

## 調査・研究報告書の要約

書名	平成20年度オプトメカトロニクス技術を用いた次世代型の超大型基板の進歩に関わる加工処理とその周辺技術に関する調査研究報告書				
発行機関名	社団法人 日本機会工業連合会・社団法人 日本オプトメカトロニクス協会				
発行年月	平成21年3月	頁数	245頁	判型	A4

## [目次]

序 (会長 金井 務)

はしがき (会長 岩居 文雄)

委員会名簿

## 目次

調査研究項目

## 第I章 序言

- 1 はじめに
- 2 調査概要
- 3 第II章 製造技術分野 (材料と加工・洗浄処理関係) の概要
- 4 第III章 計測制御分野 (基板検査/搬送) の概要
- 5 第IV章 応用技術分野の概要

## 第II章 製造技術分野 (材料と加工・洗浄処理関係)

- 1 フラットパネルディスプレイ大型化の現状と将来展望
- 2 液晶ディスプレイ用ガラス基板と加工技術
- 3 プラズマディスプレイ用ガラス基板と加工技術
- 4 有機発光ダイオードにおける大型基板技術
- 5 液晶基板用パターン製造装置
- 6 大型ガラス基板の分断技術
- 7 洗浄装置

## 第III章 計測制御分野 (基板検査/搬送)

- 1 ガラス基板検査装置

- 2 画質検査（輝度・色度）
- 3 基板搬送ロボット
- 4 その他

#### 第IV章 応用技術分野

- 1 フォトマスク
- 2 磁気ディスク基板
- 3 大口径ミラー／レンズ
- 4 その他

#### 第V章 おわりに

#### 付録

#### [要 約]

当該調査研究では、次世代型の超大型ガラス基板を主体に世の中のニーズを調査しつつ将来どのように進歩していくか、また大型化へ向けた研究開発が進められるなか生産性・経済性について検討を行い、当該技術の現状と将来の課題を整理し、周辺技術の動向をも調査したほか、関連分野への応用技術も探索した。また、特殊用途向けにとらわれず一般家庭で実用的なサイズの基板についても、加工面の品質・精度並びに加工処理方法などについて調査を行った。そして、これらの課題について、その方向性を明確にし、将来に向けてのロードマップを提示することを試みた。

## 第I章 序 言

### 1 はじめに

オプトメカトロニクス技術を駆使したフラットパネルディスプレイ（FPD）は、生産技術の革新に極めて大きな役割を果たしている。ディスプレイの主要な座を占めてきたブラウン管（CRT）は、画質の点で優れていたこともあって40数年という長い間続いたが、薄型・軽量・大型・低消費電力化などを目指して新しい電子ディスプレイへと進化した。とりわけ、薄型の大画面化をめざす夢の壁掛けテレビというコンセプトは早くからあったが、高精細画像のハイビジョン放送は新しい電子ディスプレイの開発に拍車をかけた。40インチ前後もしくはそれ以上の大画面は、プラズマディスプレイ（PDP）や液晶ディスプレイ（LCD）などが最有力候補となっていた。しかし、LSI デバイスに象徴される半導体技術の進歩と高度情報化社会の到来とともに表示用ディスプレイの需要と相俟って、中・小型の電子ディスプレイが脚光を浴びることになった。とくにLCDの研究開発なくして、パーソナルコ

ンピュータ (PC) の中でもノート型 PC、カーナビゲーションあるいは携帯電話などのディスプレイの普及は考えられない。同時に、単なる小さな情報表示ディスプレイからエンタテインメントディスプレイとしての道へと進み、21 世紀にはいるとディスプレイ産業の市場規模は予想以上の規模となって、2007 年には 12 兆円を越える市場となるに至った。

しかしながら、サブプラム問題に端を発した市場低迷は、最大の用途・民生機器であるディスプレイ市場に影響を及ぼしつつある。例えば、液晶パネル最大の需要先・液晶テレビ市場についてみると、2008 年には 1 億台と予測していたものが 9,500 万台に落ち着くとも予測されている。しかしながら、この世界的な不況下といいながらも、電子ディスプレイ市場は液晶ディスプレイ、プラズマディスプレイのほか、自発光パネル特有の高画質で台頭しようとする有機 EL などを含めて、2008 年 1,200 億ドル (12 兆円) という巨大市場であり、今後も年率 6.5% の成長が確実視されている。この市場を牽引するディスプレイは言うまでもなく LCD であろう。大型液晶ディスプレイは、コンピュータとテレビという日常生活でもっとも身近な市場で成長し、他方、中小型の液晶ディスプレイは、モバイル用途で解像度向上やサイズ拡大化への傾向で成長する。プラズマディスプレイはその用途が主として大型テレビ用に特化された市場であるが、急速に大型化が進む液晶パネルと競合し市場規模は横ばいとみられている。次世代ディスプレイとして期待される有機 EL ディスプレイ市場は、競合デバイスが液晶ディスプレイと位置づけるならば、そのディスプレイの量産化・大型化・コストダウン化はもの凄い勢いで進められているから、有機 EL ディスプレイは必然的にその次の世代とみるのが妥当であろう。現在、例えば液晶テレビのサイズは、一般家庭用でも 40 インチ前後が主流となりつつあることを考えれば納得できよう。

以上、フラットパネルディスプレイの開発・市場動向について概観してきたが、とくに LCD のマザーガラス基板のサイズが大型化してきている。コストダウン、製造工程の効率化を進めるためである。関係企業では既に第 8 世代の生産ラインが稼動しており、2200x2400mm サイズのガラス基板から 45 型のパネルを 8 面生産することができるという。第 10 世代のマザーガラスの生産ラインの建設も計画、もしくは工場の建設が完成に近づいている。第 10 世代のガラスサイズは 2850x3,050mm 程度になる。

このようなフラットパネルディスプレイ (FPD) の開発動向のように、FPD 用ガラス基板は当初考えられないほどの大型化が進み、将来も超大型化に進むことは必至である。この超大型化ガラス基板のこれからの研究開発は、1 社のみではかなりの投資をしなければならず、競争力を維持・向上するためには超大型基板に関わる加工処理等の課題を整理して、具体的かつシステムティックに課題を明確にする必要がある。

そこで本調査研究では、これらの課題を各専門分野の研究者、技術者から様々の課題に

挑戦するための課題をブレークスルーするための研究開発とその方向性を明確にし、そして将来に向けてのロードマップを提示することを目的とした。次世代型の大型ガラス基板を適用するFPD分野を主体に、世の中のニーズを調査しつつ将来のFPDがどのように進歩していくか、また大型化へ向けた研究開発が進められる中、生産性・経済性についても検討を行い、当該技術の現状と将来の課題を整理し、将来を見据えた周辺技術の動向をも調査する他、関連技術分野として半導体ウエハや太陽電池の基板加工処理などへの応用を探索する。さらに、特殊用途向けにとらわれず一般家庭でもっとも使用されるであろう30～60インチサイズの基板についても、加工面の品質・精度並びに加工処理方法などの調査を行う。これらの調査研究の中で、基板の大型化がこれまでのように進めることが果たして得策であるのかどうか議論をし、各分野の技術者からの忌憚のない意見としてまとめるとともに、今後、大型基板の進歩がどのように進んでいくのか、その加工処理と周辺技術に係わる調査しロードマップとして提案をするものである。

以下、本報告書の骨子について述べる。

本調査研究では、産学官の学識経験者による「オプトメカトロニクス技術を用いた次世代型の大型基板の進歩に関わる加工処理とその周辺技術に関する調査研究委員会」を設置し、わが国のオプトメカトロニクスをリードする一線の研究者・技術者の方々が一堂に結集し、それぞれの専門の立場から大型基板の進歩に係わる加工処理とその周辺技術について、最近のトピックスの整理・分析結果をまとめ執筆していただいた。報告書の骨子は、「製造技術分野」（材料と加工・洗浄処理関係）、「計測制御分野」（基板の検査・搬送制御関係）、「応用技術分野」（大型基板関係技術の他分野への応用）の3章から成り、各項目に当該技術の原理、発展の経緯を踏まえて最近のトピックス、そして将来展望の順に記述されている。限られた紙面の都合上、技術項目を限定せざるを得なかったが、執筆者の方々のご努力下、わが国のオプトメカトロニクス技術を用いた大型基板の進歩に関わる加工処理・周辺技術の現状を反映した充実した内容の報告書に仕上げられた。

大型基板化は第11, 12世代へと進められる岐路に立つ今、本報告書は実にタイミングを得たものと確信するものであり、本報告書がオプトメカトロニクス技術を用いた次世代の大型基板の進歩に関わる技術の発展に貢献するものと考えている。

## 2 調査概要

本調査研究では、フラットパネルディスプレイ用大型基板に係わる加工技術や検査技術、パネル製造に係わる加工技術や検査技術、さらに他技術分野に応用が期待される周辺技術に関して、市場からの要求、技術的課題、現在実用化されている技術と開発が進められている技術のそれぞれに関して実態を把握し、5年および10年後の展望を探ることとした。

この方針に基づいて、本調査研究では3つの分科会が、製造技術、計測制御、応用技術の3つの分野の調査、執筆をそれぞれ担当した。

**第Ⅱ章 製造技術分野（材料と加工・洗浄処理関係）**では、フラットパネルディスプレイ大型化の現状と将来展望を調査した上で、今後も大型化が加速すると考えられる液晶ディスプレイ、プラズマディスプレイ、および有機発光ダイオードを取り上げ、ガラス基板の成形・加工技術およびパネルの製造技術に関する詳細な調査をそれぞれ実施した。パネル製造技術に関しては、液晶基板用パターン製造装置、大型ガラス基板の分断技術、洗浄装置についても大型化対応について詳細に調査した。

**第Ⅲ章 計測制御分野（基板検査／搬送）**では、ガラス基板検査装置、液晶用カラーフィルターの検査、アレイ検査など、様々な分野・工程で多様な技術が要求されるため、工程および用途ごとに種々の欠陥を検査する装置を詳細に調査した。また、寸法検査（座標・線幅測定）として基板検査やフォトマスク検査、ディスプレイの画質検査（輝度・色度）などの画質検査技術、大型基板用の原子間力顕微鏡や共焦点走査型レーザー顕微鏡についても調査した。制御技術では、基板搬送ロボットをとりあげ、クリーンルーム用、真空装置内用の大型クリーンロボットについて調査を行った。

**第Ⅳ章 応用技術分野**では、大型基板関連技術を半導体の基板加工処理など、他の技術分野への応用を探索するため、周辺技術の動向を調査した。具体的には、フォトマスク製造技術、磁気ディスク基板加工技術、大口径ミラー／レンズの研磨技術とイオン加工技術、核融合用レーザーガラス、超大口径シリコンウエハ、石定盤、金属定盤、および電解複合研磨技術を取り上げた。

なお本報告書に挿入されている図面の中で、原図面がカラーのものを白黒印刷としたため、多少見にくくなっていることをご容赦願いたい。本報告書の電子版が社団法人日本機械工業連合会 <http://www.jmf.or.jp>、および社団法人日本オプトメカトロニクス協会 <http://www.joem.or.jp> のホームページに掲載されており、自由にダウンロード可能となっている。電子版では原図面のままカラーで掲載されているので、あわせてご利用いただけると幸いである。

### 3 第Ⅱ章 製造技術分野（材料と加工・洗浄処理関係）の概要

街の電気店や量販店をのぞいて見ると、所せましと大型の薄型テレビが並べられている。その中心となっている非発光型（受光型）の液晶ディスプレイ（LCD ; Liquid Crystal Display）は 1970 年代に電卓や腕時計の数字を表示する装置としてモノクローム（monochrome）の7セグメント表示で実用化されて以来、目覚ましい発展を遂げている。そ

れと平行して自発光型のプラズマディスプレイ（PDP；Plasma Display Panel）や有機 EL ディ스플레이（OLED；Organic Electro-Luminescence）も開発が進められ発展を続けている。これらの薄型のディスプレイはフラットパネルディスプレイ（FPD；Flat Panel Display）と総称されているが、中でもその両翼をなす LCD と PDP は表示の高品質化や薄型化、省電力化さらには低コスト化などを進めながら、相互に大型化を競い合っている。これらの FPD に必須の材料であるガラス基板は、このようなディスプレイメーカーの技術進展に伴ってより大型化が求められているが、ガラス基板を大型化するためには、ガラスの製造技術はもちろん切断、研磨、洗浄、検査などの加工技術も対応していかなければならない。

本章では、これら FPD に使用されるガラス基板の製造技術・加工技術について、ディスプレイメーカー、ガラスメーカー、加工装置メーカーの第一線の技術者から解説していただいた。

ここで調査された製造技術の開発、進展があつてはじめて FPD の大型化が実現しているといっても過言ではない。今後、更なる大型化がガラス基板にも求められると思われるが、その技術開発や装置開発にかかるコスト、製造設備や装置そのもののコスト、更には環境対策をも考慮すると、ガラス基板の大型化が必ずしもディスプレイのユーザーの利益に直結するとは限らないことを十分に議論したうえで進めるべきであろう。

#### 4 第Ⅲ章 計測制御分野（基板検査／搬送）の概要

液晶テレビを筆頭に FPD は、近年急速に大型化が進んでおり、それを生産するためのマザーガラスおよびマスクも大型化が加速してきている。

本章では、FPD 用のガラス基板の計測制御分野（基板検査／搬送）に関わる応用分野についての調査報告で、9 の範囲に関して調査を行った。

FPD 産業では最終製品の大型化と低コスト化が同時に急速に進んできている。特に量産ラインでは、対象となるガラス基板の大型化にともない計測制御分野（基板検査／搬送）に対する要求は一段と厳しくなっている。

ガラス基板が更なる大型化へ世代交代が進むと、量産ラインでは、高精度と高スループットという、相反する要求を満たす検査・分析・測定・搬送装置の役割は、ますます重要となってくると予測される。

#### 5 第Ⅳ章 応用技術分野の概要

大型の FPD には、ガラス基板の大型化が必須であり、そのため様々な技術開発が行われている。

もともとガラス基板は建物用の窓材のようなさほど面精度は要求されないものとレンズ／ミラーなどいわゆる光学素子用の高精度のものとして、材料の製造方法や加工方法も異なっていた。極めて特殊な例として、天体望遠鏡のように、大型かつ高精度のガラス材が要求される場合もあったが、個別生産の高価なものであり、それでも許容されていた。しかし、今回の調査対象の FPD 用の素材に対しては、大型、薄型で、高面精度（正確には貼り合わせた 2 枚の基板の間隔精度）が求められ、かつ、大量に低コストで生産しなくてはならない、表示用の半導体プロセスにも対応しなくてはならないなど、様々な要求を同時に満たさなくてはならないものであり、それまでの生産方法では対応できず、様々な新技術が開発された。逆にここで開発された技術がガラス基板の新たな用途を開発することも期待される。

第Ⅱ章、第Ⅲ章では、直接 FPD の開発に不可欠な、材料と加工・洗浄処理などの製造技術や、基板検査や搬送などの計測制御技術について解説しているが、本章では、それらを支える周辺技術や派生的な応用技術について解説した。

ここで調査された応用技術は、FPD 用のガラス基板に限らず様々な分野で利用される可能性のあるものである。直接必要な技術のみならず周辺の技術にも目を向けることで新たな技術革新が創発される可能性を期待したい。

## 第Ⅱ章 製造技術分野（材料と加工・洗浄処理関係）

### 1 フラットパネルディスプレイ大型化の現状と将来展望

FPD に大型化が求められる背景と FPD の種類が紹介された後に、LCD、PDP、OLED を取り上げ、各ディスプレイの現状最大サイズと技術動向および課題が述べられている。今後の展望においては、5 年後、10 年後の FPD はどの様になっているか、新しい情報化時代の到来を大胆に予測されている。

### 2 液晶ディスプレイ用ガラス基板と加工技術

LCD 用ガラス基板に求められる表面品質、エッジ品質、熱安定性などの基本的な条件に加えて環境問題への取り組み、ガラス基板の大型化の推移について紹介された後に、それらの基本的な諸条件、環境対応、大型化などを実現させるためのガラス組成の設計、板状ガラスの製造方法とその特徴、特許から見た研磨や切断など加工技術について解説されている。今後の更なる大型化に対しては、ガラス基板の製造面だけではなくパネルの製造コストの削減効果や環境問題も踏まえて判断していくことが必要であるとの展望が述べられている。

### 3 プラズマディスプレイ用ガラス基板と加工技術

PDP の構造と原理、PDP に用いられる基板をはじめとする誘電体、バリアリブ、封着材など種々のガラスの役割と要求される特性について解説された後、ガラス基板の製造・加工方法と大型化に伴う課題としてガラスの欠陥、表面品位、強度、熱膨張係数、歪と熱収縮などへの要求が個々に述べられている。これに加えて、PDP の製造過程で使用されるガラス材料であるセッターと炉壁材の特徴と課題についても紹介されている。

### 4 有機発光ダイオードにおける大型基板技術

OLED の構造、製造プロセス、製造装置、製造技術およびそのアプリケーションについて概説された後、ガラス基板サイズの推移と今後の大型化にともなう課題と対応策として開発されつつある技術について述べられている。OLED の市場での歴史は浅いため、開発課題は多いが、5 年後には 20~30 インチのテレビが数社から発売される可能性があるとして展望されている。

### 5 液晶基板用パターン製造装置

液晶パネルのレイ工程とカラーフィルター工程の各々についてパターン形成方法と製造装置が紹介された後に、これらのパターン製造工程における様々な要求と超大型基板に対応するための露光装置の課題と開発の方向性について詳細に述べられている。今後の展望では、100 型サイズの液晶ディスプレイが 2018 年に出現すると仮定して、液晶基板用パターン製造方式のロードマップがまとめられている。

### 6 大型ガラス基板の分断技術

ガラス基板の分断はスクライビングホイールによりガラス表面に筋をつけるスクライブ工程とスクライブ線に沿って裏側から押し割るブレイク工程からなること、大型の液晶パネルの分断にはブレイク工程を不要とした高浸透刃先が有効であること、が詳しく紹介されている。さらに、新しい分断法として登場しつつある、レーザスクライブ法、レーザアブレーション法についても特徴と課題が述べられている。

### 7 洗浄装置

FPD の製造工程における洗浄の重要性と基板の大型化に伴う洗浄プロセスの抱える課題を述べた上で、これまでに採用されている各種の洗浄方法の特徴と課題、FPD 用の洗浄装置の技術動向、更には今後有望な新しい洗浄技術について詳細に述べられている。今後の展望として FPD 洗浄装置のロードマップが課題毎にまとめられているが、基板の大型化に伴い薬液や水使用量は増加の一途を辿っており、何より重要な課題は環境対策であるとの指摘には耳を傾ける必要がある。



### 第三章 計測制御分野（基板検査／搬送）

#### 1 ガラス基板検査装置

「ガラス基板検査装置」では、液晶画面の高精細化、高画質化のニーズの進展に伴い、ガラス基板の傷、および製造工程における異物の管理はますます重要となっている。大型化する液晶用マザーガラス基板（素ガラス）の傷、および製造工程における異物の管理に対応したガラス基板傷検査装置とガラス基板検査装置について報告されている。「カラーフィルターの検査」では、液晶ディスプレイに用いられるカラーフィルターの検査についてその技術、装置について、本稿では、光を用いた外観検査を対象とし、カラーフィルター製造工程の各工程における検査の実際と課題について報告されている。「アレイ検査」では、液晶パネル用TFT（Thin Film Transistor）アレイ基板検査には、電子ビームやコンタクトプローブを用いて、電氣的にTFTアレイパターンの断線・短絡を検査する電気式検査方法と、照明光と光検出器を組み合わせ、異物の混入やアレイパターン規則性を検査する光学式検査方法の二種類がある。本稿では、光学検査装置（AOI:Auto Optical Inspection System）に関する技術が報告されている。「寸法検査（座標・線幅測定）」の中の「基板検査」では、ガラス基板検査における寸法検査（座標・線幅測定）では、基板の大型化による単純なパターンの縮尺・位置ずれの管理だけではなく、露光の分割によりパターンの縮尺・位置ずれも複雑化し、座標および線幅測定の重要性が高くなっている。本稿では寸法測定の測定原理と大型化の課題について報告されている。「フォトマスク検査」では、製造されるパネルの精度や品質に直接影響する加工原版であるフォトマスクの大型化・高精度化・高機能化に伴って、これらを測定する装置の重要性もますます高まっている。フォトマスクの寸法測定に関する現状の取り組み事項を紹介すると共に、課題を解決するための今後の展開に関して報告されている。

#### 2 画質検査（輝度・色度）

液晶ディスプレイの大型化、高精細化、高コントラスト化が進んでいる。この為、ディスプレイの研究開発、製造品質管理の現場では、より厳密な評価と管理が求められるようになってきた。これら画質検査に欠かせない分光放射計と色彩輝度計の測定原理について説明し、今後、求められる画質検査（輝度・色度）について報告されている。

#### 3 基板搬送ロボット

FPDの生産工程における基板搬送では、クリーンルーム内で、マザーガラスを各装置間もしくは装置とカセット間で搬送するのが主なアプリケーションであり、これにはガラス基板搬送用クリーンロボットが適用される。また真空の装置内でのハンドリングに使用される大型真空ロボットやその他の事例なども交えて報告されている。

## 4 その他

「原子間力顕微鏡」では、微細な三次元表面形状を絶対値で測定するには、光学式をはじめいくつかの装置の選択肢があるが、中でも原子間力顕微鏡（AFM；Atomic Force Microscope）は、nm オーダーの極めて高精細な形状測定手段として利用されている。本稿では特にFPD分野における応用事例、および課題について報告されている。「レーザー顕微鏡」では、レーザー顕微鏡は1957年Malwin Minskyによって開発され、1980年代になって、複数の企業が製品化に成功し、普及するようになった。本稿ではレーザー顕微鏡の原理と応用について報告されている。

## 第IV章 応用技術分野の概要

### 1 フォトマスク

その構成材料によって、ハードマスク（クロムハードマスク）、エマルジョンマスク（エマルジョンハードマスク）、フィルムマスク（エマルジョンフィルムマスク）の三種類に分類でき、FPD用のマスクとしては、かつては、精度は低いが安価であるエマルジョンマスクやフィルムマスクも使われていたが、現在は精度を重視して、ほとんどクロムハードマスクになっているとしている。マスクの概要では、マスクの転写方法、大型マスクのサイズ推移、マスク仕様・規格項目等について、LCDフォトマスク製造工程では、マスクブランク製造、マスクパターン形成、マスクパターン検査修正、ペリクル貼付について述べている。今後の展望として、市場概要を概観し、技術的には、大型化、高精度化、多階調フォトマスクの開発、また、スタンダード規格への戦略が今後重要であるとしている。

### 2 磁気ディスク基板

ガラス製磁気ディスクに的を絞って現状の製造工程、要求される特性、加工方法及び今後の動向について概説されている。HDDは、低コストで大容量を実現できることや書き換えに対する信頼性が高いことなどから、近年の情報・通信技術における必要不可欠な記録装置として今後ともゆるぎない地位を占めるものと予想されている。今後の展望として、垂直磁気記録メディアは既に成熟期に入りつつあり、それに次ぐ次世代記録方式として、ディスクリットメディアやパターンドメディア、更にもその先の技術として熱アシスト記録方式の実用化が進められており、数年先には磁気ディスク1枚でTB（テラビット）オーダーの記録容量をもった媒体の登場が予測されている。

### 3 大口径ミラー／レンズ

「ミラー／レンズ研磨」では、主としてレーザー核融合用の大出力レーザーに用いられる大口径ミラーや、液晶、ステッパー、天体望遠鏡、およびレーザー核融合などに用いら

れている大口径レンズについて、それらの研磨方法が述べられている。反射波面精度として $\lambda/5 \sim \lambda/10$ を要求される場合、従来から用いられている横振り研磨方式では精度が得られず、輪帯ラップ面を用いた遊星回転研磨方式（リングポリシャー）が使われている。また、大口径の非球面レンズの研磨が可能な磁気粘弾性流体を用いた精密研磨機（MRF）が開発されている。高精度の研磨面を得るためには干渉計など高精度の計測装置で計測しながら加工を進めてゆくことが重要である。「イオン加工」では、固体電子素子の高密度化・高速度化に対応した EUVL のための投影光学系を実現するための超高精度の表面加工方法が要求されており、そのため有望視されているイオンビームを用いた停留時間制御による EUVL 用多層膜反射ミラー基板の最終形状修正加工について述べている。半導体メモリー素子では、2008 年現在、ハーフピッチが 60nm 前後、2013 年にはハーフピッチが 32nm の DRAM の量産も開始される見込みであり、5nm 以下の加工精度が要求されるようになる。この時代になると、EUVL（Extreme Ultra Violet Lithography；波長 13.5nm 程度を利用）がリソグラフィ技術の世界的な標準になる可能性が高い。

#### 4 その他

「レーザーガラス」では、人類のエネルギー問題を解決すべく提案されてきた技術がレーザー核融合の重要な要素であるレーザー光増幅用のガラス素子について述べている。レーザー核融合は慣性核融合とも呼ばれ、磁場核融合とは異なる手法で、核融合の点火条件であるローソン条件を満たす手法である。この手法には良質なエネルギードライバーが必要で、Nd を活性元素としたシリカガラスが有望なレーザー媒質として開発されている。将来展望として、ガラスレーザーの代名詞でもある、核融合レーザーに利用されているリン酸ガラスはシリカガラスをベースとした研究によってその欠点が克服され、将来的には 100J/100Hz/10kW への発展が可能であるとしている。「シリコンウエハ」では、最近、その実用化が 2012 年と取り沙汰されている  $\phi 450\text{mm}$  の超大口径ウエハについて課題が述べられている。集積回路の微細化でコスト低減が困難であり、過去 40 年、各メーカーは大口径化でのコスト削減に対応してきた。 $\phi 450\text{mm}$  の課題として、①単結晶化率、②数値シミュレーションの開発・熱物性値の標準化、③大型高寿命高純度石英ルツボの設計・製造、④磁場印加での結晶成長と遠隔操作、⑤結晶欠陥密度の極小化、⑥超精密スライシング技術、⑦大型ラッピング装置の開発、⑧延性モード研削技術の開発、⑨大型両面ポリシング装置の開発、⑩超高清浄度洗浄技術の開発について述べられている。将来展望として、昨今の世界的金融不安の拡大で半導体産業の低迷が危惧され、1998 年の半導体不況で  $\phi 300\text{mm}$  が 3 年ずれ込んだことを考え、 $\phi 450\text{mm}$  の実用化の動きにブレーキがかかり 2012 年がかなりずれ込む可能性が大きいとし、次世代ウエハが浮上してくるまでの数年間、産官学が真に一致協力

しての研究開発が重要であるとしている。「石定盤」では、産業分野でも石定盤として使われる他、多くの用途に使われている材料である石材について、特に石定盤に使われている石材の特徴と加工例、工業製品での用途例を紹介し、装置の大型化に対する石材流用について今後の展望を述べている。石材の特性によるメリットとデメリットを理解し、デメリットを補うことが石材使用上のポイントと言える。例えば、石材は機械的特性にばらつきがあるので安全率をとり、精度や使い方により選ぶと良く、高精度の定盤を製作する場合は、吸水性の低い緻密な石材を選ぶこと、剛性を高くすることで精度変化量を少なく出来る。「金属定盤」では、計測だけでなくすり合わせ定盤、ラップ定盤としての用途もある精密定盤のうち金属定盤の特長、用途、計測方法について述べている。精密定盤として最も重要なことは、精度が維持できること、現状の精度を把握していることであり、鋳鉄製定盤はきさげで精度修正が可能で、三面すり合せ定盤または平面の原器としての金属定盤を持っていることが重要であるとしている。将来展望としても高精度の定盤を維持するためには、金属定盤を三枚組みで持つことが唯一の方法であるとしている。「電解複合研磨」では、イオン単位の除去作用性をもつ電解作用に、粘弾性支持砥粒による微小切り込み作用を補助させた電解複合研磨法について述べている。この方法は電解生成物の排除と加工面の均一平滑化によって高品質鏡面を得ることができるものである。今後の展望として、ECB技術は、加工法の特質を考えて、大型タンクや大型真空容器などの特にステンレスの大幅面積を対象にきわめて高い適用効果を発揮させてきたが、最近では、アルミ、チタンなど各種材料さまざまな形状、など鏡面化の要望が高まっており、今後はこれらに対応すべく技術開発、機械化など今まで以上に加速させる必要があるとしている。

## 第V章 おわりに

フラットパネルディスプレイ用大型基板に係わる加工技術や検査技術、それに関わる周辺技術と将来展望に関して、「製造技術分野」、「計測制御分野」、「応用技術分野」の3つの分科会を立ち上げ、調査報告を行った。報告を終えるにあたっていくつかの観点から全体を俯瞰、展望してみたい。

フラットパネルディスプレイ用ガラス基板では、液晶ディスプレイとプラズマディスプレイが牽引役となり大型化が進められ、既に開発が終了した第10世代で基板長辺寸法が3mに達している。大型ガラス基板には、表面品質、熱安定性、軽量化、基板強度、大型化に加え、切断、研磨等の加工技術および洗浄に伴う環境対応も要求される。基板の大型化にともなう技術開発・部材・製造装置など、いずれもコスト上昇を如何に小さくするかが大きな課題である。超薄型が実現できる有機ELに代表される次世代ディスプレイでも大画

面化、高細密化、大型化がキーポイントであり、今後の開発に注目したい。

これら大型基板を検査する検査装置についても、高画質化にニーズに伴い傷や異物のパターンの検査および輝度・色彩の検査を、大面積に対して高速かつ高精度で行わなければならない命題が課せられる。傷やパターン等の検査において光学方式は高速化に対応できる利点がある反面、分解能に難点がある。一方、AFM 等に代表されるプローブ顕微鏡は分解能の点で極めてすぐれているが、スキヤニング方式のため大面積を高速に検査するのに困難を伴う。基板の大型化に伴い、計測におけるスケールファクタを悪化させない努力が必要となる。スケールファクタを確保しつつ、欠点をお互いに補完し合いながら、個々の問題を克服すべく、今後も検査技術向上を目指して開発が進むであろう。輝度や色彩の検査においても、高コントラスト、高レスポンス、色再現性など、検査項目の多様化・高精度化にともない、ハード/ソフト両面からの要求はさらに厳しくなることは間違いない。

大型基板の今後の展望において、第 11 世代、第 12 世代への大型化が速やかに進むかどうか最も関心のある点であるが、技術的には可能でも、昨今の経済状況の悪化で、経費削減効果が得られるかどうかについて疑問の声も聞かれ、今後もコスト的に有利な製造方法に向かうことが予測される。



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

<http://ringring-keirin.jp/>

