

製品開発期間の短縮に対して、製品技術と生産技術の同時開発進行が不可欠になっている。生産技術の研究・開発を進めるうえで、コア技術の高度化と専門化、情報技術による生産技術の革新、環境調和型生産技術の開発という三つの重要な視点が存在する。コア技術では半導体と液晶のドライプロセスが重要であり、情報技術では三次元CAD/CAM/CATシステムとシームレスな生産管理システムがキーである。また、環境では樹脂のリサイクルと薬液の削減が求められる。

The simultaneous development of product technology and manufacturing technology has become indispensable for the reduction of product development lead time. Three major standpoints exist with respect to research and development in the manufacturing engineering field: upgrading and strengthening of core technologies, manufacturing innovation by means of information technology, and development of environmentally conscious manufacturing technologies. The dry process for semiconductor and liquid crystal display (LCD) devices is an important core technology. The 3D CAD/CAM/CAT and manufacturing management system is the key information technology. And in the area of environmentally conscious manufacturing technologies, there is demand for plastic resin recycling and the reduction of chemical reagent consumption.

**生産技術の変貌**

1970年に生産技術センターの前身である生産技術研究所が発足した当時は、家電製品を中心とした量産化が世の中の要請であった。このため、部品の量産加工、精度計測、品質管理並びに自動化が生産技術のコア技術であった。

それから30年の年月が経過するなかで、半導体の急速な進歩により、生産のあらゆる分野にコンピュータ制

御、情報通信技術が浸透するようになった。生産技術の分野でも、微細加工、画像処理、数値解析、生産システムソフトウェアなどが新たにコア技術を形成するようになってきた。更に、経営のグローバル化が急進展するなかで、時間軸の制御が最重要課題となり、製品技術とそれに必要な生産技術の同時開発が必須の条件になっている。生産技術者には、製品設計という上流に向かって積極的に入り込んでいく活動が求められている( 囲

み記事参照)。

ここでは、生産技術の研究・開発に求められる課題と指針を三つの視点から述べる。

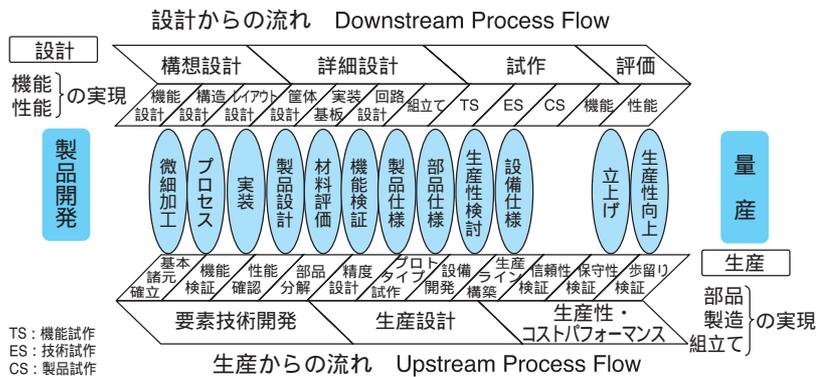
■ コア技術の高度・専門化による生産性、品質の向上

■ 半導体、液晶のドライプロセスと欠陥検査

半導体デバイスや、液晶表示素子の微細化にとってもっとも重要な技術は、ドライエッチングとリソグラフィで

**製品開発から量産までのプロセス**

製品開発から量産に至る業務プロセスには、二つの流れがある。設計から生産へ向かっていく業務プロセスの流れと、生産から設計へとさかのぼっていく流れの2種類が存在する。これらがお互いに連携をとることによって初めて、製品開発期間の短縮、生産の垂直立上げが可能である。



ある。ドライエッチングでは、イオンによるスパッタリング、ラジカルと薄膜構成原子、分子との反応、これら反応生成物の付着や除去などの現象が複雑に絡み合って、最終的な微細パターンが形成される。したがって、プラズマ中での反応のメカニズムを正確に把握しておくことが不可欠になる。このためには、図1に示すように各種プラズマ診断手法を用いて、プラズマの状態やその中でどのような活性種が生起するかを知ることや、エッチング前後の表面微小分析によって、どのような化学反応が生起しているかを知ることが重要である。更に、プロセスチャンパ内でのガスの流れ、プラズマ密度分布などを数値解析シミュレーションで求め、エッチングの面内均一性の確保や、パーティクル異物分布などを知ることが必要である。これらの技術を駆使することによって、初めて最適なエッチングプロセスを構築することができる。

リソグラフィにとって重要な事ごとに、パターン欠陥の検出がある。半導体マスク、半導体ウエーハのパターン検査では、サブミクロン以下の欠陥検出能力が求められている。欠陥検出は、通常光学的手法によっているが、その能力の向上には光学的分解能を上げるだけでは不十分で、検査のアルゴリズムを改善していくことが不可欠である。検査データ中の正常パターンから、欠陥だけをSN比(信号と雑音の比)良く識別するグラディエント方向選択法が効果的である。検査パターンのエッジ方向を検出することで、欠陥サイズ0.2 μmの最高検出感度を実現することができる。

■ プリント基板の実装プロセス

プリント基板への電子部品の実装はパソコン(PC)、携帯電話に代表されるように高密度実装が求められている。基板の限られた配線領域に電子部品をコンパクトに配置するか、それらが品質良く実装されるか

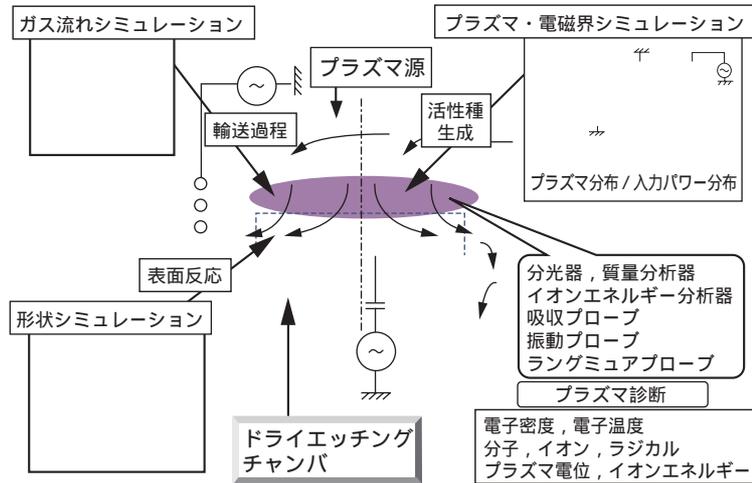


図1. ドライエッチングチャンパ内のプラズマ診断とシミュレーション 反応のメカニズムを正確に把握するには、プラズマ診断とシミュレーションが不可欠である。  
Plasma monitoring and simulation in dry etching chamber

が重要となる。米粒よりも小さいコンデンサのようなチップ部品では、ほとんど不良を生じさせないためのパッド面積、寸法を実験的並びに解析的に検討し、最適値を求める。これらをルール化していくことで、実装品質の向上を図ることができる。

一方、QFP(Quad Flat Package)のような多ピンパッケージでは、実装占有面積が大きくなっていく。そこで、従来のリードフレーム、樹脂パッケージを伴わない、ベアチップ実装が取り入れられてきている。これらの中でフリップチップ実装は、半導体デバイスチップに直接、接続用のバンプを形成し、プリント基板に実装するものである。この実装方法として、異方性導電ペースト接続を行う方式を開発し、デジタルカメラモジュールを実用化した。更に、タクト1.9sで行えるフリップチップ実装装置も開発し、新しい実装技術の実現に貢献した。

■ 情報技術による生産技術の革新

■ 三次元CAD/CAM/CATシステム構築による金型設計製作期間短縮

三次元CAD/CAM(Computer Aided Manufacturing)/CAT(Computer Aided Testing)にCAE(Com-

puter Aided Engineering), 更にはPDM(Product Data Management)を加えた統合生産システムは、情報技術をもっとも効果的に生産技術の中に取り込んだものと言える。製品設計において三次元CADはかなり普及し、単なる二次元製図の置換えではないということは、多くの設計者の共通認識となってきた。一方、三次元のソリッドモデル情報を一貫して生産の段階にまで活用していくには、越えなくてはならない多くの課題がある。金型や板金を事例にとると、CAD情報に加工情報あるいは組立てのための属性情報を付加し、それらを自動処理できなくてはならない。製品設計者から送られてくる製品情報を基に、金型CADでは型割り、キャビティ、コアの自動作成を行う。入れ子の一括作成マクロ処理、抜きテーパなどの金型設計固有の処理などが自動化されると、金型設計時の操作性が大きく改善される。

金型の加工工程で、放電加工でしかできないとされてきた深リブ溝加工に高速切削加工が適用されてきた。直径数mmという超硬ドリルを用いて50,000回転という主軸回転数での切削加工が可能となった。

成形部品の形状、寸法精度は、成

形品質上極めて大切なことであるが、測定検査は手作業によっていることが多い。三次元CADデータを用いたCATシステムに公差解析機能を組み込むことにより、効果的なCAD/CATシステムを構築できる。これらによって、設計者に精度データのフィードバックが早くできるため、成形試作のリードタイム短縮に大きな効果がある。

これらの種々の技術開発を通して、設計製作リードタイムが2週間のPC筐体(きょうたい)金型三次元CAD/CAM/CATシステムを実現した。

### ■ シームレスな生産管理システムの構築

製品の受注から出荷までのビジネスプロセスをいかに短期間に回し、併せて顧客の満足する製品を提供していくかが重要になっている。サプライチェーンマネジメントの考え方によれば、受注オーダーから部品同調、生産準備、生産そして出荷に至るまでのシステムを、情報システムでシームレスにつないでいくことで、もっとも効率的な運用を実現できる。そこで、図2に示すように、基幹となる情報システムとそこに連結した調達、製造、品質

などの管理システムを構築していくことが必要となる。基幹システムとしては市販のERP(Enterprise Resource Planning)システムを導入することが可能であるが、製品形態、生産数量などに対応したアドオンシステム(拡張機能)を作る必要がある。また、製造現場においては生産指示に基づいた稼働状況をリアルタイムに把握し、生産の進捗(しんちやく)、工程のトラブル、品質不良などに速やかに対処することが望まれる。

このような製造管理システムを構築していくときに重要なことは、管理階層を明確に区分し、その階層別に適切な情報を示すことである。また、国内、国外の工場を同じ管理の仕組み、同じ工程能力にしておくことも大切である。このためには不良解析、プロセス改善を含む製造ラインの工程診断ツールを整備し、品質、生産能力の均質化に努めなくてはならない。

### ■ 環境調和型生産技術の開発 ■ 樹脂のリサイクル

製品のライフサイクルにおいては、その本来の機能、性能が使い果たさ

れた後の処理まで考える必要がでてきた。廃棄物の処理及び清掃に関する法律、リサイクル法などの成立により、環境調和型生産技術とも言うべき分野が重要となる。半導体のパッケージでは、長い間の夢であったパッケージ材料のリサイクルが可能になってきつつある。従来のパッケージ材料は熱硬化型のエポキシ樹脂を用いていたが、これを熱可塑性樹脂に置き換えたトランジスタ部品が実用化されようとしている。

### ■ 薬液洗浄の代替技術

半導体、液晶などのプロセスでは薬液を用いた洗浄が行われており、このためのリンス(すすぎ)に大量の超純水が用いられる。薬液を機能水(高い洗浄機能を持つ水)に代替できると、環境に優しい洗浄プロセスを実現できる。機能水としてはオゾン水、電解イオン水、ガス溶解水などがあり、パーティクル並びに金属汚染の除去効果の高いことが実証されている。ガス溶存水では、まったく薬液を使用しない洗浄が可能である。

### ■ 生産技術の革新へ向けて

事業構造が大きく変化するなか、従来の基盤に乗ったままの生産技術では、この環境の変化に対応することはできない。コア技術をいっそう深耕していくことに加え、情報技術を積極的に活用し、ネットワーク環境を構築して、生産技術の革新を図っていく所存である。



木下 正治  
KINOSHITA Masaharu, D.Eng.

生産技術センター 技監, 工博。  
精密加工、薄膜プロセスなどの研究・開発並びにプロジェクトマネジメントに従事。精密工学会、研究技術計画学会会員。  
Corporate Manufacturing Engineering Center

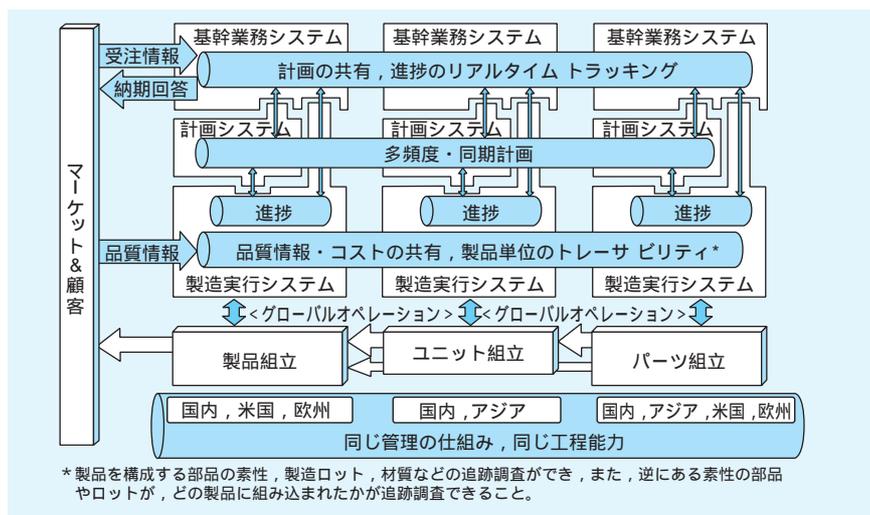


図2. シームレスな生産管理システムの構築 基幹業務システムから製造実行システムに至るまで情報を共有し、製造拠点間で同じ管理の仕組み、同じ工程能力を作り上げる。  
Design and implementation of a seamless manufacturing management system