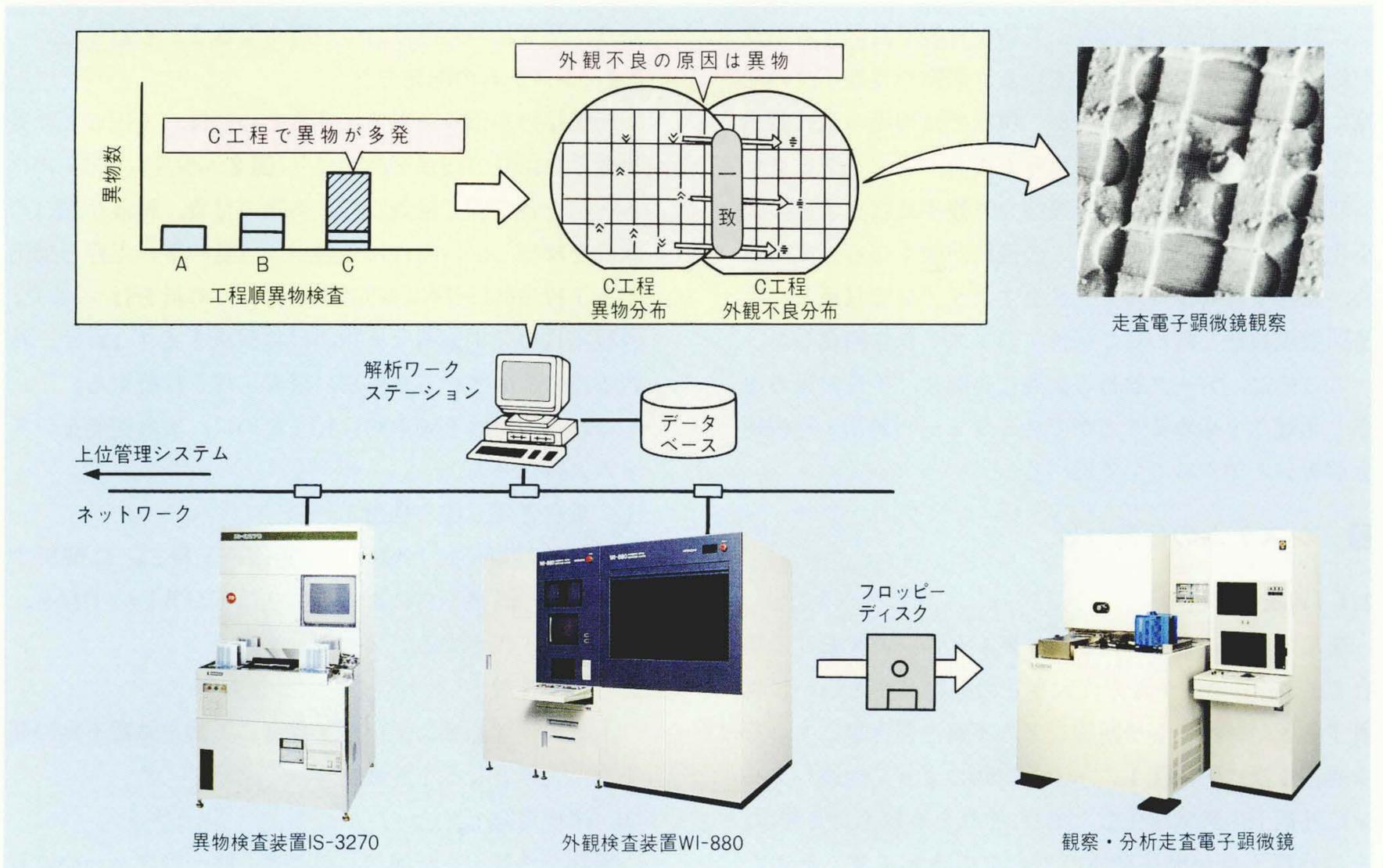


ウェーハ異物・外観統合解析システム

Wafer Information Processing and Analysis System for Production Line

石川誠二* Seiji Ishikawa
宮崎 功** Isao Miyazaki
佐藤 修** Osamu Satō
角野義明*** Yoshiaki Sumino



半導体ウェーハ異物・外観統合解析システムの構成 異物検査装置、外観検査装置および走査電子顕微鏡を統合した解析システムにより、クォータミクロン時代の半導体製品の製造歩留りの早期向上を図ることができる。

半導体生産では、微細化の進展による世代交代が約3年おきに起きている。そのたびにこれに対応したプロセスと設備の開発が必要であるが、そのために必要なコストは膨大な額になっており、歩留り向上のほか、設備の低コスト化、設備のスループット向上などによって生産効率を上げることが重要である。この問題に対する取組みの一つとして、新製品の歩留りの早期向上を支援する半導体ウェーハ異物・外観統合解析システムを開発した。

このシステムは、半導体ウェーハ上の異物や外観不良を検査する検査装置とそれらのデータを解析するワークステーション、および異物や外観不良を観察する走査電子顕微鏡から成る。このシステムで不良の発生状況を解析することにより、異物や外観不良の発生工程、発生設備が特定でき、それらの問題点を解決することにより、新製品の歩留りの早期向上を可能にした。

* 日立製作所 生産技術研究所 ** 日立製作所 半導体事業部 *** 日立製作所 電子デバイス製造システム推進本部

1 はじめに

半導体の新製品の量産化には、巨額の研究投資と設備投資が必要である。この投資を回収するには、新製品の早期歩留り向上が有効である。歩留りを向上させる期間を短縮させるには、不良対策を速やかに、かつ効率よく行う必要がある。

半導体製品の不良は、4 M DRAM(Dynamic RAM)では特性的な不良が約20%、異物や外観不良による不良が約80%を占めると言われている。異物や外観不良の低減に重点を置く必要があるが、現状では現場の試行錯誤による解析、対策に頼っている。また、クォータミクロン時代を迎え、問題となる異物や外観不良はますます微小化しているので、さらにこの傾向が強くなる。そのため、異物や外観検査のデータをオンラインで収集し、電子顕微鏡観察とあわせて解析するシステムを開発した。

ここでは、データ解析の高度化を図り、不良対策の速さと正確さを高めることができるウェーハ異物・外観統合解析システムについて述べる。

2 システムの位置づけ

2.1 現状の解析

製品の加工線幅(16 Mビットダイナミックメモリの場合で $0.5 \mu\text{m}$)の $\frac{1}{2}$ から $\frac{1}{3}$ の大きさの異物がウェーハに付着すると、ショートや断線などの不良を引き起こす。その過程を模式的に図1に示す。異物によって回路パターンに外観上の異常が生じた場合、それを外観不良と呼ぶ。この外観不良が製品自体の不良を引き起こす。そのため、歩留りの向上を図るには、外観不良や異物を低減する必要がある。しかし、異物発生の原因は、エッチング装置などの真空チャンバ内の反応に伴って発生したり、ウェーハハンドリングなどの可動部がこすれて発生するなど多岐にわたっている。その発生原因を解析するに

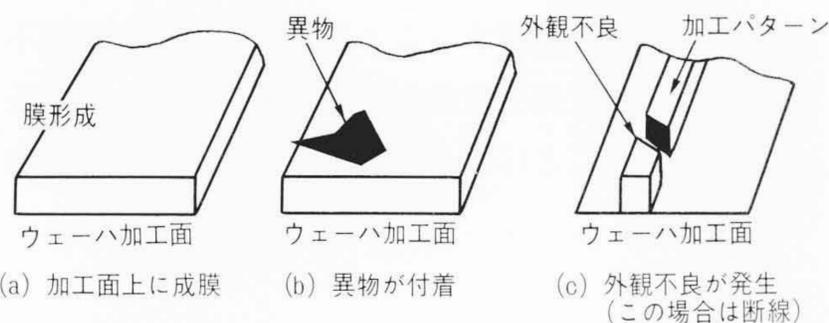


図1 異物の付着と外観不良の発生 異物の付着により、パターン加工時に形状不良を引き起こすことがある。

は、ウェーハ上の異物の位置と数を検出する異物検査装置、外観不良の位置・種類・発生数を調べる外観検査装置、異物や外観不良の形状を詳しく観察する走査電子顕微鏡を用いている。しかし、これらの各装置は測定座標系などが異なるので、例えば、異物検査装置で検出した異物が、どのような外観不良を発生させたかを外観検査装置で調べたり、異物形状を走査電子顕微鏡で調べることが困難であった。そのため不良原因の解析に時間がかかり、新製品の立上げ自体が遅くなることもあった。

2.2 システムの開発方針

新製品の歩留りを立ち上げるためには、工程ごとに異物数と歩留りの関係を調べたり[図2(a)参照]、同一のウェーハを各工程で検査して、異物の付着、脱落(除去)の状況を解析し、いちばん発塵(じん)量の多い工程を抽出する工程追跡[同図(b)参照]と呼ばれる解析を行う。また、外観不良の発生個所と異物の付着個所を突き合わせ、外観不良の原因となった異物の付着工程を解析する。

これらの解析を効率的に行うために、次の機能をシステムに持たせた。

(1) 重点管理工程の抽出

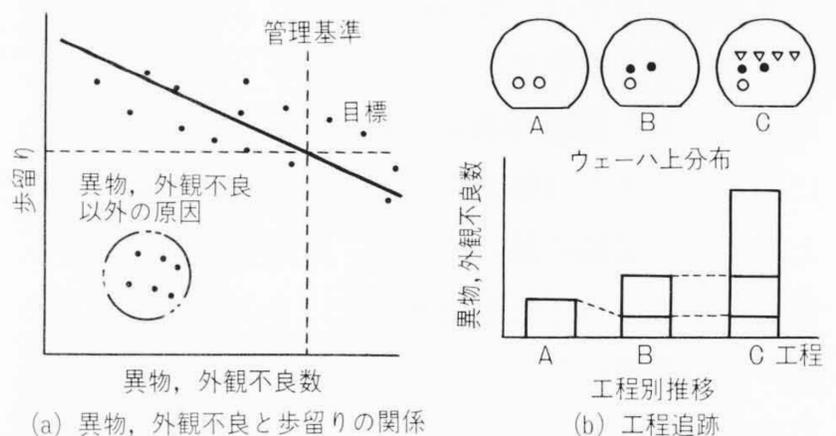
異物や外観不良と歩留りの関係を工程ごとに解析する。異物や外観不良による歩留り低下が著しい工程を、重点管理工程とする。

(2) 水準管理

上記の管理基準に従い、工程別に異物や外観不良の発生数、大きさなどを管理する。

(3) 工程追跡

異物や外観不良が増加したとき、同一のウェーハに着目して、異物、外観不良の付着、脱落の来歴を調べ、いちばん発生量の多い工程(異常発生工程)を捜し出す。



注: 記号説明 ○(A工程付着), ●(B工程付着), ▽(C工程付着)

図2 解析方法 歩留りと異物、外観不良数の関係を調べ、管理基準を設定したり、異物や外観不良の付着位置を工程順に比較して、付着、脱落の状況を解析する工程追跡を行う。

(4) 重ね合わせ

異常発生工程を通過したウェーハ上の異物、外観不良の分布を重ね合わせ、分布の偏りを顕在化する。発生原因によって特徴的な分布を示す場合があり、発生原因となった装置、治具などが推定できることがある。

(5) 異物と外観不良の突合せ

外観不良を検出した際、同じウェーハに関する、それより前の工程の異物検査データと照合して、同じ位置に外観不良があるかどうかを調べる。同じ位置に異物があった場合、その異物が外観不良の原因であると考ええる。

(6) 電子顕微鏡とのリンク

異物検査装置、外観検査装置と電子顕微鏡をリンクし、それぞれの検査装置で検出した異物や外観不良の位置を、電子顕微鏡で観察できるようにする。これにより、異物や外観不良の詳細な観察が可能になる。

上記(1)から(4)までの機能は異物検査装置、外観検査装置それぞれ単独のデータを基に解析できる^{1)~3)}。しかし、(5)、(6)の機能を実現するには、異物検査装置と外観検査装置および電子顕微鏡の座標系を合わせ込む必要がある。そのため、今回これらのデータの変換手段を開発した。

3 システム構成

このシステムは外観検査装置としてWI-880、異物検査装置としてIS-3270に対応している。各検査装置の仕様を表1に示す。これらの検査装置からネットワーク(IEEE802.3規格準拠)を通じてデータをワークステーション

表1 異物・外観検査装置の仕様比較

ともに製造途中のパターン付きウェーハを対象に検査を行うことができる。

検査装置項目	外観検査装置(WI-880)	異物検査装置(IS-3270)
検査対象ウェーハ	φ125, φ150, φ200 (メモリ, ロジックなどのチップ比較可能製品)	φ125, φ150, φ200 (パターン付きウェーハ, 鏡面デポ膜付きウェーハ, 鏡面ベアウェーハ)
検出感度	0.2 μm, 0.25 μm, 0.3 μm	0.6 μm以上 (パターン付きウェーハ) 0.2 μm以上 (鏡面ベアウェーハ)
検査時間	感度に依存 40 s/cm ² , 25 s/cm ² , 17 s/cm ²	約70 s(φ150)
装置サイズ	幅1,050×奥行き1,300×高さ1,725(mm)	幅1,000×奥行き1,000×高さ1,800(mm)
外部出力	IEEE802.3規格準拠	RS-232C

ョンに収集している。これらの装置を63ページの図に示す構成で統合化した。WI-880とIS-3270は検出した異物や外観不良を観察する光学系を持っている。さらに、それらの座標を電子顕微鏡に送り、詳細な観察を行うこともできる⁴⁾。電子顕微鏡としては、S6000シリーズなどに対応する。

収集されたデータは6か月間データベース上で管理し、必要に応じてワークステーション上で解析される。さらに、ネットワークを介して上位の歩留り管理システムとの結合ができる。

4 検査装置の座標系管理

4.1 座標による異物、外観不良の同定

同一のウェーハを異なる工程で検査し、同じ個所に異物または外観不良が検出されたならば、それらは同じものと特定できる。また、何もなかった個所に、異物または外観不良が検出されたならば、前の検査後に発生したと考えられる。こうして工程ごとに付着した異物数を数え、最も付着数の多い工程を抽出するのが工程追跡の手法である。工程追跡の問題を図3に示す。一つ目の問題は、座標測定でのステージのアライメント誤差などによる再現性の問題である。座標測定値に対して、アライメント誤差 d よりも大きな比較基準 R を設定し、異物を識別しなければならない。また、二つ目の問題は、接近異物による誤認である。接近した異物を次工程で自身と同一の異物と誤認することである。この誤認を避けるために、比較基準 R はできるだけ小さくしなければならない。WI-880の検査データを解析する際には、この比較基準 R

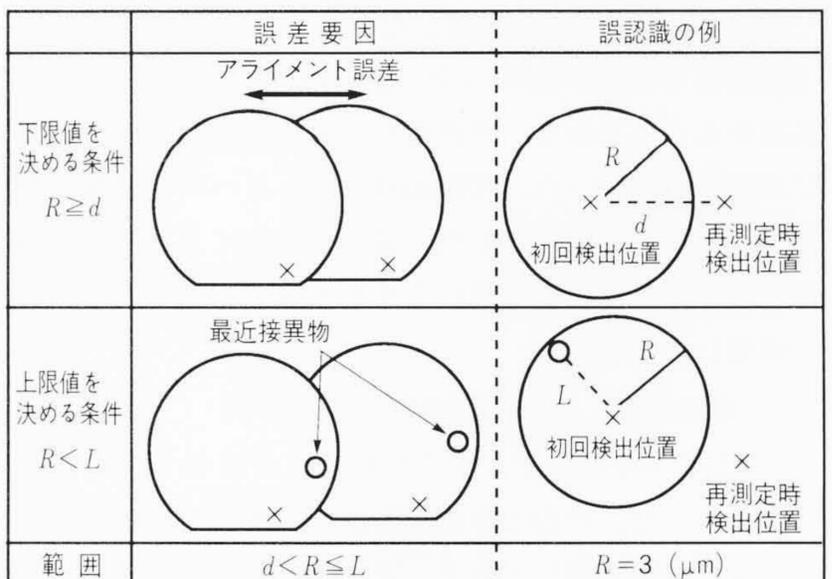


図3 座標比較基準(許容値) R の設定

位置比較の際、基準値 R は装置のアライメント誤差よりも大きくなければならないが、大きすぎると隣接した異物と区別がつかなくなる。

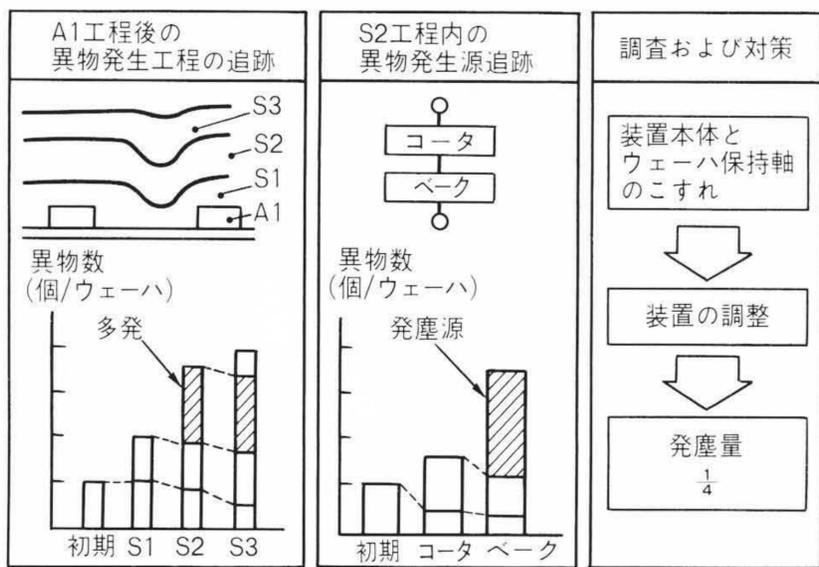


図4 異物検査データ解析の例
付着した座標を管理することによって異物の発生工程，装置を追跡できる。

を3μmとしている。

4.2 座標系の相違

異なる検査データ，つまり異物検査装置のデータと外観検査装置のデータの間で，単純に座標を比較して工程追跡を行うことはできない。異物検査装置と外観検査装置は，それぞれの検出原理に最適なステージ制御方法と座標系を持っているからである。そのため，このシステムは各検査装置の座標系の相違をシステム内部で変換する機能を持たせた。したがって，座標データによって異物と外観不良を識別することができる。

5 解析方法

5.1 異物検査データの解析例

工程追跡により，原因装置を特定した例を図4に示す。A1工程後，S1，S2，S3と異物検査を行った。そして，各工程で新たに付着した異物だけ摘出すると，S2工程に多いことがわかった。S2工程はコータとベーク装置から成っており，それぞれの装置にかけた後で，再び異物検査を行った。工程追跡によってベーク装置の発塵量が多いことが判明した。装置を調査すると，装置本体とウェーハ保持軸の間にこすれが見つかった。調整後，発塵量は $\frac{1}{4}$ になった。

5.2 異物検査，外観検査の統合解析の例

D工程でWI-880によって外観不良が多発していることがわかった。そのときの解析例を図5に示す。パターンショートが多発しており，そこで，パターン短ートの対策を最優先で行うことにした。まず，D工程よりも前のA，B，Cの各工程で異物工程追跡を行った。するとC工程で異物が多く付着していた。このC工程の異物とパ

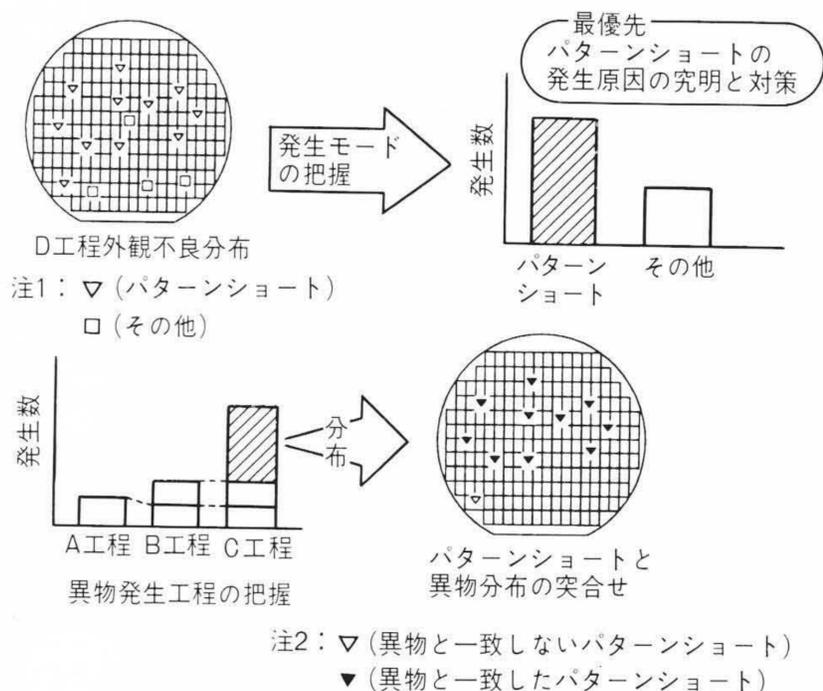


図5 異物検査・外観検査統合解析の例
外観不良を引き起こした異物が発生した工程が特定できる。

ターンショートの分布を突き合わせたところ，それらの分布はよく一致した。したがって，D工程のパターンショートは，C工程の異物が原因であることがわかった。

6 おわりに

ウェーハ異物・外観統合解析システムは，異物や外観不良の低減を図るために，検査装置からのデータをオンラインで収集し，解析するものである。異物検査，外観検査の座標データを相互に変換できるので，異物や外観不良単体の管理だけでなく，外観不良の原因となった異物の特定もできる。さらに電子顕微鏡とも座標変換手段を持っているため，異物や外観不良の詳細な観察が容易にできる。このような機能を持つシステムは，量産ラインの立上げの短期間化を図る強力なツールである。クォータミクロン時代を迎え，各検査装置単体の機能向上はもちろんのこと，こうした解析システム全体として統合化する必要性が増すであろう。

参考文献

- 1) 石川，外：日本品質管理学会，第20回年次大会研究発表要旨集，4～8(1990-10)
- 2) 石川，外：日立電子エンジニアリング技報，創刊号，4～7(1991-1)
- 3) 秋山，外：ウェーハ異物検査システムの活用法，日立評論，73，9，879～884(平3-9)
- 4) 福井，外：日立東エレTechnical Report No. 8，24～29