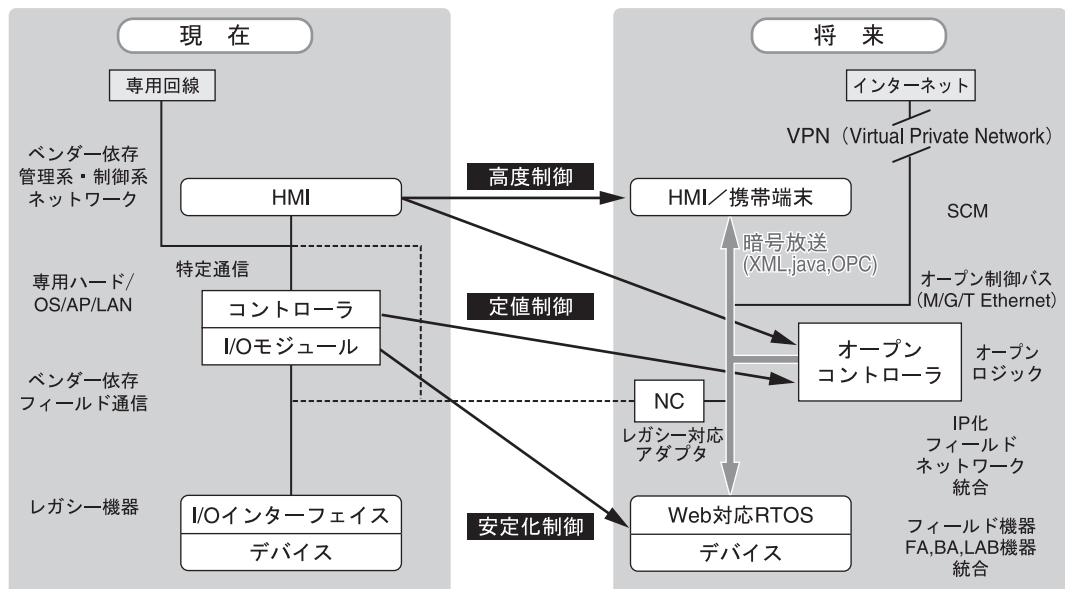


図5 DCSのインターネット化のイメージ

小林 近年のパソコンや通信系のハードの進歩を考えると、ハード上の問題はかなりクリアできるようになるのではないのでしょうか。とはいえ、計測機器のような莫大な情報をリアルタイムに収集し解析するためには、十分に業務を分析した上で、一次的な診断と二次的な診断に分解し、現場に近いところでのルーチンに近い診断を定型化、更に高度の判断はそれぞれの専門家に任せるとというのが現実的ではないのでしょうか。

酒井 確かに、役割分担はコスト面からも重要です。ある電力系のユーザの煙突に取り付けた窒素酸化物濃度測定装置をリモートメンテナンスした時の検討事例です。厳しい経済状況下、ユーザさんも経費削減が大きな課題です。そこで、電力会社さんと協力して、場内十数个所の分析計のデータを無線で管理事務所へ飛ばすシステムを検討しましたが、この時分析計の異常を事前検知できるモニタ機能も一緒に組み込むことが重要です。具体的には、電子クーラーの温度と水分干渉補正用検出器の絶対出力のモニタリングです。図6に示すように、両者は同時にドリフトを始めており、故障の前兆です。このような判断には相応の経験と勘が必要となりますが、管理事務所から当社のサービスステーションにデータを送ってもらい、対応することを考えています。どうもこちらあたりになると人それぞれの能力に左右されてしまい、今日の主題であるEESの話とはだんだん離れていくような気がしますね(笑)。

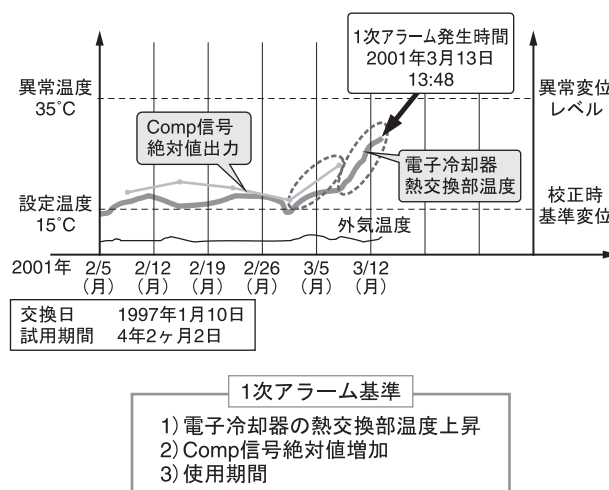


図6 煙道排ガス分析装置の動作状態のリモート監視

司会 人間臭いお話がでてきたところで予定時間がきてしまいました。最後に、ご出席の皆様方から、本日の感想、今後の抱負など一言ずついただき締めたいと思います。では、小林様からお願いします。

小林 今日はEESのお話を中心にさせていただきましたが、工場の運営上有効な情報活用ができるように、計測情報の利用業務や、マスフロー等のコンポーネントレベルの情報の利用業務をどのように位置づけていくかが重要であることを改めて確認させていただきました。個々の技術進歩や努力などを束ね、より大きな総合的な効果を出せるように導くことにEESは大いに貢献できるシステムです。このような枠組みを業界全体で一緒に創ることが、一番重要なことだと思います。今後は、効果あるシステムの実例作りについても、多いにお教をいただきたいと思っています。

原 Seleteさんの活動としては、300mm対応装置の評価から始まり、更に活動を大きく発展させて装置の総合利用効率の向上を目指して、鋭意EESを開発されてこられたことにまず敬意を表したいと思います。EECのガイドラインもSEMATECH/JEITAの共同で既に発行されており、それに沿ってデバイスメーカーさん装置メーカーさん更にそのサプライヤさんが装置の生産性向上のために、小異に拘らず大同を目指して、「オープン化」を基本に協力できる土壌を我々も含めて更に深める必要があると感じました。

実際300mm装置を機にそういう環境が実質的に整いつつあると思います。Seleteさんのご指導のもとに、ホリバやエステックなりができるところで、具体的にさまざまな例を作っていくことも重要と思われるので、今後もよろしく願いいたします。

酒井 今日、小林様から半導体製造装置の稼働率が以外に低いことを伺い大変驚きました。一方、コンポーネントやユニットのインテリジェント化を考慮する形で、装置状態モニタ、異常検出、予知保全、リアルタイム制御などによる設備総合効率(OEE)の向上を目指しておられる様子をお聞きして、これならば比較的速い時期に対応が可能ではないかという確信を持つこともできました。

OEE向上のためには、e-Diagnosticsのように、私ども計測機器メーカーも開発・設計段階から遠隔監視・遠隔診断を考えておかねばなりません。そのためにも、装置エンジニアリング機能(EEC)にガイドラインを示していただいたことは、大変意義深いものだと思います。今後は、本ガイドラインを参考に、半導体ラインの生産性向上に直結するような機能を持った製品を開発して参りたいと意を新たにしました。

司会 ありがとうございました。

全自動超薄膜計測システム UT-300 の ソフトウェアシステム

Software System of the Full Automated Spectro-Ellipsometer UT-300

鉤 正章

要 旨

UT-300 は、半導体デバイス製造ラインで、薄膜の膜厚、屈折率、減衰率などの光学定数を測定する全自動超薄膜計測システムである。分光エリプソ法を測定原理とした本装置は、多層・超薄膜の特性を正確に測定することができる。本稿では、ソフトウェアシステムを中心に、UT-300 の機能と特長を紹介する。

Abstract

Full automated Spectro-Ellipsometer UT-300 has developed to measure the optical properties of thin films on the semiconductor fabrication process. The UT-300 can analyze the film thickness, refractive index, and extinction coefficient of multi-layer and ultra-thin film precisely. We introduce software system and it's various features of the UT-300.

1 はじめに

半導体デバイスの高性能化・高密度化に伴い、デバイスの生産途上において薄膜の光学特性を正確かつリアルタイムに評価できる計測機へのニーズが急増している。薄膜の光学特性評価には偏光解析法が有効な測定方法だが、既存の測定機器は感度が低く、研究用のものを流用していたため測定作業効率が低かった。そこで、ホリバグループでは、堀場ジョバンイボン社の優れた光学技術と堀場製作所の計測システム技術を融合して、分光エリプソメトリーに基づく全自動超薄膜計測システム UT-300(図1)を開発した。本稿では、前報(Readout No.21)¹⁾に続き、ソフトウェアを中心に UT-300 の計測システムを紹介する。



図1 全自動超薄膜計測システム UT-300

2 測定原理とハード構成

2.1 測定原理

分光エリプソ法とは、物質の表面で光が反射する時の偏光状態の変化(入射と反射)と観測し、そこから膜厚や材質など物質に関する情報を求める方法である。UT-300は位相変調方式の測定原理に光弾性変調素子(PEM; PhotoElastic Modulator)を用いた分光エリプソメータを採用している。図2にUT-300の測定部の写真を、図3に光学系のブロックダイアグラムを示す。

UT-300では、図3に示したように直線偏光はPEMを通すことで、50kHzの周波数に位相変調された楕円偏光となる。このため、わずか数ミリ秒の分解能で位相差、振幅を決定することができる。またcosに加えsinも検出することができるため、の測定精度が高くなるという利点がある。特に、PEMを用いているため、高精度、高速性に加え、機械的振動の影響を受けにくい測定が可能である。

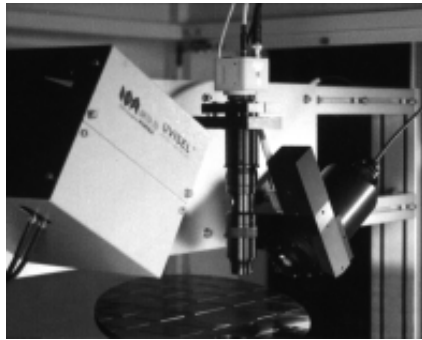


図2 UT-300 の測定部

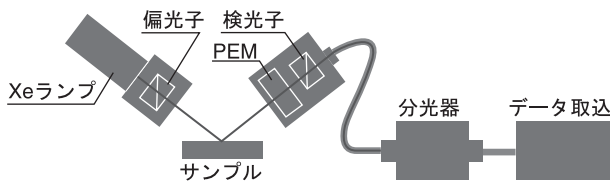


図3 測定原理

2.2 ハードウェア構成

UT-300は、複数のカセットポート、ウエハをハンドリングするロボット、ウエハ・アライメント・ユニット、エリプソメータ、パターン認識機構、そして被検ウエハをセットするX-Y-Z 3軸ステージなどのユニットから構成されている(図4)。本装置は、次のように最新のラインに対応できるように、最大300mm 3種類のサイズのウエハに対応し、高速で搬送できる。

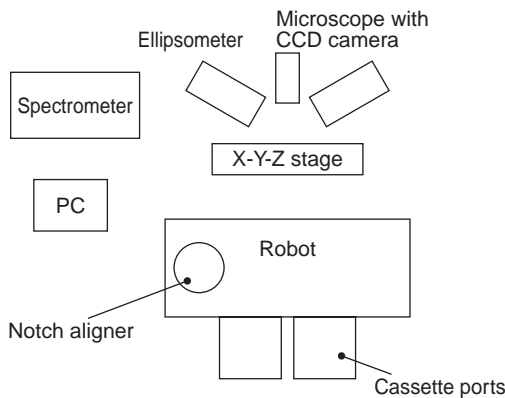


図4 ハードウェアのシステム構成

3 ソフトウェア

3.1 ソフトウェアのシステム構成

UT-300では、ウエハ搬送・制御、パターン認識、オートフォーカスなどの測定条件の設定、測定されたスペクトルから膜厚や光学特性などの演算処理、更には測定結果の表示及びデータの保存など一連の計測工程は、専用のソフトウェア・システムを内蔵したPCによってコントロールしている。

このソフトウェア・システムは、ロボット・マネージャー (RM)、センサ・マネージャー (SM)、エリプソメータ・ステーション (ES)、CIM マネージャー、シェル、UT-DMS、そしてデータベースから構成されている(図5)。

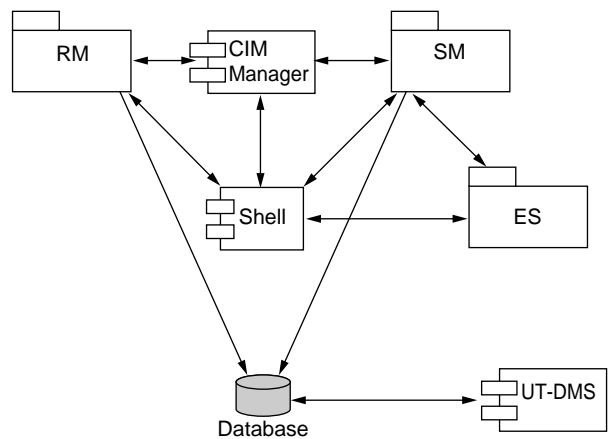


図5 ソフトウェアのシステム構成

(1) ロボット・マネージャー (RM)

RMはカセットとロボットの実行レシピの統合を担っている。ロボットは、計測系全体のスループットが最大になるように、動作中常に最適制御されている。

(2) センサ・マネージャー (SM)

SMは個々のウエハの測定、測定状態のリアルタイム監視、及び測定の履歴の管理を担っている。計測結果はデータベースに貯えられる。

(3) エリプソメータ・ステーション (ES)

ESはDeltaPsi及びPRステーションの二つのサブステーションから構成されている。DeltaPsiはエリプソメータによる測定を実行する。また、PRステーションはパターン認識と高さ方向の測定位置を一定に保つため、自動的に焦点位置を制御している。

(4) CIM マネージャー

CIMマネージャーはお客様のホストコンピュータとの通信を担っており、半導体プロセスの国際的な通信規格であるSECS/GEM、あるいは個々のお客様の特別仕様に対応している。

(5) シェル

シェルは、すべてのモジュールが表示され実行されるワーキングエリア及びモジュール間の通信機能を提供する。RMとSM間の依存性を最小限に抑えてあり、RMを他のセンサ類用として容易に再利用することもできる。

(6) UT-DMS

UT-DMSは、UT-300に保存されている測定結果にネットワークを介してアクセスし、二次元、等高線、三次元あるいはトレンドグラフなどのさまざまな形式で表示することができる。技術者はオフィスからイントラネットを介して、クリーンルーム内の装置の測定結果にアクセスし、測定結果の確認やレポートの作成ができる。

3.2 測定シーケンス

UT-300では次のようなシーケンスで測定を実行している(図6)。

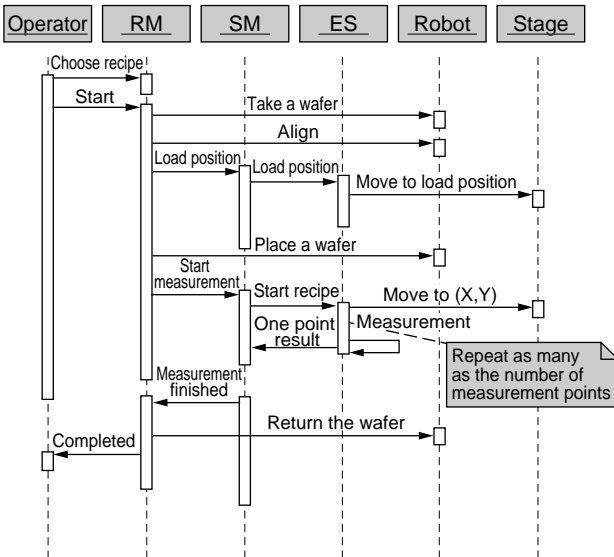


図6 測定シーケンス

(1) サンプルの設定 (RMがコントロール)

カセットポートでキャリアからウエハを1枚ずつ取り出し、回転・芯出しを行い、計測ステージに載せた後に、SMに対して測定開始を要求する。

(2) 測定と結果の表示 (SMとESがコントロール)

SMはESに対して測定開始を指示すると共に測定値をリアルタイムに表示する。

測定完了をRMに知らせると、RMはウエハをカセットに戻す。

(3) データの保存と取り出し

測定結果はデータベースに貯えられ、各技術者は任意にアクセスして取り出すことができる。

3.3 通信システム

UT-300の通信は、半導体製造装置の通信及びコントロールのための包括的モデルであるGEM(Generic Equipment Model)に準拠しており、世界中の半導体生産ラインに対応できる。ホリバではSEMI(Semiconductor Equipment and Materials International)が提唱している各種の新しい規格(E87, E40, E90, E94など)に則ってホストコンピュータとの通信モジュールを開発中で、これにより、装置の詳細な監視とコントロールが可能となり、また、お客様の製造ライン、ホストコンピュータ、イントラネットとネットワーク化できる。

3.4 特長的な機能

UT-300は上に記したようなソフトウェアにより、デバイス生産プロセス現場からのニーズに応え、次のような高い操作性と機能を実現した。

(1) 測定レシピの設定

装置にウエハの入ったカセットを載せると、装置は各スロットのウエハの有無を自動的に確認する。そして、オペレータは全ウエハを一度に、あるいはウエハを選んでレシピを設定し、測定開始を指示する。装置はウエハを順にカセットから取り出し、レシピに従って測定を実行し、カセットに戻す。図7に測定レシピの設定画面を示す。

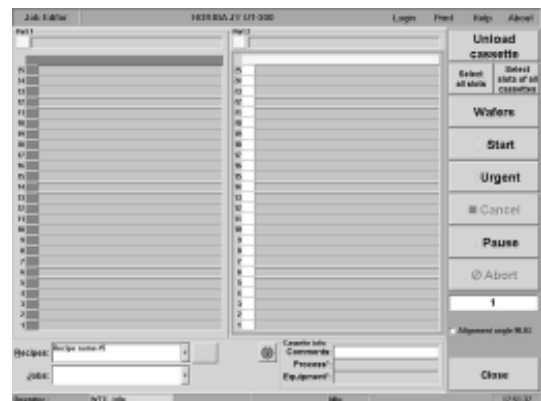


図7 Job Set Up 画面

(2) 装置の稼動状況をリアルタイム監視

現在の測定状況をリアルタイムに表示(図8)することにより、装置の稼動状況を一目で確認することができる。

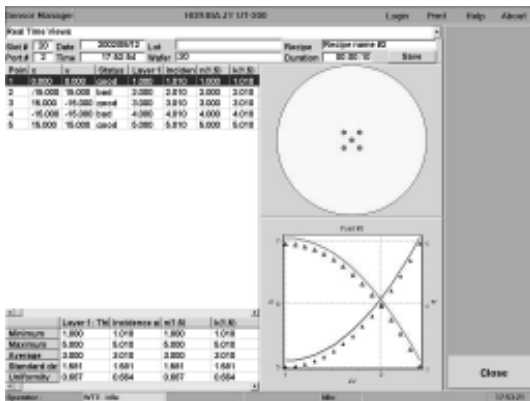


図8 Real-time View

(3) 測定結果のトレンド表示

一連の測定結果を画面表示することにより、個々のウエハの良否を判定するばかりでなく、プロセスの異常を早期に発見することができる(図9)。



図9 Cassette Trend Graph

UMLはソフト開発の共通ツールとしても大変役立った。我々ソフト開発チームは、フランス、ロシア、日本と言葉も技術的な背景も異なるメンバーで構成され、すべてのメンバーにとって新しい試みであった。また、UMLは、各拠点の開発技術者が作ったソフト・モジュールの設計内容を互いに理解しているか否かをチェックするためにも役立った。

このようにして作ったソフトは、それぞれ専用のシミュレーション・ソフトでテストし、最終的には実際のハードウェアに組み込んで検証した。

5 おわりに

UT-300は、膜厚や光学定数を正確かつリアルタイムに測定・解析できる現場型の計測機だと、半導体デバイス製造ラインの方々から期待されている。計測機器に求められる機能は、分野や計測対象が異なっても共通する部分も少なくない。我々は、本稿で紹介したUT-300アーキテクチャを、フラットパネル用大型ガラス基板の検査評価システム FF-1000のプラットフォームにも適用して好評を得ている。一方で、異なる分野間での情報の流れが十分でないケースも少なくない。今後は、我々計測機器メーカーがお客様と一体となって、ラインの生産性向上のお役に立ちたいと願っている。

参考文献

[1] 永井, N.BLAYO, 平川, N. Gabain etc, 全自動超薄膜計測システム UT-300, Readout Horiba Technical Report, No.21, 2000

4 UMLによるソフトウェアのグローバル開発

UT-300のソフトウェアは、市場ニーズにすばやく対応するため、オープンかつフレキシブルなアーキテクチャを目指した。このため、フランスのジョバンイボン社(JY)、ロシアの堀場製作所モスクワ駐在員事務所(HMR)、日本の堀場製作所(HOR)の三者で共同開発した。JYはセンサ部を、HMRとHORがロボット、データベース及び共通部の開発を担当した。

本システムは非常に多様かつ複雑であるため、ソフト開発担当者が度々お客様を訪問しご要望を確認した。この時、我々は世界共通の表記規格であるUML(Unified Modeling Language)を使ってニーズを解析し、アイデアを提案した。



鉤 正章
Masaaki Magari
半導体システム開発部
ソフト開発チーム
チームリーダー

DeviceNet™ 対応の デジタル・マスフローコントローラ SEC-Z10D シリーズ

DeviceNet™ Mass Flow Controller, the SEC-Z10D Series

鹿島 利弘* , 岩崎 直基*

*株式会社エステック

要 旨

(株)エステックはDeviceNet™対応のマスフローコントローラSEC-Z10Dシリーズを開発した。半導体デバイスの製造ラインでは、生産性の向上を目指し、導入設備・機器の共通化、オープン化が急務となっている。SEC-Z10Dシリーズは、ODVAが推進中のオープンなフィールド・ネットワーク通信システムであるDeviceNet™に基づいて設計されている。本稿では、SEC-Z10Dシリーズの動作原理、特長、DeviceNet™への対応状況などを紹介する。

Abstract

STEC Inc.,Horiba group,has developed the SEC-Z10D Series of DeviceNet™ Controlled Mass Flow Controllers. On semiconductor device manufacturing lines, there is an urgent need to introduce new equipment and to make devices open and shareable in order to increase productivity. The SEC-Z10D Series design is based on DeviceNet™, an open field network communications system being promoted by ODVA. In this article, we provide an introduction to the operation principle and features of the SEC-Z10D Series, and discuss the compatibility of the SEC-Z10D Series with DeviceNet™.

1 はじめに

近年、半導体業界では、300mm ウエハの導入など、全力をあげてデバイスの高集積化・高密度化を進めている。一方では、生産効率を高めるために、設備や機器類の一層の高機能化、共通化が急務となっている。こうした動きは、マスフローコントローラ(MFC)においても同様で、高機能化や省配線・省スペース化に合わせて、オープンで高速通信が可能な製品が求められている。(株)エステックでは、これらの要求を受けて、半導体製造装置における通信システムのグローバル・スタンダードとなっているDeviceNet™対応のマスフローコントローラSEC-Z10Dシリーズ(図1)を開発した。

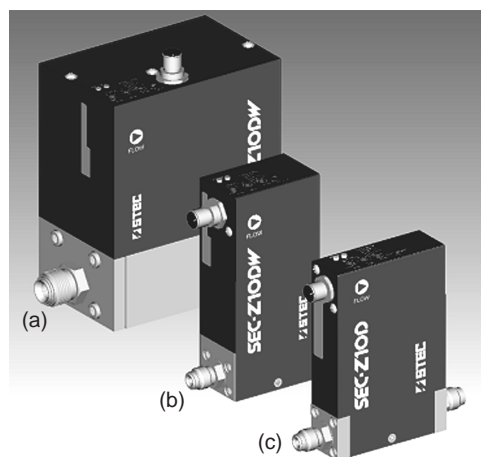


図1 DeviceNet™対応のマスフローコントローラ
SEC-Z10Dシリーズ
(a) SEC-Z13DW
(b) SEC-Z11DW, SEC-Z12DW
(c) SEC-Z11D, SEC-Z12D

2 動作原理と特長

MFCは、大きくは、流量センサ、バイパス、流量制御バルブ、及び電気回路とから構成されている(図2)。

●内部構造

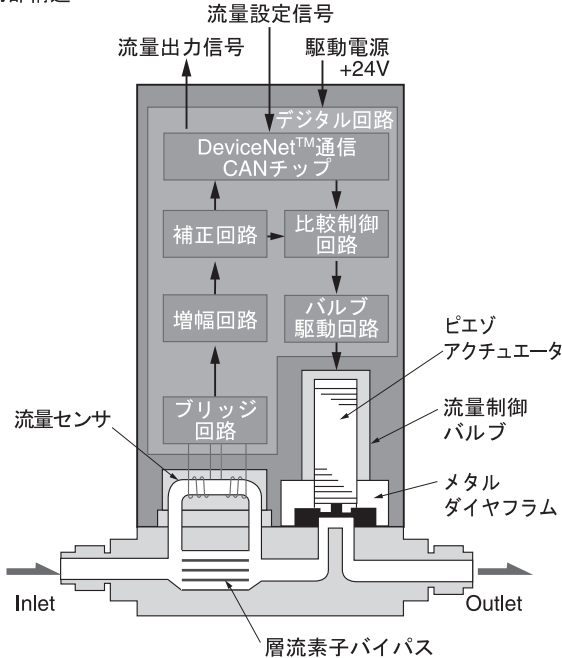


図2 マスフローコントローラの構造

2.1 流量センサとバイパス

流量センサは、ステンレス製の毛細管の外側に2本の自己発熱抵抗体が巻かれた構造となっている。ガスが毛細管内を流れた時、上流側の発熱体は熱を奪われることにより温度が下がり、逆に下流側の発熱体では熱が与えられるために温度が上がる。この時の温度差と流体の質量流量には一定の関係が成り立っているため、温度差をブリッジ回路により検出し、質量流量を求める(図3)。MFCの測定精度は、このセンサを通過する流量とバイパスを通過する流量の比率(分流比)によって大きく左右される(図4)。エステックでは、バイパス部に層流素子を用いて、センサとバイパスの流量特性を同等なものとしているため、周囲温度や使用圧力の影響を受けることなく、常に一定の分流比が得られる構造となっている。また流量補正に対しては、内蔵CPUによる多項式検量線を搭載し、全流量域における高精度化を実現している。

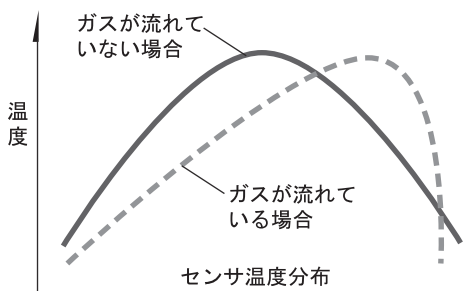


図3 流量センサの検出原理

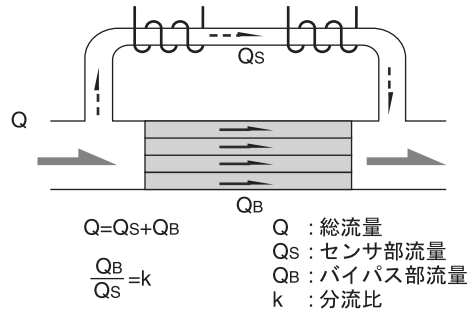


図4 バイパスの分流比

2.2 ピエゾバルブ

MFCの性能を左右する他のファクタには、高速応答、パーティクルフリー、高安定性が要求される流量制御バルブがある。SEC-Z10Dシリーズでは、ピエゾ素子をアクチュエータとし、ダイヤフラム式のオールメタル構造、鏡面研磨処理を施した流量制御バルブを搭載している。これにより、デッドボリュームを最小限にし、接ガス部駆動部からのパーティクルの発生を皆無としている(図5)。

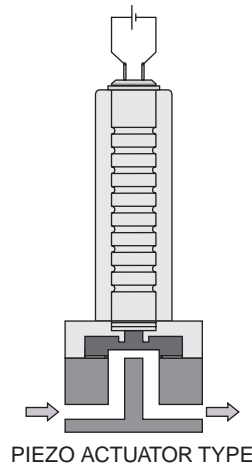


図5 ピエゾ式流量制御バルブ

また、全流量域における高速応答を行うために新しくクイックスタート機能を標準搭載した。クイックスタート機能とは、流量の立ち上がり時におけるピエゾバルブの開き始めの電圧を制御する機能のことで、特に立ち上がり応答性能が大幅に向上した。図6にSEC-Z10Dの応答特性を示す。

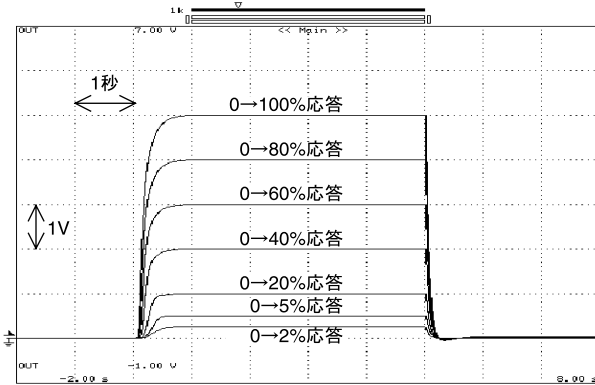


図6 SEC-Z10Dの応答特性

3 DeviceNet™ への対応

半導体業界を取り巻く厳しい経済環境のもと、製造装置のコスト削減が求められている。その大きな解決策の一つが標準化・共通化である。SEC-Z10Dシリーズでは、半導体製造装置に搭載されるデバイス間の通信方式としてグローバルスタンダード化しているDeviceNet™に対応している。

3.1 DeviceNet™

DeviceNet™は、オープンなグローバル・スタンダードとしてODVA(Open DeviceNet Vendor Association, Inc.)が推進しているフィールド・ネットワークである。現在、国内外の半導体デバイスメーカーと製造装置メーカーの多くが、このプロトコルを使った通信システムの構築を目指している。

DeviceNet™を採用することにより、次のようなメリットが得られる。

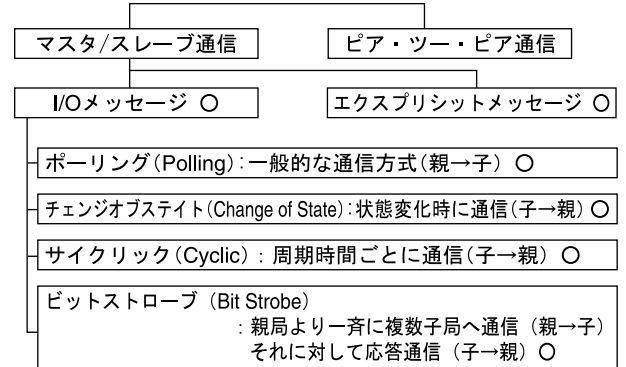
AD/DAコンバータ、IOボードが不要となり、ローコスト化・省配線が図れる。

通信ラインは、ネットワークケーブルを接続しアドレスを設定するだけなので、生産ラインの立ち上げが容易で、工期も短縮できる。

得られたデータから高度な故障診断やメンテナンスが容易にできる。

ODVAの技術分科会であるSIG(Special Interest Group)では、Group 2 Only Severで、最低Poll I/O Messageをサポートすることだけを要求している。しかしSEC-Z10Dシリーズは、より高度で多様な機能を発揮できるように、DeviceNet™が推奨する他の通信方式にも対応している。表1にDeviceNet™の通信方式SEC-Z10Dシリーズの対応を示す。図7にDeviceNet™に対応したマスマフローコントローラの接続例を示す。

DeviceNet™の通信



○はSEC-Z10Dシリーズが対応

表1 DeviceNet™の通信方式SEC-Z10Dシリーズの対応
ODVA JAPAN DeviceNet™セミナー 2000 講演資料を一部引用

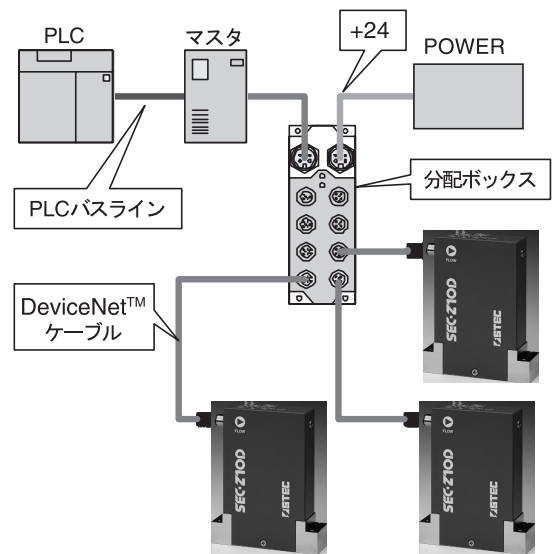


図7 SEC-Z10D DeviceNet™のネットワーク構築例

3.2 オープンネットワークテスト

SEC-Z10Dシリーズは、第三者機関が実施する各種の機能試験を受審・合格し、その高い機能と性能が確認されている。

(1) ODVA Conformance テスト

本試験はODVAがデバイスネット仕様との適合性を確認するために行う試験で、SEC-Z10Dシリーズが他の機器と互換性が高いことが保証された。

(2) ODVA SEMI SIG テスト

本試験は、ODVAコンフォーマンステストの上位に位置付けられ、本テストに対応したデバイスは、半導体分野でのお客様に満足いただける製品であることが裏付けられた。

(3) Texas A&M University Marathon テスト

本試験は、Texas A&M大学のオートメーション研究所が実施する長期安定性試験で、SEC-Z10Dシリーズの高い品質が裏付けられた。

4 外形寸法

従来、半導体プロセスのガス供給系では、各々のコンポーネントを共通仕様のジョイント VCR タイプで接続していた。最近では、共通のベースブロック上に各コンポーネントを直接接続する方式、集積ガスシステム (IGS) の採用が増加しつつある (図 8)。

これらの市場の状況を考慮し、SEC-Z10D シリーズでは、本体の幅が 1.125 インチの SEC-Z10D シリーズと、1.5 インチの SEC-Z10DW シリーズなどの製品をラインアップしている。図 9 に SEC-Z10D シリーズの外形寸法を示す。

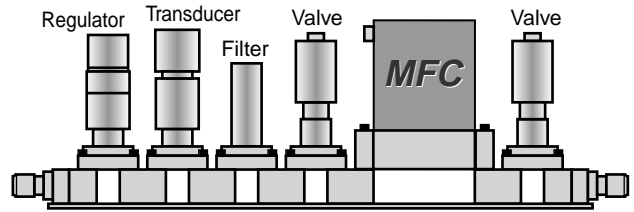


図 8 集積ガスシステム (IGS)

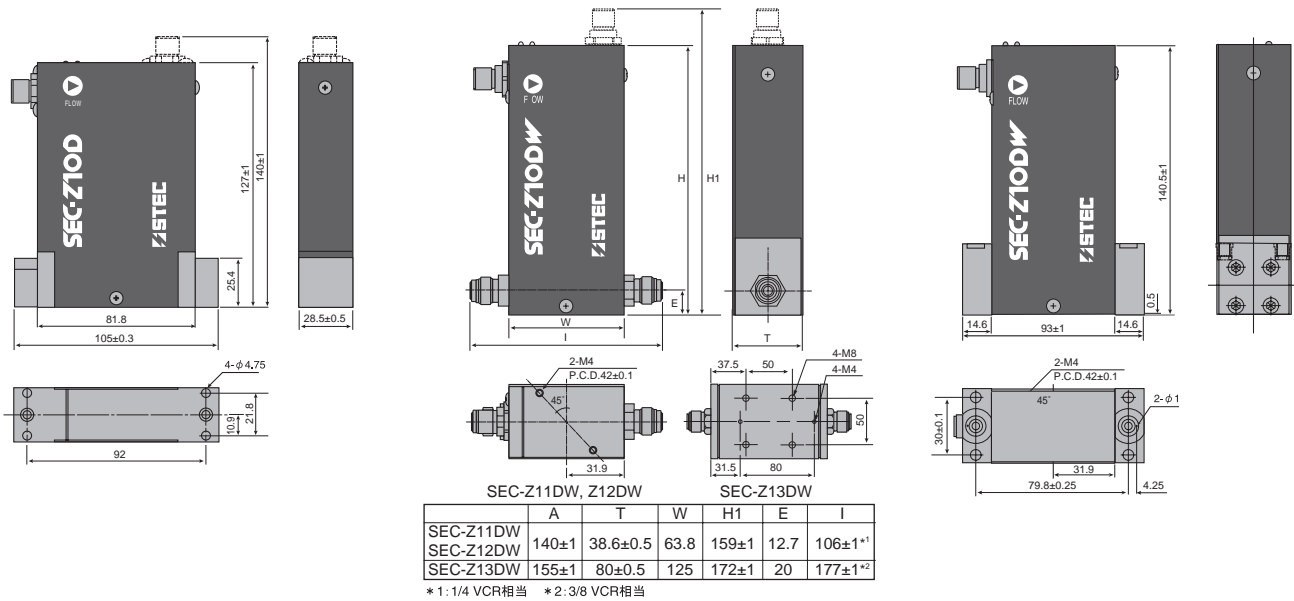


図 9 SEC-Z10D シリーズの外形寸法

5 おわりに

半導体製造装置やパーツは、より高い生産性を求めて、高度化・共通化が加速度的に進むものと考えられる。エステックは、市場のこのようなニーズをいち早く捉えて MFC SEC-Z10D シリーズを製品化した。必ずやお客様のお役に立てるものと確信している。一方で、半導体分野は日々変化しており、一時も立ち止まることは許されない。本稿をきっかけとし、お客様との連絡を一層密にし、真のニーズにお応えしていきたいと考えている。



鹿島利弘
Toshihiro Kashima
(株)エステック
技術部



岩崎直基
Naoki Iwasaki
(株)エステック
営業推進部

新しいエッチングモニタ DIGILEM

Plasma Dry Etch End-point Monitor, DIGILEM

Ramdane Benferhat*

* Jobin Yvon S.A.S.

要 旨

光干渉計が半導体デバイスプロセスにおける強力なエッチング・プロセスモニタとして注目されている。ホリバグループのひとつであるジョバンイボン社のDIGILEMは、レーザ光源、検出器、光照射源、及びCCDカメラを小型の計測ヘッドに収めたコンパクトな干渉計で構成されている。本稿では、DIGILEMの特長であるツインビーム方式開発の背景と、誘導結合型プラズマ(ICP)法によるシリコンの深い異方性エッチングに関するいくつかの実験結果を紹介する。

Abstract

Interferometry is a powerful technique which can be used for endpoint monitoring during layer and trench etching or deposition. The Jobin Yvon S.A.S. DIGILEM is a patented compact interferometer which integrates the laser source, signal detector, illuminator and CCD camera in a compact head. This paper describes the background of the DIGILEM development, and introduce some experimental data on a Inductively Coupled Plasma dedicated to deep anisotropic etching of silicon.

1 はじめに

精密機械、自動車、医療機器などの分野でさまざまなマイクロデバイス(MEMS: Micro Electro-Mechanical Systems)が使われている。そして、これらの新しいデバイスを作るために、正確で高性能の制御技術が求められている。

ここ数年、シリコン基板のエッチングをコントロールする分野は目覚ましく発展している。微小領域をエッチングする時のエンドポイントの検出には、さまざまな分析方法が適用されている。単波長ないしは多数波長を使う干渉法は、広く用いられている分析法の一つである。使い方が簡単でかつ非破壊分析ができるこの測定法は、測定光のスポットサイズや波長よりはるかに短い寸法の溝をエッチングするような場合によく用いられている。しかし、100 μ m以上の構造を持ったMEMSの場合には、従来のシングルビーム型のような単純な干渉計を適用することができない。言うのは、溝の構造が光ビームの直径(例えば50 μ m)よりも大きい時には、ビーム全体が溝の中にすっぽりと入ってしまい、参照となるべき信号を得ることができなくなるためである。

ホリバグループのひとつであるジョバンイボン社では2本の単色光ビームをサンプルに照射し、それら反射光の干渉強度及び時間を解析することにより、エッチング速度とエンドポイントをリアルタイムに測定できるエッチングモニタDIGILEMを開発した。図1aにDIGILEMのシステム構成、図1bに光学系、図1cにツインスポットビームの模式図を示す。



図 1a システム構成例

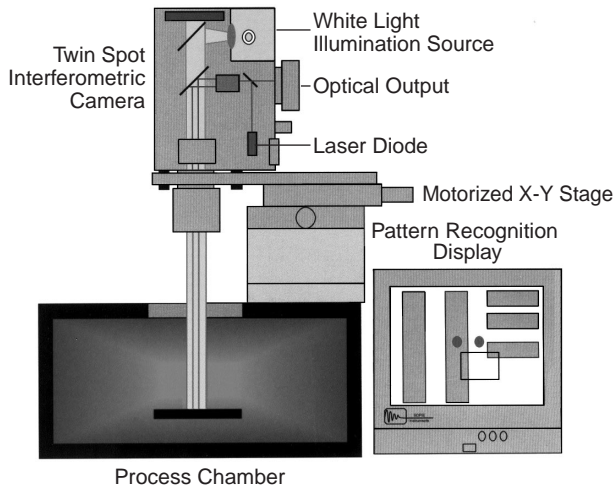


図 1b 光学系

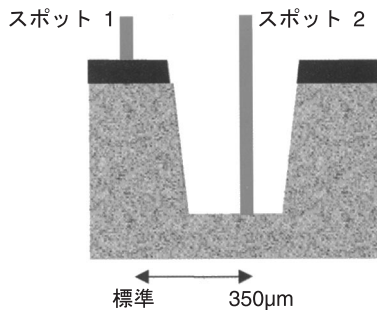


図 1c ツインスポットビーム

2 測定条件の最適化

2.1 エッチングの選択性と信号強度

通常のエッチング条件では、マスク部も一部 $\omega_m \ll \omega$ の速度でエッチングされてしまう。このような場合の干渉強度は、次式のように複雑な時間の関数として表される。

$$I(t) = a + b(\omega_m t) + c(\omega_m t) \cos\left(\frac{4\pi\omega t}{\lambda} - \Delta(\omega_m t)\right)$$

この複雑な式を簡略化するには次のような方法がある。一つは、マスク部に使われている材料が強く吸収する波長を選択することにより、マスク内部の光学的な干渉は除外する方法である。もう一つの方法は、干渉信号を高速デジタル処理することである。専用の最適化された数学的アルゴリズムを利用すると、信号の中から高い周波数成分 ω を抽出することができる。

2.2 マスク層の改質と測定波長

長時間エッチングを行っている時、プラズマからの輻射でサンプルが熱を持ち、マスク層が化学変化を起こしてしまう可能性がある。こうなるとサンプルの光学的特性が変化してしまい、測定系本来の性能が発揮できなくなる。

高周波成分の振幅は、 $\tan(\theta)$ すなわち $\rho = r_1/r_2$ に強く依存している。エッチングをしている間にマスク層の表面が粗くなってくると、散乱の影響により表面の反射率が落ちる。この結果 $\tan(\theta)$ は小さくなり、測定の検出感度が下がってしまう。ところで、散乱効果は測定光の波長に反比例する。従って、マスク層における表面粗さの問題を解決する一つの法は、プローブ光として近赤外線を用いることである。

2.3 測定ビームの設定と調整

2本の光ビームの位置を正確に決めるために、一組の対物レンズをウォラストン・プリズムの後ろに置いている。二つのビームは対物レンズを介してサンプルの表面に集光し、反射像を CCD カメラで撮影する。X-Y ステージと連動させた画像装置によって、ビーム・スポットの位置を高精度で決めることができる。なお、CCD カメラの信号を読み取るフレームグラバや、市販のパターン認識用ソフトを備えた自動機も開発している。

二つのビームのスポットサイズは、チャンバーの上部の窓とサンプル間の距離、及び対物レンズの倍率によって決まる。2本のビーム間の距離はウォラストン・プリズムの偏角によって左右される。窓と試料間の距離を 150mm から 560mm の範囲で変化させることにより、スポットサイズを 25 μ m から 60 μ m まで調整することができる(図 2)。



図 2 LSI パターンとスポットサイズ

3 測定結果

誘導結合型プラズマ(ICP)法によるシリコンの深い異方性エッチングに関するいくつかの実験を行った。エッチング速度は約 $6\mu\text{m}/\text{min}$ で、レジストに対する選択性は15:1以上であった。ここでは、古典的なエッチング法と、代替法としてボッシュ法の2種類の実験を行った。

3.1 既存のエッチング法

古典的なエッチング方法としては連続エッチングを用いた。プラズマの特性を決めるすべてのパラメータを一定に保ちながら、トータル50分間エッチングした。

図3に最初の5分間の強度変化を示す。

エッチング開始段階のデータを注意深く観察すると、シリコンとマスク部の両方がエッチングされていることがわかる。数学的な解析を行うことにより、エッチングレートは、それぞれ $\omega:6.4\mu\text{m}/\text{min}$ 、 $\omega_m:0.46\mu\text{m}/\text{min}$ であることがわかった。

図3からは、マスク部がエッチングされていることが明確に確認でき、その上、エッチングされた近傍のマスク層が化学変化を起こしていることが推察される。これは長時間、プラズマや高熱にさらされたことが原因と考えられ、これはピーク値が徐々に減少していることから、マスク層の化学変化を読み取ることができる。

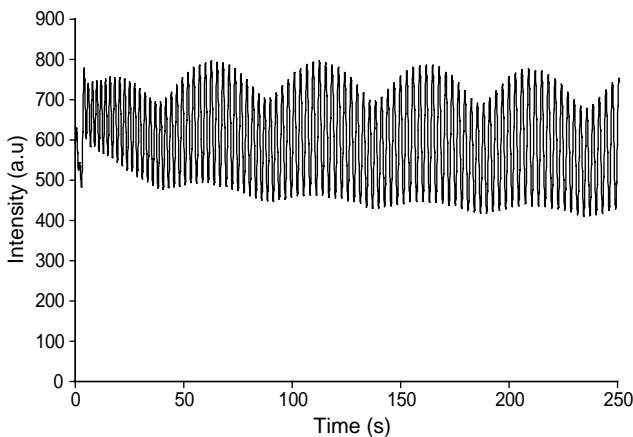


図3 エッチング開始直後(250 ~ 500 秒)の強度変化

[T_0+250 秒, T_0+500 秒]間の強度変化を図4に示す。ここで、 T_0 は運転開始時間である。マスク層内部の光干渉による信号の緩やかな変化が消滅している様子がよくわかる。これはマスクの光学特性が開始6分後に大きく変化したことを意味している。

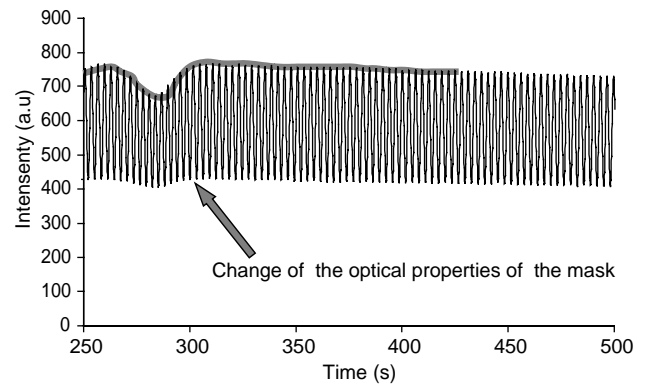


図4 マスクの光学特性の変化(250 ~ 500 秒)

[T_0+1600 秒, T_0+1850 秒]間の強度変化を図5に示す。ここでは変調信号が大きく減衰していることが重要である。高周波の振幅は $\tan(\theta)$ に比例する。異なる時点における $\tan(\theta)$ の値の比をとったものは、反射係数 r_1 の振幅の変化と密接な関係がある。

$$\frac{\tan(\theta)[\text{at } t=400\text{s}]}{\tan(\theta)[\text{at } t=1800\text{s}]} = 10$$

これから明らかなように、バルク状のマスク材料から反射された光の反射係数は、開始後1800秒では、400秒での値に比べて10分の1に減少している。これは時間が経過するとマスク表面が粗くなり、入射光の散乱する割合が大きくなることが原因である。

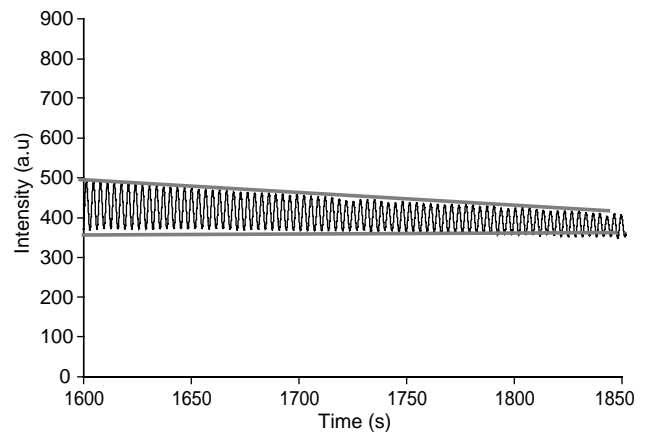


図5 マスクの表面散乱(1600 ~ 1850 秒)

3.2 ボッシュ法

ボッシュ法はパルス状のプラズマを使って、シリコンのエッチングプロセスとポリマー保護膜の堆積を繰り返す方法である。1サイクルで約31秒を要し、うち14秒がシリコンのエッチング、11秒がポリマーの堆積、6秒がポリマーのエッチング(貫通)である。

図6はボッシュ法で25分間エッチングを行った時の検出強度の時間変化を示している。このデータを解析すると、工程中に異なるエッチング・ステップが含まれていることや、マスク層のエッチングによって低周波の信号が表れていることなどが明確にわかる。ボッシュ法では、溝の深さを決定するためには慎重なデータ処理と信号解析が必要となる。つまり、シリコンエッチングがどの段階にあるのかをリアルタイムに識別しなければならない(図7)。本研究では、リアルタイムでのトリガリングによる信号処理とデータ解析によって、エッチングプロセスの確認を実現した。

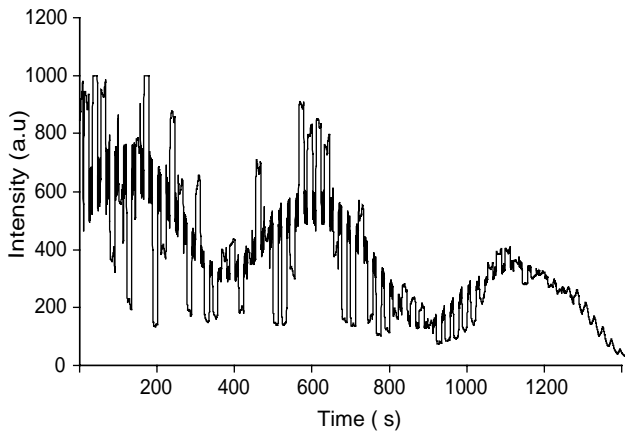


図6 ボッシュ法によるエッチング時の強度変化

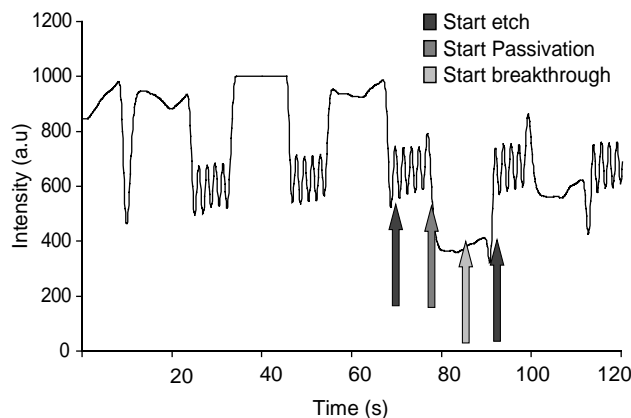


図7 エッチング工程と強度の変極点

図8に、最後の5分間のデータを示すが、マスク層の光学特性が低下しているのが確認できる。



図8 エッチング完了時の強度

4 おわりに

ボッシュ法を用いたシリコンのエッチングにより形成した溝の深さを表1にまとめた。それぞれのプロセスの後、プロフィロメータで溝の深さを実測し、目標値と比較した。

ここで、No.5の試料のみを二つのステップでエッチングを制御した。第一ステップでは、あるゲイン設定とフィルタリングパラメータを用いた。また第二ステップは異なる条件で制御した。なお、設定の切り替えは手動で行った。この結果より、新しいエッチングモニタが、リアルタイムで溝の深さをコントロールする機器として強力なものであることがわかった。

Reference	Controlled target (μm)	Profilometer (μm)	Accuracy (%)
1	48.25	48.50	0.5
2	90	89	1.1
3	120	121	0.9
4	290	289	0.4
5	530	522	1.5

表1 ボッシュ法を用いたエッチング溝の深さ

以上のように、ツインスポットカメラは、2本の光ビームのコヒーレント性と偏光性の長所をうまく活用しており、溝の深さを正確に決定しプロセス制御を正しく行うことができる。



Ramdane Benferhat, Dr.
Managing Director
Thin Film Group
Jobin Yvon S.A.S.

(翻訳 紺野象二郎)

溶存オゾンモニタ OZ-96

OZ-96 Dissolved Ozone Monitor

鈴木 理一郎*

*株式会社コス

要 旨

最近、半導体デバイスや液晶パネルの製造プロセスでは、基板洗浄やレジスト膜の除去にオゾン水を使うケースが増えている。これらの生産ラインの歩留まりを高く、安定に保つために、オゾン水の濃度をリアルタイムに監視することが重要である。この度、(株)コスは、紫外線吸収法による溶存オゾンモニタOZ-96を開発した。本稿では、OZ-96の測定原理、特性を報告する。

Abstract

Recently, there is growing use of ozonated water for circuit board cleaning and resist film removal in manufacturing processes for semiconductor devices and LCD panels. In order to maintain the high, stable yield of these production lines, it is important to be able to monitor ozone concentration in real time. Cos Co., Ltd. has developed the OZ-96 Dissolved Ozone Monitor that utilizes the ultraviolet absorption method. In this article, we report on the measurement principle and features of the OZ-96.

1 はじめに

半導体デバイスや液晶の高集積化・高密度化が進む中、より高性能で効率の高いウエハ洗浄法やフォトリソ膜の除去方法が求められている。従来、これらのプロセスでは、RCA洗浄液などのアルカリ性・酸性の各種薬液が使われてきたが、最近、環境問題、コストなどの点からオゾン水による処理方法が注目されている。

ところで、これらの工程を安定化しデバイス生産の歩留まりを高く保つためには、オゾン水の濃度を管理することが不可欠である。(株)コスは、当社が培ってきた水質計測技術を駆使して半導体洗浄プロセスやレジスト剥離プロセスに欠かせない溶存オゾンモニタOZ-96(図1)を開発した。



図1 溶存オゾンモニタ OZ-96

2 測定原理

気体状態のオゾンは、オゾンホールでも広く知られているように、紫外線をよく吸収する。同様に、水中に溶解しているオゾンもまた紫外線を吸収する。オゾン水は、図2に示すように260nm付近に固有の吸収ピークを持っている。OZ-96は、この波長の紫外線吸収から水中に溶解しているオゾンの濃度を測定している。

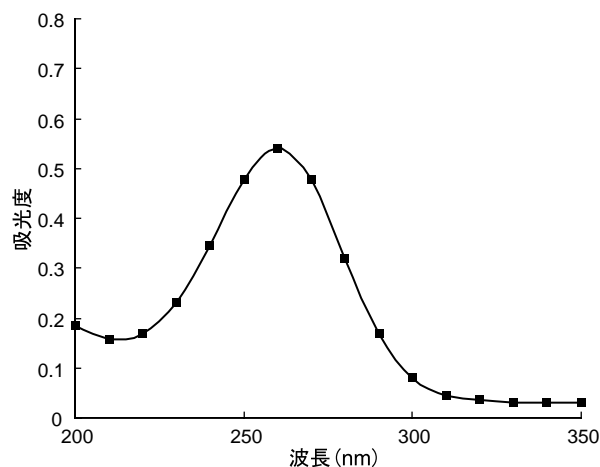


図2 オゾン水の紫外線吸収スペクトル

2.1 光学系

OZ-96の光学系を図3に示す。

低圧水銀灯から出射された紫外線は、石英製のコリメータレンズを通して平行ビームにされる。ビームの一部はオゾン水を連続的に流したサンプルセルを通過させて検出器に導き、別の一部は、直接参照信号用検出器に導く。このダブルビーム法を採用したことにより、OZ-96では、光源の変動など光学系に起因する誤差要因を取り除き、安定な測定が可能となった。

なお、低圧水銀灯から出射される紫外線の中から253.7nmの輝線だけを選択的に透過する干渉フィルタを検出器の前に置くことにより、スパン感度を安定させている。

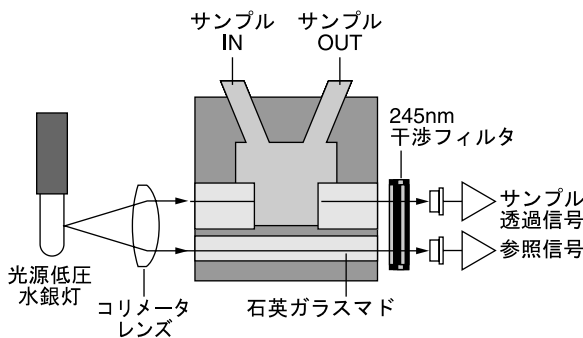


図3 OZ-96の光学系

2.2 増幅系

半導体の製造現場で使われるオゾン水の濃度は広い範囲で使われるため、濃度モニタの測範囲を広くした。紫外線253.7nmの透過光はオゾン濃度に対して指数関数で減衰する(ランバート・ベールの法則)。高濃度になるにつれ、透過光信号はゼロに近づくので信号を拡大する必要がある。

OZ-96では、検出器からの信号を2段階のアナログアンプで増幅し、広い濃度範囲でも一定の測定精度が得られるようにしている。図4にオゾン濃度と検出器の出力を透過率に換算した相関関係を示すように、2段階増幅により透過率0.001までの濃度範囲をカバーしている。

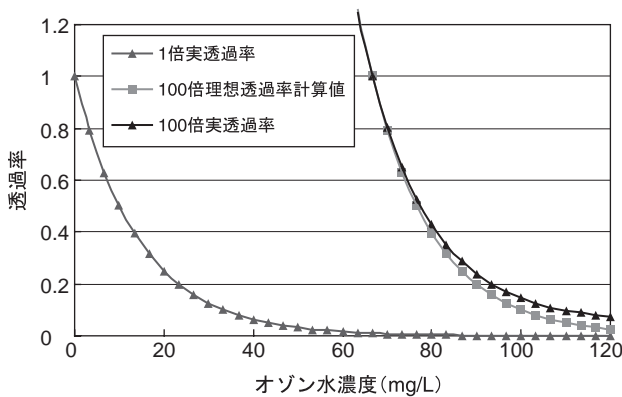


図4 オゾン濃度と検出器の出力

2.3 濃度の校正

253.7nmにおける吸光度と水中の溶存オゾン濃度との関係を某オゾン水発生装置メーカーの協力により求めた。100mg/Lの溶存オゾン濃度で吸光度は約2.5であるが、この間で吸光度と濃度の関係は全くの直線であった。図5に吸光度と手分析の関係を示す。この結果から得られた吸光係数に吸光度を掛ける計算で溶存オゾン濃度を出力するようにした。

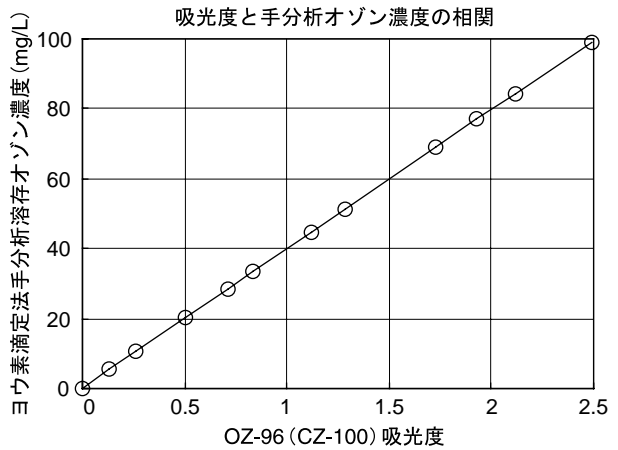


図5 吸光度と手分析オゾン濃度の相関

3 高精度測定のための工夫

OZ-96では、半導体プロセスに直結して安定に計測を実現するために、いろいろな工夫をしている。

3.1 気泡の分離

オゾン水発生装置では、洗浄効果を高めるためにオゾン水を加圧し、溶解するオゾン濃度を高めることがある。しかし、このような系では、サンプル液を常圧に戻すと過飽和のガスが気泡化し、計測精度を低下させる原因となる。従って30mg/L以上の濃厚溶液の場合には、サンプルの圧力を落とさずに加圧状態で測定する。それでも気泡が配管中に多少発生することがある。そこでOZ-96では、発生した気泡が計測に悪い影響を及ぼさないようにセルの構造を工夫した。

3.2 出力の安定化

オゾン濃度モニタは半導体製造ラインの歩留まりに直結するため、必要な時にすぐ使え、しかも長期にわたり安定でなければならない。OZ-96では、ダブルビーム方式を採用して安定化を図っているが、光学系の構造を工夫して立ち上がり時間の短縮や長期安定化も図っている。図6に立ち上がり特性を、図7に長期安定性の試験結果を示す。

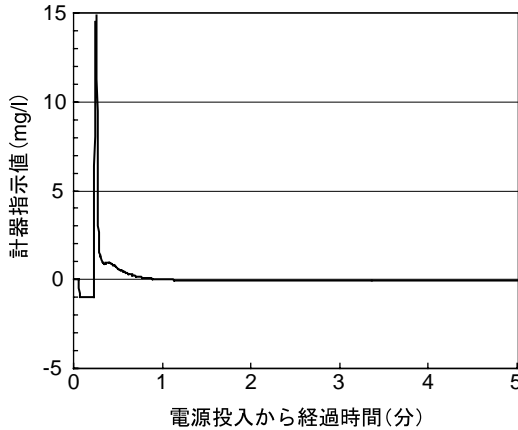


図6 立ち上がり特性

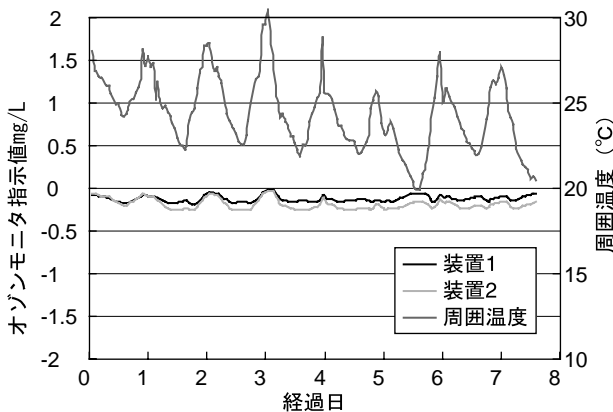


図7 長期安定性

4 特長的な機能

OZ-96は半導体プロセス用モニタとして次のような特長的な機能を持っている。

- ・ 耐水圧 0.5MPa
- ・ 気泡を検出しないセル構造
- ・ 低濃度の安定性と高濃度測定を両立させた2段ゲイン回路
- ・ 単色性の追求によるスパン感度の安定化
- ・ 外部ゼロ校正指令

OZ-96の主な仕様を表1に示す。

測定対象	純水中のオゾン濃度
測定原理	紫外線吸収法
測定範囲	0 ~ 100mg/l
再現性	±0.5mg/l 以内
安定性	ゼロ点 : ±0.5mg/l/day 以内 スパン感度 : ±0.5mg/l/day 以内
形式	変換器 : OZ-96 検出器 : CZ-100 , 専用ケーブル : ZK-XX
伝送出力	DC4 ~ 20mA 出力絶縁形 最大負荷抵抗 : 600 直線性 : ±0.5%FS
伝送出力範囲	0 ~ 5, 10, 20, 50, 100mg/l
制御信号	4ch a 接点(動作時閉) 出力 容量 : DC24V, 1Amax(抵抗負荷) 下々限, 下限, 上限, 上々限(異常警報に設定可)
調整機能	ゼロ点校正, スパン感度調整, スパンチェック
電源	DC24V ±10% 0.5A
変換器構造	パネル取付け : DIN 96×96 屋内設置型 ケース:SUS304 パネル : ABS
外形寸法	変換器 : 96(W)×96(H)×145(D) 検出器 : 132(W)×130(H)×180(D) (突起を除く)
質量	変換器 : 約 650g, 検出器 : 約 2kg
サンプル条件	圧力 : 0.3MPa 以内 流量 : 100ml/m (50 ~ 300ml/m) 温度 : 5 ~ 30°C
取り合い	PFA 1/4 インチチューブ
パージ入口	6 チューブ継ぎ手

表1 OZ-96 主な仕様

5 おわりに

以上紹介したようにOZ-96はますます多様化、高度化する半導体プロセスに合わせて、測定レンジを低濃度から高濃度まで幅広いニーズに対応できるように開発した。OZ-96の高い安定性は、半導体生産ラインの生産性向上に役立つものと期待している。

今後は、OZ-96の更なる高性能化・安定化を図る一方で、インライン計測など新たな分野でもお使いいただけるように一層の研鑽を進めていきたい。



鈴木 理一郎
Riichiro Suzuki
株式会社 コス
設計部
マネージャー

FTIR ガス分析計 FG-100 シリーズ

地球温暖化防止のため、各業界でさまざまな取り組みがなされています。液晶・半導体業界では、液晶・半導体製造プロセスで使われるPFCsを始めとする温室効果ガスの削減が求められています。FG-100シリーズは、温室効果ガスを対象に、特にプロセス現場での使用を想定して開発されたコンパクトで高精度なFTIR ガス分析計です。

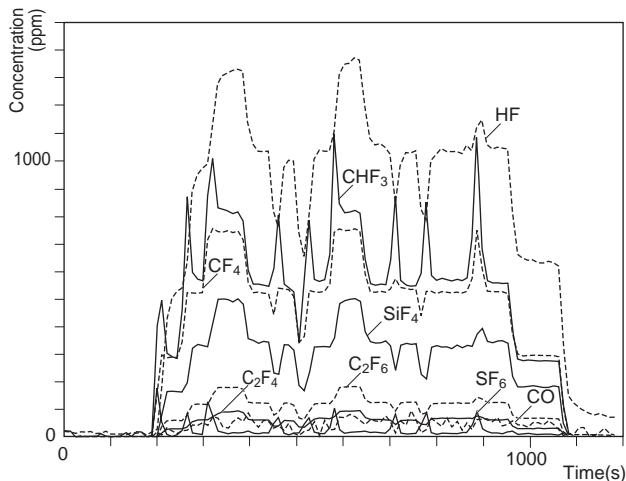


FG-100シリーズにおいて、特に注目すべきは、幅450mm、奥行400mm、高さが350mm(2.4mセル仕様)のコンパクトサイズを実現し、現場での設置、移動を容易にしたこと。また、5種類のセル長を用意し、測定対象濃度に応じた高精度測定を可能にしたこと。さらに、電子冷却タイプMCT検出器の採用(FG-120)で、クリーンルーム内での煩雑な液体窒素補給を不要にしたことなどが挙げられます。

測定の対象となる主なガスは、 CF_4 、 C_2F_6 、 C_3F_8 、 C_4F_8 、 C_5F_8 、 CHF_3 、 NF_3 、 SF_6 、及びプロセスの反応に伴う SiF_4 、 HF 、 COF_2 などの副生成物です。一般的にPFCsは大気中に放出される前に除害装置を通りますが、PFCsの除害装置を対象とする際には、 NO 、 NO_2 、 CO 、 CO_2 など除害装置内の反応に固有な成分も併せて測定対象としています。

FG-100シリーズは、多様な成分のサブppmから%オーダーまでの広い濃度範囲において最適な条件での計測を可能にしており、この分野でのさまざまな用途への対応が期待できます。

ドライエッチング装置排ガス測定例



特長

1. コンパクトで、現場での設置、移動が容易。
2. 5種類のガスセルを準備。多様な測定用途に対して、高精度で最適な測定を可能に。
3. 液体窒素不要の高感度検出器を採用。クリーンルーム内での煩雑な液体窒素補給作業をすることなく、高精度な連続測定を実現。
4. 260種類以上のガススペクトルライブラリを用意。効率的な分析を可能に。
5. 専用サンプリングユニットを用意しています。
6. ユーザフレンドリーなソフトウェアを提供。リアルタイム分析に最適です。

主な仕様

基本型式名	FG-110	FG-120
測定原理	フーリエ変換赤外分光法	
検出器	液体窒素冷却MCT	電子冷却MCT
測定波数範囲	5,000 ~ 700 cm^{-1}	5,000 ~ 900 cm^{-1}
セル長	0.01, 0.1, 0.8, 2.4, 10m	
使用温度範囲	25±5°C	
使用湿度範囲	70%Rh 以下	
電源	AC100 ~ 240V 50/60Hz	
消費電力	300VA(2.4mセル)	
サイズ	450×400×350mm(2.4mセル)	
質量	40kg(2.4mセル)	

薬液濃度モニタを通して見た 韓国の半導体市場へのアプローチ

順調に成長してきた韓国の半導体産業ですが、1997年の経済危機に続け、中国に300mmのファブの計画が持ち上がるなど、厳しい環境にさらされています。彼らは、DRAMなどのメモリー事業で世界のトップを確保すること、システムLSIなど高付加価値化を図ることを、いわば車の両輪として新たな事業の展開を図っています。そして、この半導体産業の発展を支えているのが計測機器です。

KOREA TECHNO社は、1995年にベンチャー企業として設立されて以来ホリバの薬液モニタの販売やサービスを通して韓国の半導体市場に貢献するなど、ホリバグループの有力なパートナーとなっています。今回、同社を立ち上げ、強力に牽引し続けるSONG社長を訪問し、同社の活動状況、現場から見た韓国の半導体市場の特長とアプローチ方法などをうかがいました。



송 낙 현
NAC-HYUNG SONG
President
KOREA TECHNO CO., LTD.

薬液濃度モニタの販売からスタート

最初にKOREA TECHNO社をご紹介ください

KOREA TECHNO社(KT)は、1995年3月に従業員6名でスタートしました。翌年の1996年には150万ドルを売り上げ、2001年は500万ドル、今年度850万ドルを計上しています。

当初は営業だけでスタートし、当社オリジナルのスピン・ドライヤ、ホリバさんの薬液濃度モニタや比抵抗計、関連するパーツなどを扱っていました。現在、従業員は20名で、営業、研究・開発、エンジニアリングサービスを行うASの三つの部門に分かれています。

これからの半導体市場で勝ち抜いていくために、現在、300mmのウエハ関連の研究・開発に取り組んでいます。具体的には、ウエハの移動とバスの洗浄を両立したキャリアで、ウルトラ・クリーンが実現できます。

KT設立のきっかけは？

1990年代の半ば、韓国の半導体業界は、生産設備に対する投資ばかりをやったんですね。つくればつくるほど売れていた。私は大手デバイスメーカーにいたのですが、品質や技術などからホリバさんの製品には非常に興味がありました。その性能の良さをより深くカスタマーに理解してもらえば、もっとビジネスチャンスが広がるのではないかと考えていました。製品単体はもちろん、カスタマーや現場に密着したテクニカルサポートができれば、つまり、お客様とのベストなリレーションシップの構築ですね。デバイスメーカーさんがあって、

それと計測機器メーカーの間を埋めるという、そこにビジネスチャンスを見いだしました。

勤めていた会社をスピンアウトし、KTを立ち上げたのです。韓国におけるベンチャービジネスの走りですね。ここにも、堀場雅夫会長のマインドとの繋がりを感じています。

実際、1996年からは、販売だけでなく、売れた装置の管理やサービスにもっと力を入れる、といったニーズが出てきたのです。

先端情報はデバイスメーカーと装置メーカーの双方から入手

洗浄の重要性についてお聞かせください

洗浄ほどノウハウの詰まった技術は少ないのだろうと言うのが、長年洗浄プロセスに関わってきたエキスパートとしての私の実感です。

ご存知のように、洗浄のルーツは1970年に開発されたRCA洗浄法ですが、ここで考案された薬液はあくまでも基本です。今や、高集積化に伴い、デバイスごと、工程ごとに専用の薬液が使われており、実にきめ細かく管理されています。

ところが、この実態はほとんど公開されていません。と言うのも、洗浄の善し悪しがデバイスの歩留まりを左右し、生産コストに直結するからです。特にメモリー分野では社外持ち出し禁止の最重要ノウハウの一つです。

お客様の現場の情報はどのように集めておられますか？

究極的にはエンドユーザの情報を入手することになるのですが、エンドユーザであるデバイスメーカーさんと製造装置メーカーさんの両方から情報を入手することが重要です。

デバイスメーカーが計測機器を購入されるルートには、計測器メーカーから直接買う場合と、間に製造装置メーカーを挟む二通りのケースがあり、それぞれにメリットとデメリットがあります。計測器メーカーから直接買えば、コスト的に有利で計測機器に関する細かい情報も得やすい点がメリットだと思います。計測機器メーカーにとっても、エンドユーザからの生の現場情報が得られるのですから大変大きなメリットです。



一方、装置メーカーを通すと、値段的には少し高くなりますがプロセス全体をシステムアップする際に便利です。装置メーカーもプロセスをよく研究し、デバイスメーカーが何を求めているかをよく知っています。また、計測機器メーカーにとっては、異なる多数のエンドユーザのデータを集めたり効率よく販売活動ができたりメリットが大きいです。最近では、装置メーカーと計測機器メーカーとが互いに自社の製品の付加価値を高めるために、共同開発するケースも増えています。

サービス体制をご紹介ください

昔は、中央監視システムが整っておらず、大きなトラブルがたくさんありました。例えば、ある工程で入らなければならないケミカルが入らないまま、ウエハがラインに流れたんですね。こうしたことがあって、その後どんどんモニタをつけるようになりました。

しかし、こんなに重要なモニタも、故障すればできの悪い製品がたくさんでき、コストにもるに響いてきます。今後、300mm(ウエハ)だと、一回つまずいたら大変な量になります。従って、サービスにおける迅速さ、的確さ、トータルなそれがすごく重要になります。

KTでは24時間サービス体制をとっています。お客様とは担当者が携帯電話でいつでもコンタクトできます。また、当社にはプロセスエンジニアをやった人間が多くいて、計測器だけでなく、プロセス全般をカバーすることができます。計測器のサービスは、機械の故障を直すのは言うまでもありませんが、あくまでもラインが動きはじめるのが目的です。トラブルがあっても、これは計測器だと、これは一部装置が原因だったとか、そういう判断ができる。これが非常に重要です。

それで、KTとしてはもっと Engineering Service(ES)の重要さを考えて今年3月から準備したISO9001, PL法などの認証を取りました。

メーカーと販売会社は一体感を大切に

海外の代理店とメーカーのアライアンスについてお聞かせてください

海外でビジネスをする上で、重要なことが二つあると思うんですね。技術的に非常に詳しいということと、営業的にその地の事情、ビジネス習慣や文化を熟知すること。

そのうち、技術的なことを言えば、KTの最大の武器は社員一人一人がマルチプレーヤーになって仕事に取り組んでいる点です。一応部門は分かれています。営業は時と場合によってはESもやるし、開発もやる。サービスの人間にしても、現場での営業が必要なんです。ESの人間が単純に修理だけして後はよろしくでは商売になりません。それぞれが専門は専門として持っておき、専門外にもっと広いアングルでカバーできることが重要だと考えています。

現場的には、お客様と円滑にコミュニケーションをとれるということも忘れてはなりません。幸い、韓国のデバイスメーカーの第一線で働く人たちと、KTの営業マン、サービスマンとの平均年齢が30代半ばで非常に近いのです。こうしたことも非常に有効に働いています。

これらのことも、代理店と計測器メーカーのアライアンスがベースとして重要になってきます。メーカーならではの技術的なフォローは言うまでもなく不可欠ですが、海外においては、特に代理店とメーカーとがそれぞれの良さを最大限に引き出して初めて、競争に打ち勝っていけると考えています。そのためには、代理店と計測器メーカーが一体感をもってやる必要があります。基本的に、メーカーさんの場合は、安くてもいいものをつくる。販売する会社はそれをたくさん販売すればいいわけです。結局、企業としては営利が目的ですから、メーカーと販売する会社が一体感を持って、例えば代理店の人間も自分たち自身がつくった機械だと、そういう気持ちを持ってやることだと思っています。

これが今のグローバル時代のビジネスで生き残るための戦略だと思います。

近々、PL法がスタートすると聞きましたが？

韓国では今年、7月1日からPL法が施行されています。衣類、機械とか、環境とか。どんどん厳しくなる可能性がありますね。半導体に関して言えば、例えば、ケミカルの調整を間違えると、大量のオシャカを出すばかりでなく、人の命に関わりかねません。

私は、安全に関する問題は、作り、売り、そして使う人が、それぞれの役割を分担し、責任を明確にする必要があると思っています。例えば、製品に警告ラベルを貼るとか、基本的な操作はA4程度にまとめてビジュアル化するとかいろいろ方法があると思います。ただ、具体的な手法となると、その製品が使われる環境や文化を十分に考慮する必要があると思います。韓国には韓国の文字があり、文化がありますから。今後も、KTからホリバさんにも積極的にアドバイスさせていただきたく思います。

グ・ローカルな情報の流れで一步先を行く

営業マンのスタンスについて聞かせてください

自分の生活も大切なのですが、仕事をもっと大事にすること。例えば、月曜日とか夜遅くても、競争会社よりも一足前に、対象であるお客様と何とかコンタクトを取っていくこと。極論すれば、24時間体制で、攻撃的な営業であることだと思っています。

そして、提案型であること。ニーズに常に先行しお客様に提案していくためには、最先端の情報を持っている必要があります。このあたりについて、少しお話しすると、そもそも半導体技術は、米国から日本に来て韓国に、そこから中国に移行していますが、それぞれの国の中だけでのローカルな情報だけでなく、グローバルに各国の情報も集めて、その上で一番ヘッダの情報を足したものを基に各地域で提案していく必要があります。

ホリバさんは、メーカーの視点に立って計測機器のハードに関する最新のニーズやシーズをグローバルに集めておられると思います。一方KTは、これらの機器がデバイス製造現場でどのように使われ、どんなふうに使われているか、特にローカルな具体例には強い。こうしたグローバルな情報をわかりやすく、かつすばやくローカルに流していく。更に、ローカルな情報を整理してグロー

バルにフィードバックする。言うなれば、グローバルとローカルを足した「グローバル」な情報の流れをつくるのが、常に一步先を行くための極めて大きなファクタになってくると考えています。ただ、当たり前のことですが、特定のお客様が不利益になるような情報を決して流してはなりません。

ホリバとKTの間で、ウィン・ウインの関係をより高めることこそが、CS(顧客満足)への近道だと信じています。

本日はありがとうございました

The Business Strategy to the Korean Semiconductor Market from the Viewpoint of Chemical Concentration Monitors

The Korean semiconductor industry, which has been experiencing strong growth, is also faced with severe conditions, including an economic crisis in 1997 or followed by the plan of a 300mm semiconductor manufacturing line by China. Korea is working to develop new business through an inseparable combination — the maintenance of its position as the world leader in the computer memory industry (DRAM, etc.), and the development of high value-added fields such as application-specific standard products. One thing supporting the growth and development of this semiconductor industry is measurement devices such as those manufactured by HORIBA.

KOREA TECNO CO., LTD was established in 1995 as a venture corporation. Since that time, the company has been contributing to the development of the semiconductor market in Korea through the sales and service of HORIBA chemical concentration monitors. KOREA TECNO CO., LTD is indeed a powerful partner for HORIBA. For this article, we visit with Nac-Hyun Song, president of KOREA TECNO CO., LTD- the man who founded KOREA TECNO CO., LTD and the driving force behind the company, and spoke with Mr. Song about the activities of his company, and the trends and future outlook of the Korean semiconductor industry as seen from an insider in the market.

SC-1 モニタ CS-131

SC-1 溶液(アンモニア過酸化水素水溶液)は、半導体製造におけるウエハなどの洗浄工程で、パーティクル除去に使われます。SC-1 溶液の濃度を許容範囲に保つために、薬液の各成分の濃度を常時モニタし、フィードバック制御を行う必要があります。CS-131は、SC-1 溶液用の高精度な薬液濃度モニタです。



本写真は冷却器一体型です

CS-131は、SC-1 溶液($\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$)の各成分濃度をリアルタイムで測定し、補給タイミングをアラームで知らせます。主な特長は、短い測定周期とコンパクト設計、そして、フルオート測定による操作の簡単さが挙げられます。

測定周期は約2秒(薬液の置換時間、冷却時間は含まない)で、濃度変化に対して忠実に追従。マルチパスはもちろん、ワンパス方式のきめ細かい濃度管理にも最適です。大きさは、当社CS-220シリーズに比べて床面積約2/3のコンパクト設計。消費電力1/2以下。洗浄装置に組み込むことも可能です。操作については、フルオート測定により、ユーザはSC-1 溶液を導入するだけでOK。更に、参照スペクトル測定は空気を使用しているため、通常そのために使用される水は不要といった優れた使い勝手を実現しています。

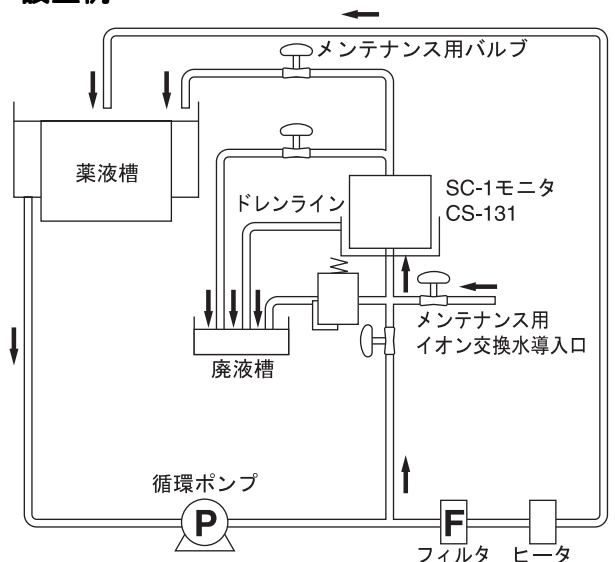
特長

- 約2秒という短い測定周期、薬液の置換時間、冷却時間は含まませんで高速応答性を実現。マルチパスはもちろん、ワンパス方式の洗浄装置のきめ細やかな濃度管理をサポート。
- 床面積従来比(CS-220シリーズ)約2/3のコンパクト設計で、洗浄装置の省スペース化に貢献。洗浄装置に組み込むことも可能。
- 洗浄工程でのロット不良を減少させ、歩留まり向上に貢献。
- 測定はフルオートで、ユーザはSC-1 溶液を導入するだけ。参照スペクトル測定は空気を使用し、ユーティリティとしての水は不要です。
- 従来器種は、光データ採取時は気泡の影響を避けるため薬液を止めていました。本装置はサンプリングの工夫により、液を流した状態での連続測定を可能にしました。また、高温のサンプルを測定する場合は、冷却器内臓タイプもご用意しています。(ただし、空冷のため、応答は遅くなります)温度補正は自動で行います。
- 電源は、低電圧DC24Vを採用し、約45Wと安全性、省電力に貢献します。
- 漏水センサを内蔵しています。

主な仕様

形式	CS-131	CS-131C
形式仕様	冷却器なし	冷却器一体型
測定対象	SC-1 (アンモニア / 過酸化水素水溶液)	
測定原理	吸収分光法	
濃度算出原理	温度補償型多変量解析法	
濃度測定範囲	NH_3 : 0.00 ~ 1.00% H_2O_2 : 0.0 ~ 5.00% H_2O : 94.0 ~ 100.0%	その他の測定レンジについてはお問い合わせください
濃度再現精度	NH_3 : $\pm 0.15\%$ H_2O_2 : $\pm 0.3\%$ H_2O : $\pm 1.5\%$	
薬液条件	温度	20 ~ 30
	流量	20 ~ 60ml/min
	圧力	0.10 ~ 0.20MPa
測定周期	最小で約2秒 (薬液の置換時間・冷却時間は含まません)	
消費電力	約45W (DC24V $\pm 10\%$ 2A)	

設置例



2次元放射温度計アイスクエア(ii-1064)

2 Dimensional Infrared Thermometer i-square

中田 嘉昭, 浅野 一 朗



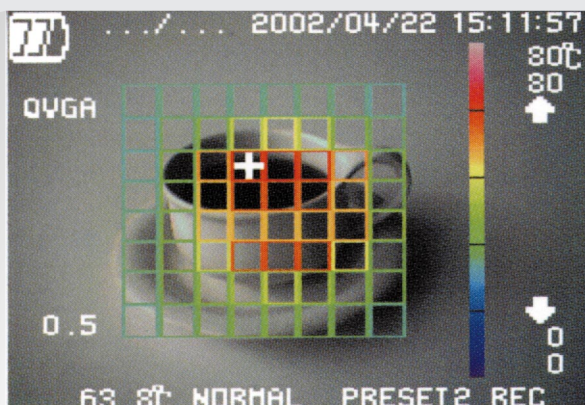
デジカメ感覚の容易な操作性。
しかも計量・コンパクトボディ。



対象物を見ながら64点の温度と画像を同時に記録。

新開発：64素子サーモパイルアレイ

主な放射温度計の心臓部に使われている素子「サーモパイル」。
この素子を多数並べたサーモパイルアレイには、サイズ面や実用性に課題がありました。ホリバでは、これらの課題点を「半導体プロセスによるマイクロマシニング」により達成。微小かつ高感度サーモパイルの開発に成功しました。0.5mmスクエアの素子を縦横それぞれ8素子の計64素子並べた「64素子サーモパイルアレイ」を世界で初めて実用化しました。



要 旨

新しく開発した2次元放射温度計アイスクエアは、放射温度計測と、デジタル画像技術とを融合した今までにない新しい概念の放射温度計であり、温度測定エリアの64点の温度を測定し、カラー液晶画面に可視画像と共に表示できる。アイスクエアは、可視画像と測定温度を同時に表示・記録することができるため、従来の熱画像装置では難しかった測定位置の特定が容易となった。本稿では2次元放射温度計アイスクエアの基本構成、64素子サーモパイルアレイ及び製品の特長について述べる。

Abstract

Recently developed 2-Dimensional Infrared Thermometer "i-square" is an infrared thermometer of a new concept, which combines the digital imaging technology and the infrared thermometry, measures 64 points temperatures in the measurement area and displays the temperatures on a color liquid crystal display combined with the visual image of the temperature measurement area. Since a visible image and temperatures are displayed and recorded simultaneously, pinpointing of the measurement position became easy. This paper describes the basic configuration, 64-element thermopile array and the feature of 2-Dimensional Infrared Thermometer "i-square".

1 はじめに

赤外線を利用した放射温度計は、簡便かつ低価格で非接触の温度測定ができるため、近年さまざまな分野で広く使用されている。一方、非接触で温度分布が測定できるマイクロボロメータなどを利用した熱画像装置は、高価格かつ取り扱いが複雑なため放射温度計ほど普及していないのが現状である。

「もっと簡便に温度分布を測定したい」、「異常温度個所を簡単に見つけたい」というお客様及び現場のニーズに応えるため、多素子サーモパイルセンサとイメージセンサを搭載した2次元放射温度計アイスクエアを開発した。

開発にあたって留意した製品コンセプトは以下のとおりである。

- ・ 非接触温度測定及び温度分布測定
- ・ 異常温度の検出と発熱個所の特定
- ・ 現場での確認・記録
- ・ ポータブル(小型・軽量)
- ・ 低価格

アイスクエアは、放射温度計測とデジタル画像技術を融合した今までにない新しい概念の放射温度計である。本稿では、2次元放射温度計アイスクエアの基本構成、64素子サーモパイルアレイ及び製品の特長について述べる。

2 装置の基本構成と特長

2次元放射温度計アイスクエアは、イメージセンサによる可視画像と、サーモパイル型赤外線アレイセンサによって測定した画像上の温度測定エリアを8×8列に分割した64点の温度とをカラー液晶画面に表示する。可視画像と測定温度を同時に表示・記録することができるため、従来の熱画像装置では難しかった測定位置の特定が容易となった。アイスクエアの基本構成を図1に示す。

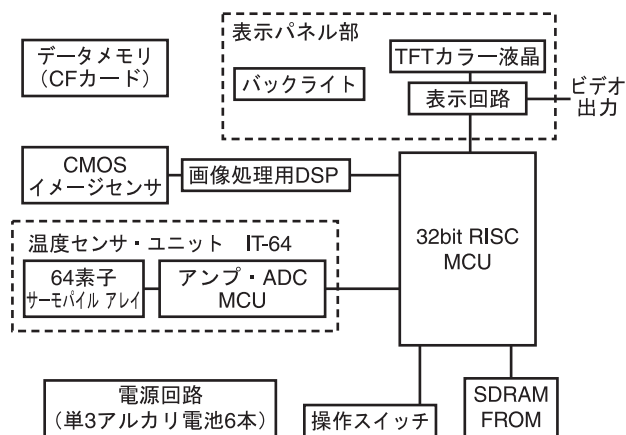


図1 基本構成

装置は温度センサユニット、イメージセンサ及び画像処理用DSP¹⁾、マイクロコントローラユニット(MCU)、表示パネル、データメモリ及び電源回路などで構成されている。

可視画像用センサには、報告書などに貼り付けた時、十分な画質が得られるようカラー30万画素CMOS²⁾イメージセンサを採用した。表示部には屋外または暗所でも十分な視認性を得るため、バックライト付き3.8型TFT³⁾カラー液晶ディスプレイを使っている。また可視画像と測定温度のデータを高速で処理するため、MCUには32 bit RISC⁴⁾タイプを採用した。

画像と測定温度を記録・保存するデータメモリーにはコンパクトフラッシュ(CF)カードが用意されている。CFカードは携帯機器用の不揮発性メモリーとして最近デジタルカメラなどに広く使われてきており、パーソナルコンピュータとのインターフェイスが容易なメモリーである。

温度測定センサとして新しく開発された64素子サーモパイルアレイを温度センサユニット内に搭載した。

3 64素子サーモパイルアレイ

赤外線放射温度計には、複数の熱電対を直列に接続したサーモパイル型赤外線センサが用いられている^[1]。ホリパでは以前からマイクロマシニング技術の開発及びその技術を応用したシリコン(Si)サーモパイルの開発を行ってきた^[2]。SiサーモパイルはSi基板上に半導体プロセスを使って熱電対列を形成するものであり、その特長を生かして多素子化及び電気回路を内蔵したワンチップ化が望まれていた。今回、64素子のSiサーモパイルアレイを開発し、初めて2次元放射温度計に搭載した。図2にサーモパイルアレイのパターンを示す。

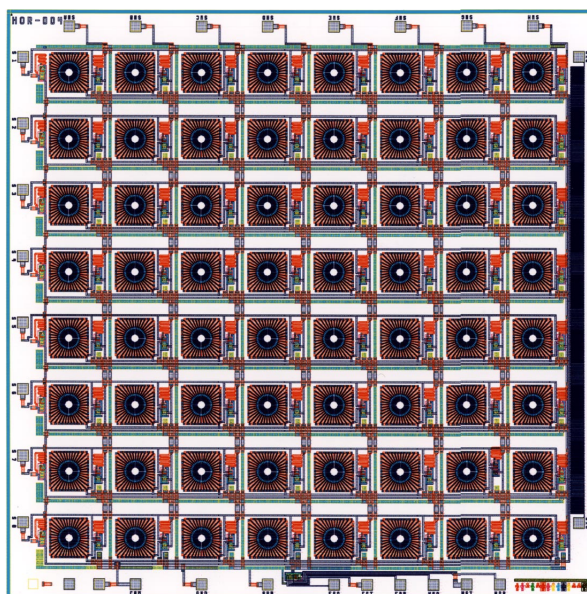


図2 64素子サーモパイルアレイ

サーモパイル64素子は、8mm×8mmのSiチップ上に8×8列で配置されている。また、64点のサーモパイルの出力信号を順次切り替えて出力するため、MOSトランジスタが同じSiチップ上に作製されている。素子の断面を図3に示す。

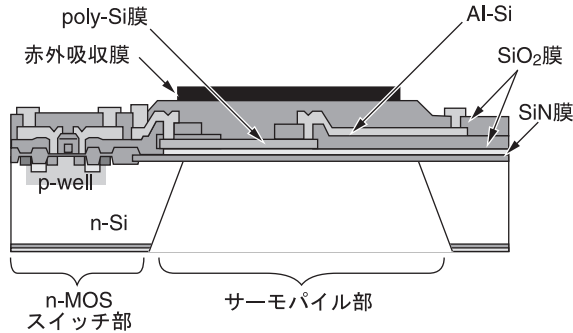


図3 Siサーモパイル断面図

Siサーモパイルを多素子化及び微小化する場合、1素子あたりの受光面積が小さくなることによる感度低下の問題がある。これに対し、マイクロマシニング技術を用いて作成したSi集光ミラーを設けることによって解決することができた。図4にSi集光ミラーとSiサーモパイルの関係を示す。

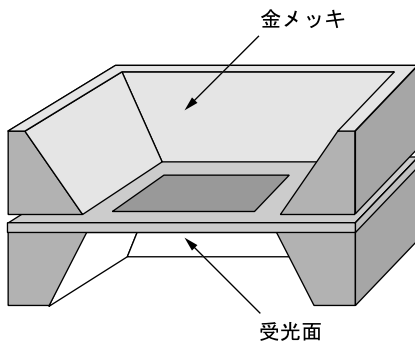


図4 Si集光ミラー

その他の問題として、アレイ型素子特有の歩留りの問題がある。1素子あたりの歩留りが95%でも64素子すべてが残る確率は4%ほどになってしまう。これに対しては半導体プロセス中でのウエハ裏面保護による構造欠陥の軽減、アッセンブリ工程における熱履歴の軽減、ワイヤボンディング工程での最適化などによって歩留りを改善することができた。

大気中の水蒸気などの赤外線吸収による測定誤差を少なくするため、サーモパイルアレイのパッケージには8-14μmの赤外線だけを透過させる多層膜干渉フィルタを窓材料としている。このため周囲の湿度の影響が少ない精度の高い温度計測が可能である。

4 信号処理と主な機能

4.1 温度センサユニット

サーモパイルアレイの出力信号は非常に微弱であるため、取り扱いには細心の注意が必要である。64点のセンサの電圧出力は専用の低ドリフト回路で増幅されAD変換された後、温度センサユニットのMCUで温度データに変換され、200msごとにシリアルインターフェイスを通して32bit RISC MCUに送られる。RISC MCUでは、高速モードでは200msごとの瞬時値を、また標準モードでは10回の移動平均値を演算している。

赤外線センサと電子回路を組み合わせた温度センサユニットの放射温度計としての性能を表1に示す。

測定温度範囲	- 50 ~ 1000 °C
測定ポイント数	64点 (水平8列×垂直8列)
測定ポイント・ピッチ	55mm / 距離1m
測定精度	± 2 以内 (0 ~ 200 °C)
再現性	標準モード 2 64ポイントの平均0.5 以下 (0 ~ 1000 °C)

表1 温度センサユニットの主な仕様

温度測定範囲は、- 50°C から 1000°C までの任意の範囲を設定することができ、精度及び再現性などの温度測定性能は、1素子あたりの視野角が小さいにもかかわらず従来の高精度放射温度計と同程度である。また、温度分布を測定するとき問題となる素子間の温度測定値のばらつき、つまり相対精度は、図5に示すように23°Cにおいて2標準偏差(2σ)で0.5°C以下であった。

これは、熱画像装置で使われる雑音等価温度差 (NETD) に換算すると0.25°C以下となり、高価な熱画像装置と同等の温度差検知能力を持っていることがわかる。

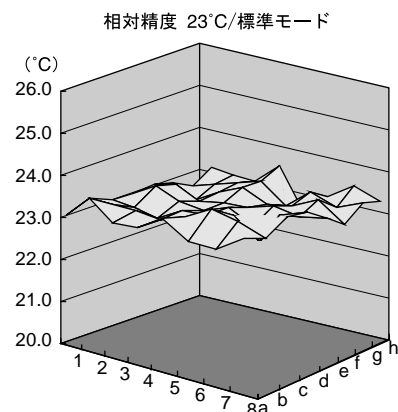


図5 相対精度

4.2 可視画像と測定温度

一方, CMOS イメージセンサによる可視画像信号は DSP で処理された後, 32 bit RISC MCU に送られる。MCU では 64 点の温度データと可視画像を重ね合わせて液晶画面上に表示する。表示例を図 6 に示す。ここでは, 自動車のボンネットを開けエンジンの温度を測定している。

測定エリアを 64 分割した測定点の温度は, 可視画像と共に枠の色変化として表示される。また, 画面内のカーソルを移動させることによって, 任意に選択した枠内の温度を 0.1 単位の数値で表示することも可能である。表示画面はモニタ用にビデオ信号としても出力される。なお, ビデオ信号は NTSC 形式と PAL 形式が使用地域に応じて用意されている。

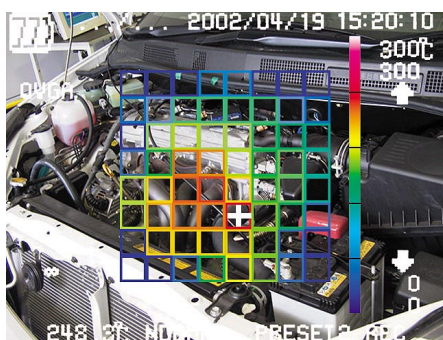


図 6 表示画面の例

可視画像の水平角は 50°, 温度測定視野角は約 24° である。装置と測定対象の距離及び測定エリアと測定間隔との関係を図 7 に示す。

温度測定用センサと可視画像用センサとの間隔があるため, 水平方向に 26mm の視差 (parallax) が生じる。視差は, 測定対象との距離を入力することによって MCU が処理を行い, 可視画像と温度測定エリアの表示を自動的に補正する。

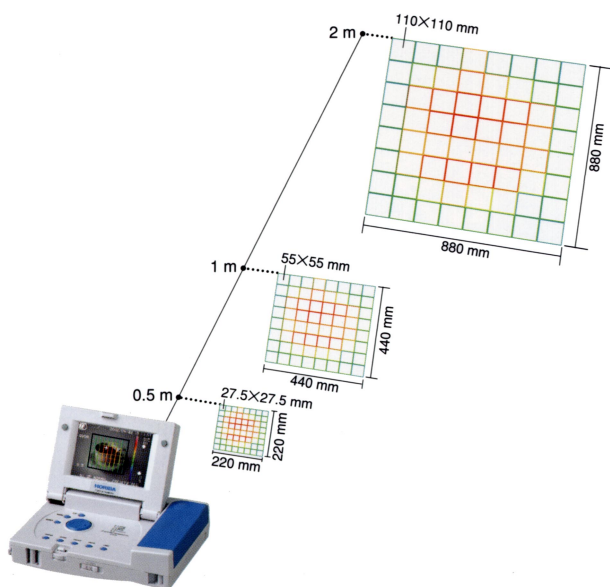


図 7 測定距離と温度測定エリア

4.3 データの記録

表示画像と測定温度は CF カードに記録することができる。測定/ホールドボタンを押すと画像が静止し, 記録ボタンを押すと, 表示画像と 64 点の測定温度が CF カードに保存される。画像データは JPEG 形式で, また温度データは CSV 形式で保存されるため, 専用ソフトがなくてもパーソナルコンピュータなどでデータを簡単に編集することができる。

更に自動測定モードでは, 設定した時間間隔で画像と温度のデータが自動的に記録されるので, 定点での連続自動監視が可能である。

4.4 製品仕様

アイスクエアの主な仕様を表 2 に示す。外形寸法及び重さは小型・軽量であり, 液晶表示部を折りたたむことができ, 持ち運びがしやすい構造になっている。

名称・型式	2次元放射温度計 ii-1064
測定温度範囲	- 50 ~ 1000°C
検出素子	64 素子サーモパイルアレイセンサ
測定ポイント数	64 点 (水平 8 列 × 垂直 8 列)
測定ポイント・ピッチ	55mm / 距離 1m
測定波長	8 ~ 16µm
放射率補正	0.1 ~ 1.00 / 0.01 ステップ
表示分解能	0.1°C 標準モード
測定精度	± 2 以内 (0 ~ 200°C)
再現性	標準モード 2 64 点の平均 0.5 以下 (0 ~ 1000°C)
記録媒体	CF カード (8 ~ 128 MB)
保存形式	可視画像: JPEG, 温度データ: CSV
電源	アルカリ単 3 電池 × 6 本 AC アダプタ
外形寸法	55mmH × 123mmL × 167mmW
重さ	約 700g (電池・CF カードを除く)

表 2 アイスクエアの主な仕様

5 おわりに

以上, 2次元放射温度計アイスクエアについて紹介した。アイスクエアは, デジタルカメラと放射温度計が融合した新しい概念の製品であり, 変電設備の異常発熱個所の特定や冷蔵庫内の温度分布の測定・監視などさまざまな分野での活躍が期待されている。

脚注

- 1) Digital Signal Processor
- 2) Complimentary Metal Oxide Semiconductor
- 3) Thin Film Transistor
- 4) Reduced Instruction Set Computer

参考文献

- [1] 野村ほか, ハンディ放射温度計 IT-540 シリーズ,
Readout No.17 September 1998
- [2] 中田ほか, 薄膜技術を用いた赤外線センサ, Readout
No.21 September 2000



浅野 一郎
Ichiro Asano
エンジン計測開発部
新事業統括センター開発部 兼任
シニアマネージャー



中田 嘉昭
Yoshiaki Nakata
新事業統括センター 開発部

2次元放射温度計 アイスクエア

アイスクエアの特長, メリットを考えた時, 放射温度計やサーモグラフィと比べると, 可視画像と温度分布を同時に見ることができる, ということが第一に挙げられます。これにより, 異状箇所の特定などが容易に行うことができます。用途は, 研究・開発分野や設備のメンテナンス, 品質管理などさまざまな展開が考えられますが, ここでは, 放射温度計及びサーモグラフィと比較する意味で, 実例をいくつか挙げてみました。

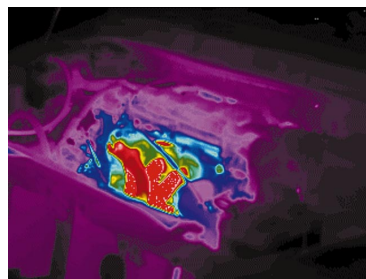


環境試験や, 研究・開発に。【自動車エンジン】

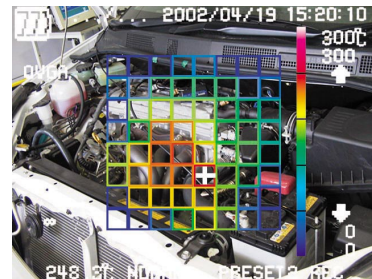
放射温度計



サーモグラフィ



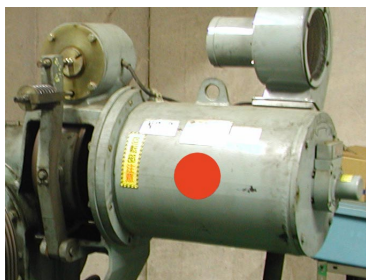
アイスクエア



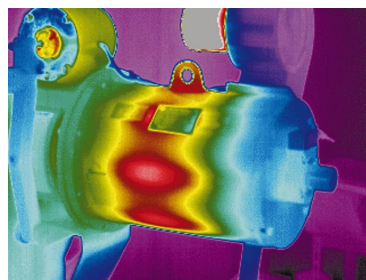
エンジンの排気管の部分が高温になっているのがわかります。

設備機器のメンテナンス, 劣化や故障の発見に。【エレベータ】

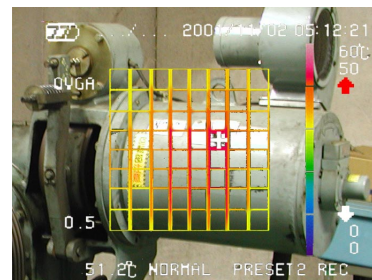
放射温度計



サーモグラフィ



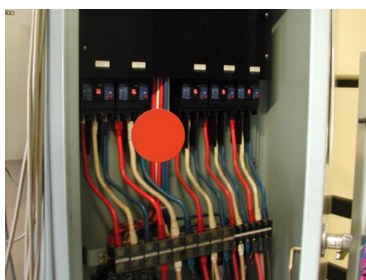
アイスクエア



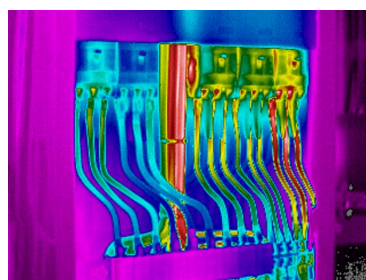
特にモータ部分が高温になっています。

電気設備におけるショートや火災予防のための監視に。【ブレーカ】

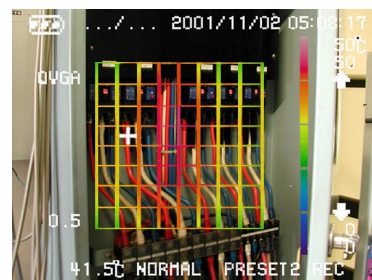
放射温度計



サーモグラフィ



アイスクエア



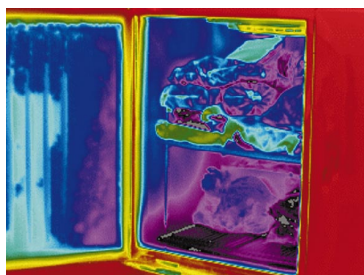
ブレーカの温度と高温個所がどこにあるかがわかります。

食品の品質管理，温度管理に。【冷蔵庫】

放射温度計



サーモグラフィ



アイスクエア



庫内の食品の保存状態，満遍なく冷えているのがわかります。

これらの実例などからも，放射温度計，サーモグラフィ，アイスクエアには，それぞれ長所と短所があることがわかります。表1に放射温度計，サーモグラフィ，アイスクエアの長所，短所を簡単にまとめました。各装置の特性を踏まえた上で，アプリケーションや目的に応じて最適な測定装置を選ぶ必要があります。

	長所	短所
放射温度計	低価格 コンパクトで操作性に優れる	手による走査が必要 広い面積は手間
サーモグラフィ	画像で細かい温度分布がわかる	高価格で運用複雑 実際の画像と温度分布が同時に見られない
アイスクエア	可視画像と温度分布を同時に表示 高機能，低価格	細かい部分の測定には不向き

表1. 放射温度計，サーモグラフィ，アイスクエアの長所，短所

その上でアイスクエアは，可視画像と温度分布を同時に表示できる，高機能，低価格な装置として，その他にも表2のようなアプリケーションでお使いいただくことができます。

<p>メンテナンス 変電設備の保守点検 プラント設備の保守点検 断熱材の劣化診断外壁剥離診断 誘導加熱する円盤の温度分布・加熱速度測定 運転中の回転電機の温度計測特に電圧印加部の非接触温度測定 プラント配管や回転機械の軸受け温度上昇，端子台温度，開閉器等 電気設備，機械設備の過熱状態 木材腐朽の調査のための木材表面の温度観測 工場施設・機器の温度分布 ゴム押し出し物の温度分布測定 金型表面温度測定 空調機の温度分布測定 電装BOX内の温度計測 畜舎内の温度測定</p>
<p>研究開発 環境試験中の試作品 通電基盤の温度変化 床暖房の熱設計 レースコースの路面温度測定/タイヤ温度測定 入浴による温熱効果判定 製品開発評価 体の温度分布測定 電気機器稼働中の基板表面温度分布 空調設備の性能テスト 製品温度試験時の温度分布測定 Green House 内の温度偏差測定 電気式床暖房装置の動作チェック</p>
<p>品質管理 冷凍・冷蔵庫内の温度管理 受入・出荷時の温度管理 食品の焼成後の表面温度分布 ペットボトルの表面温度の測定 冷凍・冷蔵ショーケース，及び店内の温度分布測定 プラント配管や回転機械の軸受け温度上昇，端子台温度，開閉器等 加熱されたソーダガラス表面の温度測定 炉内温度分布測定 回転中のロールの表面温度 生産中のPPシート及びフィルムの温度</p>

表2. アイスクエアの他のアプリケーション例

ラマン / FTIR 一体型顕微分光装置 LabRam-IR

LabRam-IR - An Affordable Combination System

Fran Adar^{*1}, Gwenaelle Le Bourdon^{*2}, Andrew Whitley^{*1},
Hans Juergen Reich^{*2}, Juichiro Ukon^{*2}

^{*1}Jobin Yvon Inc., ^{*2}Jobin Yvon S.A.S.

要旨

ホリバグループのひとつであるジョバンイボン社のラマン / FTIR 一体型顕微分光装置 LabRam-IR は、2002 年 3 月のピッツバーグ・コンファレンスで金賞を受賞した。LabRam-IR は、分散型ラマン分光分析と FTIR とを一体化した顕微分光装置である。本装置は、ジョバンイボン社独自の共焦点技術 (Same Spot™) によって、サンプル上の同一微小領域のラマンと FTIR の両方のスペクトルを、試料を移動させずに測定できる点が最大の長である。2 種類の機能を合わせ持った分析システム (SynerJY™) は、ラマンないしは FTIR のいずれか一方だけでは取得が困難な、新たな情報を得られるものと期待されている。

Abstract

Jobin Yvon were the proud recipients of the Gold Award for the best new product, the LabRam-IR, at the Pittsburgh Conference (Pittcon) in March this year. This honor was the result of a rapid development project undertaken by the Jobin Yvon Raman team, headed by Hans Juergen Reich, in Villeneuve d'Ascq. The LabRam-IR is a combination dispersive Raman and FT-IR microscope system. Same Spot™ Technology allows both a Raman and FT-IR spectrum to be measured from the same place on the sample without having to move or transfer the sample. The SynerJY™ of the two tools will provide solutions to problems where the information from either technique is incomplete.

1 はじめに

ラマン分光分析法 (ラマン法) と赤外線吸収分析 (IR 法) は、分子や結晶の振動スペクトルを測定する分光分析法である。

IR 法は、赤外線のエネルギーレベルが物質の分子振動のエネルギーレベルと一致した時に、赤外線が試料に取り込まれるという光の吸収を利用して直接エネルギーを求める方法である。

一方、ラマン法は、特定のエネルギーを持つレーザー光が試料によって散乱される時、散乱光の中のわずかな光の一部のエネルギーが分子の運動エネルギーとして消費され、波長が変わること (ラマン散乱) を利用し、光のエネルギーの差を求める方法である。

2 種類の散乱を比較するラマン法は、IR 法よりも効率の良い分析方法である。このため、近年までは、ラマン法は IR 法より使われる機会の少ない分析手法だった。

しかし、IR 吸収とラマン散乱とは得られる情報には大きな差があり、最近のハード・ソフト技術の進歩のおかげで、ラマン法が幅広く利用されるようになってきた。

ラマン法には次のようなメリットがある。

- ・ 顕微法により μm オーダの空間分解能がある。
- ・ 面倒な前処理の必要がない。非接触分析が可能
- ・ ガラスやポリマーのような透明容器や水溶液のような溶媒との適合性が良い。in-situ 分析が可能
- ・ 不飽和結合のような異種感応基に感度がある。無機物の分析が可能

1990 年代の CCD 検出器やホログラフィック・フィルタの技術の進歩により、ラマン法への関心が高まり、実用化が劇的に進んだ。ジョバンイボン社は 30 年以上にわたりラマン分光分析装置を世に送り出している。1991 年に顕微レーザーラマン分光分析測定装置 LabRam シリーズを導入したことによりジョバンイボン社の地位を確固たるものにした。現在では、LabRam シリーズ (LabRam IB, LabRam INF, LabRam HR) がラマン市場で最も普及している。

LabRam-IR を使うと、同一微小領域の IR とラマンの両方のスペクトルを容易かつ迅速に測定することができ、両者の相乗効果に基づく新たな情報が得られる。従来、顕微赤外分光分析は種々のサンプル (食品包装、法的証拠、塗料) の有機物の同定に用いられてきたが、金属酸化物等、無機物には適さなかった。この点、ラマン法を使うと鉄やチタンの酸化物などを容易に同定することができる。

2 マイクロメータースケールの顕微鏡分析

従来、光学顕微鏡は可視光による観察しかできないため用途が限定されていた。化学的な情報がないと試料の同定が主観的になるケースが少なくない。このため、試料の化学的構造に由来する顕微鏡的なスペクトル情報を提供するために、顕微ラマン及び顕微FTIRが開発された。これにより分子や結晶の正確な特性評価と同定が可能となる。分析領域と非分析部分とを弁別する能力を示す空間分解能は、分析に使用する光の波長によって左右される。FTIRの回折限界が20～40 μm であるのに対し、ラマンでは回折限界は1 μm まで小さくなる。

従来、これらの分析方法の中でどちらか一方、つまりラマン分光分析装置または赤外線分光分析装置のうちの一つだけが顕微鏡と一体化されて、同定や特性評価装置として提供されてきた。しかし、これら二つの分析方法は相補的な関係にあり、それぞれにメリットとデメリットがあるため、ユーザは独立した2種類の装置を購入する必要があった。このため、分析担当者にはより広範な経験が要求され、その上、分析室では大きなスペースと投資が必要となっていた。

LabRam-IRは1台の装置で両方のスペクトルを測定することができる。本機は2種類のモードを簡単に切り替えることができ、ジョバンイボン社独自のSameSpot™ analysisによってサンプルの移動や装置の調整をしないで同一微小領域の分析ができる。これらの機構により、光学顕微鏡、FTIR、ラマン、レーザー誘起蛍光、及び光発光マイクロ分析という合計5種類の複合分析(MMA)が可能となった。

3 LabRam-IRの特長

LabRam-IRが開発される以前に、光ファイバーと組み合わせた顕微ラマン装置が試作されたことはあったが、ラマン分光分析機能に制限があった。2種類の分析装置が完全には統合されておらず価格も倍となり、結局は市場を獲得することはできなかった。

LabRam-IRでは、FTIR機能がラマン顕微分光装置にアクセサリモジュールとして付加されており、どちらの機能も低下させることなく、トータルコストも約1.5倍程度にしかならず安い。その上、LabRam-IRの設置スペースは、基本的なLabRamの本体装置1台分と付属するFTIR用顕微鏡だけである。このスペース削減の経済効果は、現場では見過ごすことができない利点である。特に、実験室の地代が極めて高い医薬や半導体関連の会社ではこのメリットは大きい。

共焦点型顕微ラマンであるLabRam-IRは、ミクロンオーダーの空間分解能(面及び深さ方向)を有している。また、精密なサイン駆動系、高感度のCCD検出器、二つの分解能の異なる回折格子、レーザー・ノッチフィルタなどの効率の良い光学系で構成されている。

顕微FTIRでもあるLabRam-IRは双眼顕微鏡が標準装備であり、TVカメラだけでなく接眼レンズでも試料を観察することができる。白色光を使った透過像や位相差像と反射像の両方の観察が可能である。

LabRam-IRは波長設定に互換性を持たせて設計されており、ラマン及びレーザー蛍光分析に使われる大部分の励起波長領域に対応可能である。2種類の回折格子を使い分けることにより、種々の波長や分解能が選択できるため、レーザー誘起ラマン分光分析や蛍光分光分析を最適条件で行うことができる。

電動式のXYZ軸駆動と独特の画像マッピング装置を顕微ラマン装置一式に組み込むことにより、ミクロン単位の詳細なラマン情報を得ることが可能である。

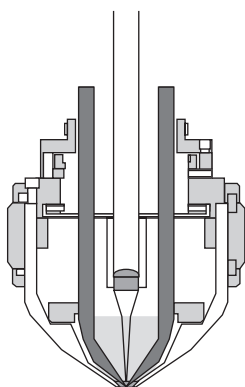
FTIRモジュールは、すべてのLabRam型顕微ラマン分光分析装置と容易かつ効率的に結合できるようにコンパクトに設計されている(図1)。光学系とエレクトロニクス系のすべてがLabRam本体に組み込まれており、機器設置スペースの最少化が図られている。テレビカメラは、ラマン及びIRの両方の視野をカバーしており、分析領域の設定や調節が容易である。



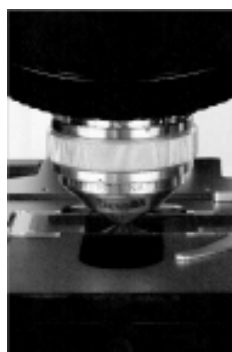
図1 ラマン・赤外線一体型顕微分光装置 LabRam-IR

高感度かつ高性能分析を実現するために、特別仕様のIR用対物レンズが顕微鏡に組み込まれている。FTIRモードを選択すると、標準のラマン用対物レンズと自動的に切り替えられる。サンプルの性状に応じた最適条件で測定するために、接触しないしは非接触型の対物レンズのいずれかを使い分けることができる。

接触型の全反射ダイヤモンド対物レンズは独特の構造を持っており、レンズをサンプルと接触させることで微小領域のIRスペクトルを得ることができる(図2)。この光学系は、いろいろな用途を想定して使いやすいように設計されている。例えば、厚くて半透明の材料、水溶液、液相に浸漬した生物あるいは電気化学材料、化粧品を使用した皮膚、表面を被覆された材料なども、LabRam-IRの測定対象となる。



(a) レンズの構造
: サンプルと接触するダイヤモンド窓と屈折率を調整した全反射型 ZnSe プリズム



(b) レンズの外観

図2 接触型の全反射ダイヤモンド対物レンズ

非接触IR測定用としては高効率の全反射対物レンズが使われる。この光学系は、対物レンズを変えずに、同じ微小領域のラマン / IR スペクトルを測定できるように特別に設計されている。このため装置の操作やサンプルの前処理が大変容易である。

以上、LabRam-IR には次のような特長がある。

- ・ サンプルを動かすことなくラマン及びFTIR 分析ができる。
- ・ 同一小領域のラマン及びFTIR を確実に測定できる。
- ・ 分析時間が短縮できる。
- ・ 機器設置面積の節約ができる。
- ・ 分析にかかるトータル費用の節約ができる。

4 応用例

LabRam-IR は、ラマン / FTIR スペクトルの両方を迅速に測定することができることから、非常に幅広い分野において微小分析が可能となる。特に、法科学の分野では、ラマンとIRの2種類のスペクトルの照合と同一性が微量の証拠物件の解析に有効である。振動スペクトル分析から、生物、無機物、ポリマーから薬物までいろいろな化合物のスペクトル情報を速やかに求めることができる。非接触で非侵襲性のあるラマン法によれば 証拠としての形態が保存される。その上、LabRam-IR は、微小領域から粒子状物質まで、あらゆるサンプルのラマン及びIRの相補的な情報を測定することが可能である。

分析の対象となり得る材料としては、ガラス、塗料及び顔料、鉱物(酸化物、水酸化物、硫化物、炭酸塩、硫酸塩、燐酸塩)、ポリマー、爆薬、繊維、化学残渣、微粒子(包含物を含む)、麻薬、規制薬物、及び半導体等が多数含まれる。

製薬業界も、LabRam-IR が得意とする分野である。設置場所を節約できるという利点のほかに、Same Spot™ 技術による多くの利益が得られる。例えば、ラマンとIRスペクトルは、いずれも配向依存性を持つため、全く同じ方向に配向した結晶のスペクトルを得ることが必要となる場合がある。LabRam-IR はサンプルを動かすことなく2種類の測定が可能のため、高精度で安定した結果が得られる。

図3はナイロン6とPEG(ポリエチレングリコール)の共重合体であるハイドロフィルのラマン及びIR スペクトル、ならびに白色顔料として使用されるTiO₂ の二つの形態のラマンスペクトルを示す。この測定例からはいくつかの知見が得られる。特に、ラマンスペクトルはよりシャープになる傾向があるので、重なり合うバンドの分離は容易である。

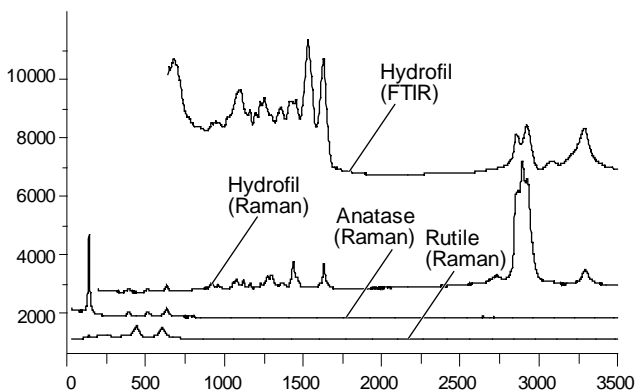


図3 ハイドロフィルのラマン及びIR スペクトル、並びにTiO₂ の二つの形態(AnataseとRutile)のラマンスペクトル

一方、-NHバンド(約 3300cm^{-1})とアミドIバンド(1650cm^{-1})の感度はラマンよりもIRの方が高い。ここで注目すべき違いは、 395cm^{-1} 、 515cm^{-1} 及び 635cm^{-1} 付近に酸化物のバンドが現われる点である。アナターゼとルチルのスペクトルから、チタニア顔料はアナターゼの形態で存在していることがわかる。

図4は胆石のラマンスペクトル(下)とIRスペクトル(上)を示す。ラマンスペクトルは 532nm のレーザー光で励起され、 600cm^{-1} 以下の情報もとらえることができる。第一の例と同様に、ラマンバンドはIRバンドよりずっと鮮明で、情報の質が高い。また、炭素の二重結合(>C=C<)はラマンがより高い感度を示し、一方FTIRはOHバンドに対してより感度が高い。

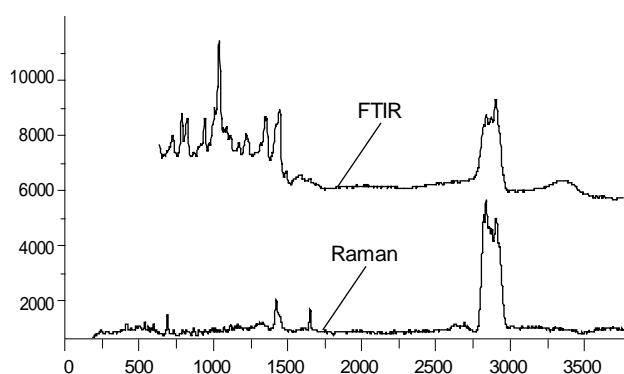


図4 胆石のラマンスペクトル(下)とIRスペクトル(上)(励起波長 532nm)

5 まとめ

LabRam-IRは、1台の顕微分光装置でFTIRとラマンの2種類のスペクトルが容易に測定でき、分析現場のニーズに対応することができる。また、LabRam-IRは1台の装置で2種類の振動スペクトルが測定できるため、設置スペース、測定時間、及び経費が節約でき、従来の単一顕微分光装置では不可能であった正確かつ高信頼な情報を提供することができる。



Fran Adar, PhD in Physics
Worldwide Senior Application Scientist
Jobin Yvon Inc.



Gwenaelle Le Bourdon, PhD in Chemistry
Application Scientist
Jobin Yvon S. A. S.

Andrew Whitely, PhD in Chemistry
Director of Marketing and Sales
Jobin Yvon Inc.

Hans-Juergen Reich
Director
Raman Division
Jobin Yvon S. A. S.

Juichiro Ukon, PhD in Chemistry
Manager
Worldwide R&D
Jobin Yvon S. A. S.

(翻訳 横山政昭)

すき間とニッチ

Sukima and Niche



倉部行雄

Yukio Kurabe

(財)経済産業調査会 顧問

昭和3年、石川県生まれ。昭和27年東京大学卒業後、通商産業省に入省。名古屋通産局長、防衛庁装備局長などを歴任。

中小企業事業団理事(財)通商産業調査会理事長、(財)工業所有権協力センター会長などを経て、平成13年より現職。

すき間への関心

私がすき間というものに注目し、調べ始めてから30年になる。その間、「スキ間思考法」(PHP研究所)、「すき間と日本人」(財)経済産業調査会)の2冊を出版し論文も多数書いた。それらを受けて、日本経済新聞の春秋欄で『すき間博士』を自任する倉部行雄氏...(平成3年8月8日)と紹介され、拙著の内容が、ある国立大学の入試問題に引用されるに至った。

なぜ、私が、それほどすき間に関心を持ったのかといえ、昭和40年代後半、高度成長も終わろうとする頃、既に一通りの産業や商品が出揃っており、あとは、そのすき間を狙うしかない、とりわけ中小企業にとっては、という問題意識を持ったからだ。

あたかも、その頃、マスコミにすき間産業の表現が出始め、私のすき間そのものへの好奇心も一層高まり、調べが進むほど、その意味の豊かさ、日本人とのかかわりの深さに驚いた。

日本人とすき間

まず「隙間」の意味を吟味すると、第一は「あき・すき=空間のすき間」、第二は「ひま・手すき=時間のすき間」、第三は「油断・手抜き=心のすき間」であり、すき間が日本人の生活に広く深く浸透してきたことがわかっていく。

考えてみれば、日本人は、国土の狭さや次々変わる四季に対応するため空間や時間のすき間を活用する知恵を生み、更に、人と人との心のすき間を満たす術(すべ)として茶道や禅なども育ててきた。

簾、透垣、格子などすき間を利用した生活用具、冬の辛いすき間風さえ、歌や句にする風流心、そして、坪庭、盆栽、幕の内弁当など小型・薄型化の技(わざ)。これらはやがて、電卓やカメラなど小型・薄型化の技術開発につながる。

他方、四季の移り変わりを迎える農・漁業上の準備や、衣替え、食べ物の旬(しゅん)、祭事など「時間のすき間」的な活用は、現代の交通機関の細密な定時運行や、商品の頻繁なモデルチェンジ、商品開発のスピードアップにつながっている。

また、高度成長の終期に、中小企業を中心に既存製造業のすき間を埋めるすき間産業が群生したが、それは後年、土木・建設、金融、流通、サービス業、更には介護・育児等の分野にも広がり、大企業にとっても無視できない市場となっている。

すき間とニッチ

わが国にニッチ旋風を起こしたのは、20年ほど前に出版の「エクセレント・カンパニー」(T.J. ピーターズ他著)だが、同書ではニッチの意味が必ずしも明確でない。

そこで、その周辺の言葉を拾うと「ライバルの見逃す小市場」、「それが当たれば、ニッチの独占は3,4年でも構わぬ」、「ライバル企業が低コストで参入したら、シェア競争せず撤退する...その頃には新製品を開発しているから」などだ。

ニッチを辞典で調べると、「壁龕(へきがん:西洋建築の壁にあるへこみで、花瓶や絵画を置く所)、道路の退避所」などを意味する。他方、日本の「隙間」の源義を調べると、「隙」には土塀のスキ間から月の光が見える、「間」には門のスキ間から月(日は誤用)の光が見える、つまり「スキ間の向こうに光あり」という未来志向的なものだ。

しかし、言葉の意味は、時代と共に変化する。わが国ではニッチ・トップとかグローバル・ニッチという使い方も生まれ、ニッチの持つ「逃避性」は消えている。

日米、ニッチの違い

ここで、日米間のニッチとすき間の違いについて考えると、まず「小市場指向」については、同書は大企業が狙うとの色が強いが、わが国では中小企業の在り方として論じられる場合が多い。同書は「高付加価値・ニッチ」追求の例として、高度技術の分野ではヒューレット・パッカード、消費財分野ではジョンソン&ジョンソン、素材・資源分野ではデュポン等、大企業を掲げている。

次に、同書が「低コスト品が参入すれば、シェア競争せず撤退する。なぜなら新製品を開発済みだから」という点だ。「シェア競争せず」の点は日米共通だが、その「意味」が違う。米国では、直ちにニッチの意味に含まれる「退避所」のような所へ「撤退」するのに対し、日本ではニッチすなわち「壁龕」の「日本的意味」である「宝物収納所」に置くような、極めて高級な製品・高度な技術なので、ライバル企業との「シェア争い」は起こりにくい。言い換えれば、日本では「ニッチ・イコール・オンリーワン企業」の例が多く、簡単に「他製品に取って代わられる」ことはないし、米国のように価格競争に巻き込まれにくいのである。

以上のように見てくると、すき間は、新しい技術やビジネスを開発し、特許を生み出そうとする場合、配慮すべき極めて重要な視点の一つといえるだろう。

具体的に言えば、産業、製品あるいは技術分野のすき間を開発する、発泡酒のように酒税法など法律のすき間を突く、宅配、民間育児、民間介護サービスなど、公的制度のすき間を補完する、家族不在時の宅配ボックスなど空間のすき間を創造する、分単位のクイックマッサージなど、時間のすき間を狙う、現代人のストレスを癒す音楽療法など、心のすき間を満たす、などの技術やビジネスが挙げられる。

言うまでもなく、このような新しい技術やビジネスなどを保護し、更に発展させるのが、知的財産権であり特許制度なのである。

ホリバの研究開発と知的財産

Horiba's R&D Activity and Intellectual Property

馬場健次

要旨

分析・計測機器メーカーのホリバが対象とするマーケットは、個々のサイズが小さいにもかかわらず、広範かつ多種多様で技術のすそ野が非常に広い。また、すべての科学者や技術者が真にクリエイティブな仕事を安心して遂行するためには、知的財産を正しく評価し、運用する必要がある。この状況下でのホリバの知的財産活動の特色は、特許とノウハウの使い分け、世界中に存在するホリバグループの役割分担、早期の権利化、社内技術情報のIT化の随所に見ることができる。本稿では、これらが技術者の研究開発活動とどう関わり合っているのかを述べる。

Abstract

HORIBA is an analysis and an instrumentation apparatus supplier, and their marketing areas cover so wide and various technology, though these area is not so big. And it is necessary to estimate Intellectual property appropriately and utilize it, in order that all scientists and engineers sincerely carry out their creative tasks without anxiety. In this situation, an HORIBA's activity for Intellectual Property is characterized in following points; - Differently utilizing patent and know-how, - Sharing roles among global HORIBA group, - Speedily obtaining IP, - Changing HORIBA's inner technical information digitally. We are describing how these characters associate with R&D activity of HORIBA's engineers.

1 技術のすそ野が広い分析・計測機器

ホリバは、モノづくりや研究開発の基盤となる分析・計測機器の生産・販売を本業としている。対象とするマーケットは、広範かつ多種多様で技術のすそ野が非常に広い。

分析・計測の基本原理の多くは19～20世紀にかけて発明されたが、これらのシーズを多様な市場ニーズとどのように結び付けていくかが、我々、分析・計測機器メーカーの主な仕事である。図1に光の波長をパラメータとしてホリバの分析技術を例示した。

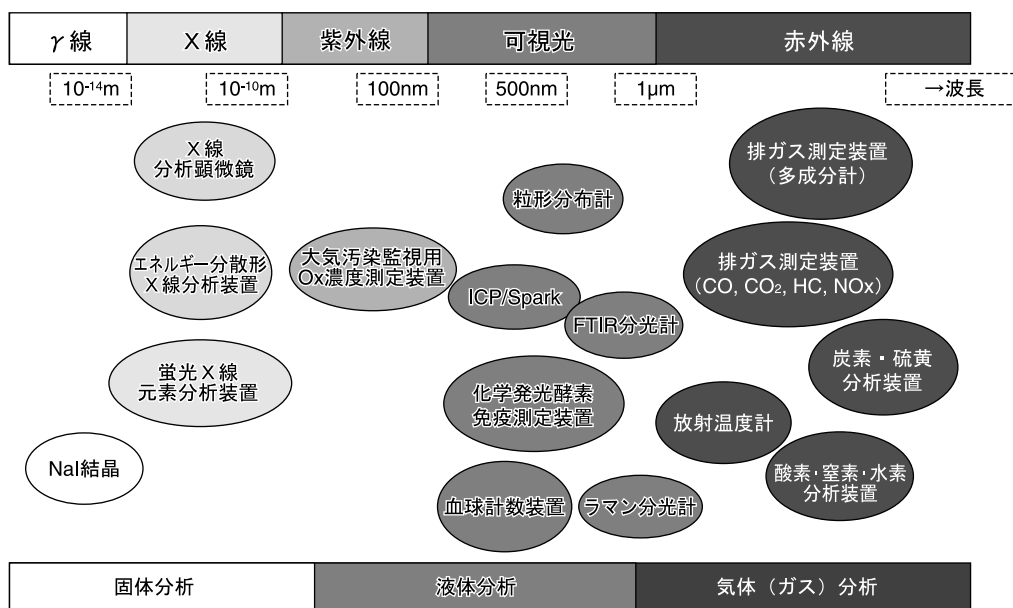


図1 ホリバの分析技術

ところで、この分野のビジネスを具体的に進めていこうとすると大きな課題にぶつかる。それは、個々のマーケットサイズが小さいわりには、カバーすべき技術範囲が非常に広い点である。例えばサンプルごとに分析方法、特にサンプリング方法が異なる。分析者は、サンプルの出所である技術分野に精通していなければならない。また、得られた結果をどのように処理し、判断するのか？これには、高度な情報処理技術が必要となる。...などなど、関連する技術は膨大である。当然、我々知財担当者もまた、ハードからソフト、アプリケーションまで、幅広くカバーしなければならない。

2 特許とノウハウの二本立て

分析・計測機器は、検出器やサンプリング部など独自性の高いコア部と、パソコンや計装などの周辺機器とで構成されている。分析・計測機器の付加価値は、コア部と周辺部のそれぞれが優秀であることはもちろんだが、両者を単に結合するのではなく、最高の結果が得られるように一体化させることから生み出される。この付加価値創出の原動力が技術者たちの創意・工夫であり、これらの成果を知的財産として確保する手段が、特許であり技術ノウハウである。

多くの部品や異なる機能をもったユニット類の組み合わせからなる分析・計測機器の分野では、すべての発明・工夫を特許化することは効率的でないし、また不可能である。そこで、ホリバでは、コア部はできる限り特許できっちりと押さえ、より属人性の高い部分は技術ノウハウ（特許侵害の発見しにくいもの）として社内で登録するようにしている。特許とノウハウ登録の二本立てによる知的財産の確保は、現在の公的な特許制度だけでは不十分なところは自前システムで補完してやる、つまり「自分が開発した技術は自分で護る」の精神に基づいている。例えば、新製品のデザインレビューの段階で、新規の技術について確認し、特許出願を行い周辺まで固めるようにしている。なお、当社のノウハウ登録制度は特許と同じく報償金制度の対象としており、技術者のモチベーションの向上にも大きな効果を挙げている。図2にホリバの研究開発の流れを示す。

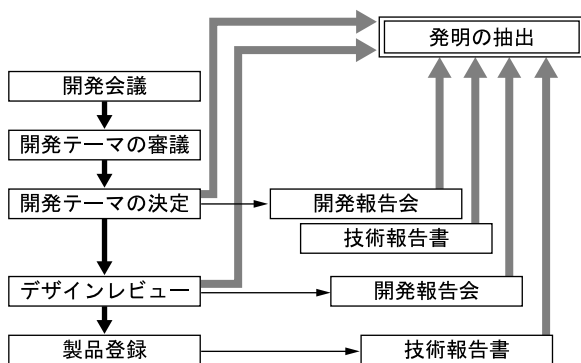


図2 研究開発の流れ

3 グローバル・ネットワーク

近年、多様化する市場ニーズを一社の保有技術だけで対応することはますます難しくなっている。ホリバは、優秀な技術を持つ海外メーカをグループ化したり、アライアンスを組みグローバル化を積極的に推し進めている（図3）。現在、世界中のホリバグループ全従業員約3,500名のうち5割以上がアメリカ・ヨーロッパを中心とする外国人である。ホリバの海外拠点の特徴は、従来のように安い賃金を求めた労働集約型ではなく、それぞれの国の優秀な技術者たちが多くの知的財産を生み出している点にある。ただ、同時に新たな課題も起きている。そこでホリバは、次のように新たな視点に立って知的財産部門のグローバル化を推進している。

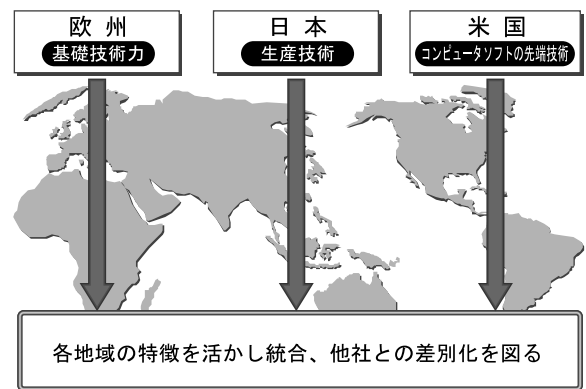


図3 日・欧・米をベースとしたホリバグループの開発体制

一つは、グループ会社間の棲み分けである。国内の会社と海外拠点で製品や技術がオーバーラップすることは非効率であり、研究開発、生産、販売それぞれの部門での適材適所を原則としている。このことは知的財産の面でも同じことが言える。

司法主導の米国、行政主導のヨーロッパ、中間の日本、更には、アモルフアスな中国・アジア地区など、地域ごとにばらばらで、グローバルな特許制度は未だ確立されていない。現在、先進諸国を中心とした「国際ハーモナイゼーション」など、審査基準を国際的に統一しようとする動きもあるが、ここしばらくは流動的である。

ホリバは、このような現状を考え、グループ会社の特許部門がネットワークを組んで、拠点ごと、技術分野ごとに最適化を図っている。例えば、半導体関連製品はカリフォルニアを、また、自動車排ガス測定装置はミシガンを中心拠点としている。そして、日本の堀場製作所の知的所有権部はヘッドクォータとしてこれらの拠点をサポートしている。図4に2002年7月時点のホリバグループの地域別の特許出願割合を示す。最近は、中国への工場進出に伴い、アジア圏の特許出願も徐々に増えつつある。

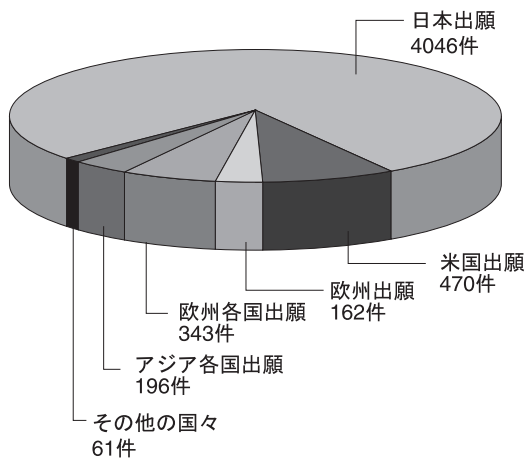


図4 地域別特許出願件数

もう一つは、逆に、海外拠点の独自性の尊重である。本来、技術成果は属人性が非常に高い財産である。特に、個人主義・能力主義が徹底している欧米諸国では、優秀な技術者の確保がマネジメントの大きな課題となっている。膨大な資産と時間をかけて開発した製品や技術が、当事者の退職とともに消え去ることは、時には事業の存亡にもかかわる。それぞれの国や地域の文化に応じたヒューマン・マネジメントが不可欠である。また、個別で重要な案件に関しては、担当者が現地に赴き、face to faceで対応している。

4 早期権利化と社内技術情報システム

ホリバは、現会長の堀場雅夫が1945年10月に創業を開始した堀場無線研究所がルーツである。以来、57年を経た現在も、ホリバにはベンチャー・スピリットが技術開発の根底に脈々と受け継がれている。ベンチャーの基本は、オリジナリティーとスピード&パワーである。特に、後者は、分刻みの技術開発競争が繰り返される今日、企業規模の大小を問わず大変重要な課題である。

他社よりも一時でも早く開発し、販売し、利益を得ることはベンチャービジネスの基本である。と同時に、創り出された技術を、特許やノウハウとしてきっちりとした知的財産権化しておくことは、21世紀に生き残るためには欠かせない。

近年、特許庁では、多様なニーズに応じた迅速な審査を実現するために、「早期審査」や「まとめ審査（関連審査）」など、新しい運用が行われている。これらの審査システム

を利用することにより、マーケットリーダーとして早く名乗りを挙げることができるため、数多くの技術の融合を基本とする分析・計測機器にとっては大変魅力的な制度であり、今後の発展を大いに期待している。

公的制度の革新を期待する一方で、我々メーカ自身もこれらの仕組みをうまく活用することは大切である。ホリバは、プロパテント時代を先取りするべく、社外の特許・技術情報データベースと社内のイントラネットとを結びつけ、研究開発から特許申請まですべての工程のIT化を推進している（図5）。もちろん、当社の業態、企業規模からして、これらは必ずしも大きくはないが、スピードに主眼を置いた情報システムである。

特許番号	名称	出願日	公開日	公開番号	審査請求	公告日	公告番号	登録日	登録番号
P-0050	集電素子の製造方法	74/08/10		P-551-0278/07/27		P-354-03		P-089-	
P-0049	減速機	74/07/24		P-551-0178/04/08		P-355-03		P-104-	
P-0048	放射線検出装置	74/07/19		P-551-0178/07/27		P-354-01		P-097-	
P-0047	蛍光X線分析装置	74/03/06		P-550-1278/08/23					
P-0046	芯線計測用増幅器	74/03/05		P-550-1278/10/14					
P-0045	石炭粉重量計	74/01/24		P-550-1078/05/24					
P-0044	容量比例秤検出方法	73/12/02		P-550-0878/04/08		P-354-02		P-098-	
P-0043	可変定流量比秤検出方法	73/11/05		P-550-0780/11/01		P-357-01		P-112-	
P-0042	流量比例秤検出方法	73/10/21		P-550-0878/05/02		P-354-02		P-098-	
P-0041	ガス流量計の校正方法	73/10/06		P-550-0878/04/12		P-353-01			
P-0040	ガス分析装置検出装置	73/09/03		P-550-0578/04/17		P-354-02		P-101-	
P-0039	液面自動検出装置	73/04/12		P-549-1278/05/07		P-355-00		P-108-	
P-0038	光電式自動液面検出装置	73/03/05		P-550-0178/07/20		P-355-00		P-101-	
P-0037	光電式自動液面検出装置	73/04/06		P-549-1278/08/21		P-355-04		P-105-	
P-0036	光電式液面検出装置	73/04/06		P-549-1278/08/21		P-354-03		P-099-	
P-0035	液面検出装置	73/02/19		P-549-1278/04/01		P-355-00		P-101-	
P-0034	マイクロプロットによる	73/01/12		P-549-0978/12/02		P-353-00		P-092-	
P-0033	多成分干渉検出装置	72/12/20		P-549-0878/12/17		P-352-00		P-087-	
P-0032	振動・歪補償装置	72/10/14		P-549-0878/02/16		P-353-03		P-095-	
P-0031	配管管	72/05/20		P-549-0172/05/19					
P-0030	煙道排ガス中の全	72/05/04		P-549-0078/02/28		P-353-03		P-095-	
P-0029	電位差測定用電極	71/12/11		P-548-0871/12/11		P-352-00		P-088-	
P-0028	全ラジエーション	71/11/12		P-548-0571/11/12					
P-0027	微小漏洩孔の探査	71/06/03		P-548-0071/06/03		P-352-01		P-088-	
P-0026	弁装置	70/12/30							
P-0025	集塵計	70/12/29							

図5 特許情報検索システム

一方、特許の仕事は守備範囲が広く、情報システムの充実だけでなく、相応の知識と経験が不可欠である。ホリバでは、社内外から専門のシニア・エキスパートにも適時対応をお願いしている。シニアの積極的な活用は、今後とも大きなパワーになるものと期待している。

分析・計測機器が21世紀の重要産業の一角を占めることは間違いない。この分野を含め、すべての科学者や技術者が真にクリエイティブな仕事を安心して遂行するためには、特許を中心とする知的財産を正しく評価し、運用することである。

ホリバは、今後とも夢のある製品と適正な知的財産を創り続けたいと考えている。



馬場健次
Kenji Bamba
知的所有権部
知財管理チーム
チームリーダー

油分濃度計

【登録番号】特許第 3078983 号 【発明者】藤井 洋, 福嶋良助, 筒井龍秀, 石田正彦, 高田秀次

【分野・目的】

本発明は、油分濃度計に関する。構成が簡単かつ安価で、光源劣化など経時の変化による影響を受けず、高精度で測定することができ、調整作業などが不要で取扱いが簡単な油分濃度計を提供することを目的としている。

【概要】

従来の油分濃度計においては、試料セルと比較セルとを並設し、各セルを照射する光源を設けていた。

また、各セルの光路に介装される干渉フィルタが同じ吸収波長領域であるため、油分以外の成分の吸収があった場合、基準光とはならない場合があり、光源のドリフトやセル内の汚れなど経時の変化による誤差が生じやすくなっていた。

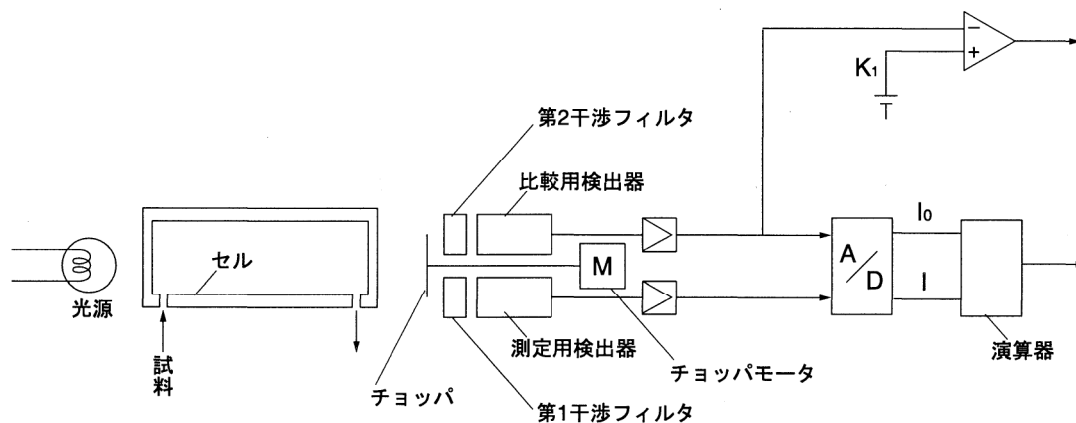
本発明の油分濃度計においては、セルも光源も1個設けるだけとしたので装置構成が簡単で、測定用検出器側の光路に油分の吸収波長のみを通過させる第1干渉フィルタ

と、比較用検出器側の光路に油分の吸収波長を含む広い帯域においてフラットな透過特性を示す第2干渉フィルタを設けているので、油分以外の吸収成分が存在していても、その影響を除去した高精度の測定が可能になる。また、比較側の出力と測定側の出力との比をとるようにしているので、光源光量に変動が生じて、測定誤差が生ずることがない。

【効果】

光源、セルとも従来2個使用していたが、各々1個にしたので、原料は半額にすることができる。

製造プロセスでは、2個の光源のマッチングの為の選定作業が不要となると共に、光学的なバランス調整の作業も不要となり、大幅な工数削減が図れる。シングル光源のために経年変化によるドリフトが無く、セルの汚れ等による誤差も解消し、光学測定における誤差要因の大きなポイントが解決し、品質が大幅に向上する。



社外技術発表リスト

▶ 口頭発表

2002年1月～6月

標 題	氏 名	発表機関 [開催場所]	発表日
食品の品質管理と異物分析	佐久間恵子	横河商事食品飲料セミナー [愛鉄連厚生年金基金会館]	1/24
各種材料における異物分析	平野彰弘	日本ゴム協会 アドバンテックセミナー 2002 [日本ゴム協会 東部ビル]	2/20
Nox Emissions: How Low Can We Go?	James E. Downey* ¹ 秋山重之 井ノ上哲志	ISA Technical Conference [Embassy Suites LA Airport]	2/21
「超短納期企業」への挑戦	細居憲一	2002年生産革新総合大会 [みなとみらいパシフィコ横浜]	2/22
異物分析製品のご紹介	佐久間恵子	四日市地区化学関連会社研究懇談会 [四日市市文化会館]	2/26
質量分析計を用いた排ガス計測	中谷 茂 中村成男	自動車技術会 第4回PM計測評価部門委員会 [自動車技術会五番町センタービル]	2/26
最近のPM計測法	中村成男	次世代環境創造型パワーシステム研究会 : 機械学会 [東京商船大学]	2/27
Visualization of Chemical Response of Beech Leaves to Acid Rain by pH-Imaging Microscope	野村 聡 堀場 厚 菊地勝弘* ²	Pittcon 2002 [New Orleans Morial Convention Center]	3/17
Visualization of Plant Root Response to the Surrounding pH Conditions by pH-Imaging Microscope	河野吉久* ³ 野村 聡 堀場 厚	Pittcon 2002 [New Orleans Morial Convention Center]	3/17
Visualization and Evaluation of Carious Lesion of Extracted Human Teeth by a pH-Imaging Microscope using a Flat Semiconductor Sensor	野村 聡 北迫勇一* ⁴ 平石典子* ⁴ 中島正敏* ⁴ 二階堂 徹* ⁴ 田上順次* ⁴	Pittcon 2002 [New Orleans Morial Convention Center]	3/17
Relationship between ceramic primer and surface pH on bonding to ceramic	R.M.Foxton* ⁴ 中島正敏* ⁴ 平石典子* ⁴ 北迫勇一* ⁴ 田上順次* ⁴ 野村 聡	IADR 2002 [San Diego, Convention Center]	3/17
Rapid screening for VOCs in soil using a portable membrane inlet mass spectrometer (MIMS) Stephen J.Mullock* ⁵	有田佳彦 平野恭司 藤原雅彦 佐竹大輔 松田耕一郎	Pittcon 2002 [New Orleans Morial Convention Center]	3/18
Free Chlorine Sensor with Electro Chemical Tecnology	小林剛士 森 健	Pittcon 2002 [New Orleans Morial Convention Center]	3/19
Compact TOF-SIMS measurements for detecting metal (Cu) contamination of ULSI process Stephen J.Mullock* ⁵	関 英世 松田耕一郎 有門経敏* ⁶ 坏 晴子* ⁷ 中尾 基* ⁸ Stephen J.Mullock* ⁵	Pittcon 2002 [New Orleans Morial Convention Center]	3/19
Evaluation of carious dentin pH value and mineral loss	平石典子* ⁴ 田上順次* ⁴ 北迫勇一* ⁴ 二階堂 徹* ⁴ 野村 聡	IADR 2002 [San Diego, Convention Center]	3/19
New Sulfur Analysis Equipment Using the Combustion-UV Fluorescence Method	野口慎太郎 駒谷慎太郎 Michael C. Pohl* ¹	Pittcon 2002 [New Orleans Morial Convention Center]	3/20
PZT 薄膜用 MOCVD 原料の FTIR インラインモニタリングの検討	佐竹 司 大槻久仁夫 浅野剛司* ⁹ 岡田 清* ⁹ 舟窪 浩* ⁹	第49回応用物理関係連合講演会 [東海大学]	3/28
FTIR による MOCVD-Pb(Zr, Ti)O ₃ 系 気相反応のモニタリング	佐竹 司 大槻久仁夫 浅野剛司* ⁹ 岡田 清* ⁹ 舟窪 浩* ⁹	第49回応用物理関係連合講演会 [東海大学]	3/28
強力 X 線源の開発 [VII]	嶋田智和* ¹⁰ 永富隆清* ¹⁰ 木村吉秀* ¹⁰ 高井義造* ¹⁰ 栗田正吾 万木利和 大堀謙一	第49回応用物理関係連合講演会 [東海大学]	3/28
最近のPM計測法	中村成男	自動車技術会関東支部セミナー [堀場製作所 東京支店]	3/29
超微量PM分析装置	福島宏和	自動車技術会関東支部セミナー [堀場製作所 東京支店]	3/29
マルチコンポーネント・セラミックスプライマーが、デュアルキュア型レジンセメントのセラミックスに対する接着に及ぼす影響	野村 聡 R.M.Foxton* ⁴ 中島正敏* ⁴ 平石典子* ⁴ 北迫勇一* ⁴ 田上順次* ⁴ 三浦宏之* ⁴	第20回日本接着歯学会学術大会 [都市センターホテル]	4/21
歯科用セメントの軟化時における pH 変化について	野村 聡 平石典子* ⁴ 北迫勇一* ⁴ 二階堂 徹* ⁴ 田上順次* ⁴	第20回日本接着歯学会学術大会 [都市センターホテル]	4/21
漂白象牙質の pH 変化とレンジの微小引張り接着強さ	野村 聡 H.Elkhatab* ⁴ 中島正敏* ⁴ 平石典子* ⁴ 北迫勇一* ⁴ 田上順次* ⁴	第20回日本接着歯学会学術大会 [都市センターホテル]	4/21

21世紀の分析業界動向と対応ーグローバルゼーションとローカリゼーション下での製品開発ー	松田耕一郎	浜松大学大学院経営特殊講義 ～地域社会と共に～ [浜松大学]	5/25
蛍光測定用を用いた小型クロロフィル	小林剛士 野村 聡 Christopher J.Owen ¹¹	第63回分析化学討論会 [姫路工業大学]	5/25
燃焼ー赤外線吸収法によるサブμgの油分定量に関する検討	内原 博 吉田智至 池田昌彦 中原武利 ¹²	第63回分析化学討論会 [姫路工業大学]	5/25
河川、湖沼で活躍する新しいセンサ・計測システム	小林剛士	第64回分析化学討論会 [姫路工業大学]	5/26
エンジン排ガス計測の基礎と動向	中村成男	機械学会基礎教育講習会 [大阪科学技術センター]	5/28
最近の環境計測装置とその技術	池田昌彦	京都府環境計量協会 [堀川会館]	6/4
エネルギー分散型X線分析装置の技術と応用	石川純代	東陶機器インハウスセミナー [東陶茅ヶ崎工場]	6/7
On-site PFC measurement by FTIR gas analyzer system	佐竹 司 吉田 誠 西村克美	ISESH 9th / 第9回世界半導体環境安全健康会議 [San Diego, Loews Coronado Bay Resort]	6/12
X線分析による“再現性の良い”材料表面解析手法	村瀬 潤	新日鉄 ホリバ・インハウスセミナー [新日鉄富津事業所 RE 本館 A16 会議室]	6/25
簡易迅速検査の進展 POLTとしての炎症マーカーの測定	宮崎 誠	第34回日本臨床検査医学会東北支部総会 [福島医科大学]	6/29

注：¹Horiba Instruments Incorporated ²秋田県立大学 ³電力中央研究所 ⁴東京医科歯科大学大学院 ⁵Kore Technology Ltd. ⁶半導体先端テクノロジー
⁷東芝プロセス技術研究所 ⁸大阪府立大学先端科学研究所 ⁹東京工業大学 ¹⁰大阪大学大学院 ¹¹Apprise Technologies Inc.
¹²大阪府立大学大学院

▶ 文書発表

2002年1月～6月

標 題	氏 名	発表書誌名
A sensor for blood cell counter using MEMS technology	佐竹大輔 衣斐寛之 奥 成博 松田耕一郎 高尾英邦 ^{*1} 足木光昭 ^{*1} 石田 誠 ^{*1}	[Sensors and Actuators B] Vol.83 P.77-81 (2002年)
Performance of Partial Flow Sampling Systems Relative to Fill Flow CVS for Determination of Particulate Emissions under Steady-State and Transient Diesel Engine Operation	Imad A. Khalek ^{*1} Terry L. Ullman ^{*2} Shirish A. Shimpi ^{*3} Cleophas C. Jackson ^{*4} Bennett Dharnawardhana ^{*5} William M. Silvis ^{*6} Norbert Kreft ^{*6} R. Neal Harvey ^{*7} Dave Munday ^{*7} 山岸 豊 Rob Graze ^{*8} John Smitherman ^{*9} Jesse Adkins ^{*9}	[SAE paper] (2002-01-1718)
Surface Analysis of Active and Arrested Carious Lesions in Dentin Using a pH-Imaging Microscope	北迫勇一 ^{*10} 平石典子 ^{*10} 田上順次 ^{*10} 野村 聡	[Operative Dentistry] Vol.27 P.354-359
半導体シリコンセンサーを用いる pH イメージング顕微鏡による生物試料の局所 pH マッピングの試み	堀場 厚 野村 聡 中野裕紀子 ^{*10} 川本忠文 ^{*10} 田上順次 ^{*10} 高野吉郎 ^{*11}	[分析化学] Vol.51 P.473-476 (2002年)
血球計数用平面状センサへの応用	衣斐寛之 佐竹大輔 高尾英邦 ^{*1} 石田 誠 ^{*1}	[電子材料] Vol.41 No.5 P.40-43 (2002年5月号)
自動全窒素・全リン測定装置 TPNA-300	北野康史	[計測技術] 396 Vol.30 No.4 P.71 (2002年3月号)
自動全窒素・全リン測定装置ー第5次水質総量規制対応ー	北野康史	[環境技術] Vol.31 No.3 P.25-28 (2002年3月号)
燃焼ー赤外線吸収法による機械部品表面に付着したサブμgの油分定量の検討	内原 博 吉田智至 池田昌彦 中原武利 ¹²	[環境化学] Vol.12 No.2 P.361-365
土壌・地下水汚染調査用ポータブル VOC 分析計 MS-200S	北野康史	[新政策] 特集号「土壌・地下水汚染対策への技術開発」平成14年版 P.114-115
FTIR ガス分析計 FG-100 シリーズ	西村克美	[クリーンテクノロジー] 第12巻 第4号 P.61 (2002年4月)
工程管理のための分析化学	野村 聡	[ぶんせき] No.5 P.218-224 (2002年)

注：¹豊橋技術科学大学 ²Southwest Research Institute ³Cummins Inc. ⁴U.S. Environmental Protection Agency ⁵California Air Resources Board
⁶AVL North America ⁷Horiba Instruments Incorporated ⁸Caterpillar ⁹Sierra ¹⁰東京医科歯科大学大学院 ¹¹鶴見大学 RI 研究センター
¹²大阪府立大学大学院

HORIBA World-Wide Network

JAPAN

HORIBA, Ltd.

Head Office

2 Miyano Higashi-cho, Kisshoin, Minami-ku, Kyoto 601-8510, Japan
Phone : (81)75-313-8121 Fax : (81)75-321-8312

STEC Inc.

Head Office

11-5 Hokodate-cho, Kamitoba, Minami-ku, Kyoto 601-8116, Japan
Phone : (81)75-693-2300 Fax : (81)75-693-2331

COS Co.,Ltd.

Head Office

18 Maegawara-cho, Kisshoin, Minami-ku, Kyoto 601-8304, Japan
Phone : (81)75-321-7184 Fax : (81)75-321-7291

HORIBA TECHNO SERVICE Co.,Ltd.

2 Miyano Higashi-cho, Kisshoin Minami-ku, Kyoto 601-8305, Japan
Phone : (81)75-313-8125 Fax : (81)75-321-5647

HORIBA JOBIN YVON Co.,Ltd.

4-13-14 Kitakasai, edogawa-ku, Tokyo 134-0081, Japan
Phone : (81)3-5667-7351 Fax : (81)3-5667-7355

HORIBA ITEC.,Ltd.

Higashikanda Daiji Bldg., 1-7-8 Higashikanda, Chiyoda-ku,
Tokyo 101-0031, Japan

Phone : (81)3-3866-0984 Fax : (81)3-3866-0908

Bio Applied Systems Inc.

2 Miyano Higashi-cho, Kisshoin, Minami-ku, Kyoto 601-8510, Japan
Phone : (81)75-326-3583 Fax : (81)75-326-3584

ASEC, Inc.

Tokyo Office

1-7-8 Higashikanda, Chiyoda-ku, Tokyo 101-0031, Japan
Phone : (81)3-3861-8343 Fax : (81)3-3861-8344

Chiyada Assy. Inc.*

55-3 Higashinokuchi-cho, Kamikatsura, Nishikyoku-ku,
Kyoto 615-8221, Japan
Phone : (81)75-394-5959 Fax : (81)75-394-5963

MEC Co.,Ltd.*

5-F Sairaize Bldg., 2-5-10, 2-chome Iwamoto-cho, Chiyoda-ku,
Tokyo 101-0032, Japan
Phone : (81)3-3866-8090 Fax : (81)3-3866-5041

(* : Affiliate Company)

U.S.A.

HORIBA INTERNATIONAL CORPORATION

17671 Armstrong Avenue, Irvine, California, 92614, U.S.A.
Phone : (1)949-250-4811 Fax : (1)949-250-0924

HORIBA INSTRUMENTS INCORPORATED

Irvine Facility

17671 Armstrong Avenue, Irvine, California, 92614, U.S.A.
Phone : (1)949-250-4811 Fax : (1)949-250-0924

Ann Arbor Facility

5900 Hines Drive, Ann Arbor, Michigan 48108, U.S.A.
Phone : (1)734-213-6555 Fax : (1)734-213-6525

HORIBA / STEC INCORPORATED

Sunnyvale Office

1080 E. Duance Ave. Suite A, Sunnyvale, California, 94086, U.S.A.
Phone : (1)408-730-4772 Fax : (1)408-730-8975

Austin Office

9701 Dessau Road, Suite 605, Austin, Texas, 78754, U.S.A.
Phone : (1)512-836-9560 Fax : (1)512-836-8054

ABX Inc.

34 Bunsen Drive, Irvine, Spectrum, Irvine-California, 92618, U.S.A.
Phone : (1)949-453-0500 Fax : (1)949-453-0600

JOBIN YVON Inc.

3880 Park Avenue., Edison, NJ 08820-3012, U.S.A.
Phone : (1)732-494-8660 Fax : (1)732-549-5125

BRAZIL

ABX BRAZIL

Americo Brasiliense, 2414 Chacara Santo Antonio, 04715-005 Sao Paulo-SP Brazil
Phone : (55)1151816040 Fax : (55)1151816040

RUSSIA

HORIBA MOSCOW REPRESENTATIVE OFFICE

Unit# 1004/1005-06, Molodyozhny Moscow International Hotel Complex 27,
Building 1, Dmitrovskoye Road, Moscow, 127550, Russia
Phone : (7)095-782-9038 Fax : (7)095-782-9039

GERMANY

HORIBA EUROPE GmbH

Head Office

Hauptstrasse 108, D-65843 Sulzbach/Ts., Germany
Phone : (49)6196-6718-0 Fax : (49)6196-6411-98

Leichlingen Facility

Julius-Kronenberg-Strasse 9, D-42799 Leichlingen, Germany
Phone : (49)2175-8978-0 Fax : (49)2175-8978-50

HORIBA EUROPE AUTOMATION DIVISION GmbH

Zabergaeustr. 3, 73765 Neuhausen, Germany
Phone : (49)7158-933-300 Fax : (49)7158-933-399

FRANCE

HORIBA FRANCE

75 Rue L. et A. Lumière Technoparc, F-01630 St-Genis-Pouilly, France
Phone : (33)4-50-42-27-63 Fax : (33)4-50-42-07-74

ABX S. A.

Parc Euromédecine, rue du Caducée, 34184 Montpellier Cedex 4, France
Phone : (33)4-67-14-15-16 Fax : (33)4-67-14-15-17

JOBIN YVON S. A. S.

Head Office

16-18, rue du Canal, 91165 Longjumeau Cedex, France
Phone : (33)1-64-54-13-00 Fax : (33)1-69-09-07-21

Thin Films Dept.

7, Route d'Egly, 91290 Arpajon, France
Phone : (33)1-64-90-93-65 Fax : (33)1-60-83-91-83

Raman Dept.

231 rue de Lille, 59650 Villeneuve d'Ascq, France
Phone : (33)3-20-59-18-00 Fax : (33)3-20-59-18-08

AUSTRIA

HORIBA (AUSTRIA) GmbH

Kaplanstrasse 5, A-3430 Tulln, Austria
Phone : (43)2272-65225 Fax : (43)2272-65230

CZECH REPUBLIC

HORIBA CZECHIA

organizacni slozka Praha, Petrohradská 13, 10100 Praha 10, Czech Republik
Phone : (420)2-717-46480 Fax : (420)2-717-47064

SWEDEN

HORIBA SWEDEN

Hertig Carlsväg 55-57, S-15138 Södertälje, Sweden
Phone : (46)8-550-80701 Fax : (46)8-550-80567

U. K.

HORIBA INSTRUMENTS LIMITED

Kyoto Close, Summerhouse Road, Moulton Park, Northampton, NN3 6FL, England
Phone : (44)1604-542500 Fax : (44)1604-542699

KOREA

HORIBA KOREA LTD.

Pucheon Facility

202-501, Pucheon Techno Park, 192, Yakdae-Dong, Wonmi-ku, Pucheon Kyunggido, Korea
Phone : (82)32-621-0100-4 Fax : (82)32-621-0105

Seoul Office

112-6, Songong-Dong, Choog-ku, Seoul, Korea
Phone : (82)2-753-7911-7912 Fax : (82)2-756-4972

STEC KOREA LTD.

D-604, Bundang Technopark 151, Yatap-Dong, Bundang-ku Sungnam-City,
Kyungki-do, Korea
Phone : (82)342-701-8164 Fax : (82)342-701-8166

HORIBA JOBIN YVON KOREA Co.,LTD.

Korea Bldg. 44-12, Yoido-Dong, Yeongdungpo-ku, Seoul, Korea
Phone : (82)2784-0056 Fax : (82)2784-2019

SINGAPORE

HORIBA INSTRUMENTS (SINGAPORE) PTE. LTD.

10 Ubi Crescent #05-11/12 UBI TECHPARK Singapore 408564
Phone : (65)745-8300 Fax : (65)745-8155

CHINA

HORIBA LTD. BEIJING REPRESENTATIVE OFFICE

Suite 1409, Tower B, COFCO Plaza, No.8, Jianguomennei Avenue, Beijing, 100005, China
Phone : (86)10-6522-7573 Fax : (86)10-6522-7582

HORIBA, Ltd. SHANGHAI REPRESENTATIVE OFFICE

Unit F1, 16F Jiushi Fuxing Mansion, No.918, Huaihai Zhong Road, Shanghai, 200020, China
Phone : (86)21-6415-3689/3690 Fax : (86)21-6415-3690

Readout HORIBA Technical Reports September 2002 No.25

発行日 2002年9月20日
発行人 石田 耕三
発行元 株式会社 堀場製作所
〒601-8510 京都市南区吉祥院宮の東町2番地
http://global.horiba.com/support/tech_info/index.htm

<Readout編集委員会>

委員長 石田 耕三
副委員長 青海 隆
編集局 伊藤 省二 三上 慶子
お問い合わせ先 株式会社 堀場製作所 知的所有権部
Tel:075-313-8121 Fax:075-321-5648
e-mail:readout@horiba.co.jp

HORIBA