

# ウェーハダイシング工程に於ける静電気 障害対策(CO<sub>2</sub>バブラー)

元ルネサス那珂セミコンダクタ取締役 岡元 正芳



## 1. はじめに

筆者は1969年に国立高専卒業後、日立製作所で半導体事業中核の武蔵工場に配属になり MOS デバイスの製造技術業務を担当させて頂いた。

この度、半導体産業人協会から半導体デバイスのウェーハダイシング工程の品質改善として時代をリードした「静電気障害対策」をテーマに、投稿するように要望があり、その概要について記述する。

## 2. 緒言

MOSLSI は、機能増大、素子性能向上の市場要求が年々強くなり、これに対応するために半導体プロセスも、より微細加工およびプロセスのクリーン度の向上が年々進んで来た。この様な状況下に於いて従来は問題とならなかった工程で、種々の不具合が発生し、この中の一つとして、ウェーハダイシング工程に於ける静電気障害があった。この代表例として、昭和 57 年 6 月のチップ出荷品(顧客にてチップを基盤実装)デジタル腕時計用 IC の顧客不良、同年 8 月の SRAM 顧客不良、また昭和 56 年後半より顕著となってきた 4bit マイコンの間欠的な選別歩留の低下が挙げられる。これらのトラブルの解析結果、静電気による素子破壊および電気的特性の劣化であることが判明した。また、静電気発生工程の調査結果、超純水を使用しているウォータージェット洗浄工程に於いて、最も大きな静電気が発生しており、ここで素子不良が発生していることが明確となった。当工程での静電気障害が発生した要因として、下記 2 点が考えられる。

- ① ダイシングおよびその後のウェーハ洗浄工程に使用している純水の純度向上によりその比抵抗が 17 ~ 18MΩcm と高くなり静電気発生ポテンシャルが大
- ② ウェーハプロセスの微細化が進み、また、デバイスへの新設計手法の取り込み等により、素子そのものの静電気に対するマージン小

後者の要因に対しては一部品種の設計変更で対処したが、所詮は、源流を清め、今後更に進歩するであろう

微細加工プロセスに対応するために前者の問題を解決する必要がある。静電気発生そのものの原理は、異種の絶縁物同志の摩擦により電荷が誘発され帯電する事である。今回の例では、半導体ウェーハ表面と純水の摩擦により発生するものであるが、ウェーハ表面そのものは良好な絶縁物であり、また本来の目的そのものである。従って、純水に着眼し、実験および対策を進めた。純水の比抵抗、水圧と静電気発生量、素子不良率との関係をモデル実験により確認し、静電気発生量は、純水比抵抗を 1MΩcm 以下とする事により皆無となる結論を得た。また、この具体的方法として CO<sub>2</sub> ガス添加により純水の比抵抗を下げたが、適用後の製品品質は非常に良好であった。以下これらの経過および成果について報告する。

## 3. 製品事故例および不良発生工程調査

緒言にて述べたように種々の静電気障害による製品事故が発生したが、ここではその例を説明する。

### 3 1. デジタル腕時計用 IC 不良発生状況、解析結果

デジタル腕時計用 IC チップ出荷品の顧客不良が昭和 57 年 6 月に発生、不良率は 4% であり、不良モードは、機能停止不良および電源切換回路の誤動作による消費電流大不良であった。前者については図 1 に ROM 部トランジスタの Gate 部ポリ Si に破壊跡が見られた。これは、外部より静電気が印加されて起る所謂 Gate 酸化膜破壊の痕跡である。

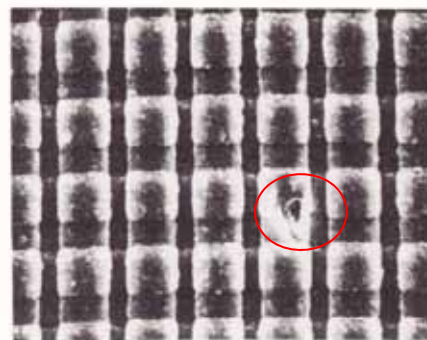


図 1. ROM 部破壊跡 (SEMx1460)

後者については、図 2 に示す電源切換回路に使用している高抵抗(ノンドープ)ポリ Si の抵抗値が低下し、切換機能が不可となったため、ロジック内部への電源供給が、1.5 (V)となるべきところが、3.0 (V)となり、消費電流大となったものである。本不良は、チップ表面をイオンブローにより除電しても回復しないが、紫外線照射(照度 1000 $\mu$ W/cm、時間 20 分)により良品レベルに回復する。

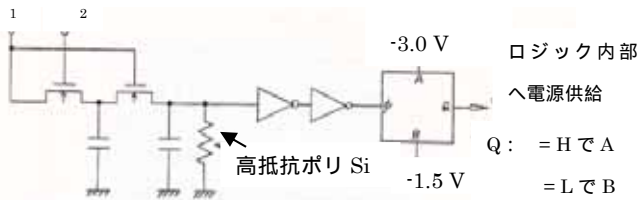


図 2. デジタル腕時計用 IC 電源切換回路

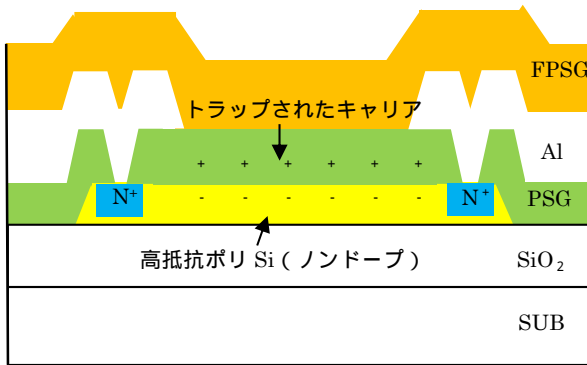


図 3. 高抵抗ポリ Si 抵抗値低下モデル

この事より不良モデルとしては、図 3 に示すように PSG 膜中に正の電荷がトラップされており、このためノンドープポリ Si 表面に負の電荷が誘起され N 型のチャンネルが形成される。この結果、抵抗値が低下したものと推定される。PSG 膜中に、正電荷がトラップされる原因は、次節で詳細述べるが、チップ表面が静電気により帯電するためである。今回の不良は何れも静電気起因と考えられるので以下、静電気に注目して工程調査を行った。

### 3-2. 不良発生工程調査

デジタル腕時計用 IC はチップ出荷品種であり、プローブ検査から出荷検査までの工程に限定出来る。不良発生工程追跡調査のフローおよび結果を図 4 に示す。

ダイシング後のウォータージェット洗浄工程で不良が発生しており、静電気発生量も当工程が最も大きく、約 1000 (V) 発生している。図 5 にウェーハ内の不良発生分布を示すが、不良はウェーハ中心部に集中している。この事について説明すると、まず、洗浄機の構造と作業シーケンスを図 6 に示す。

作業フロー	不良率 (%)	作業中静電気 (V)	作業終了直後静電気 (V)
プローブ検査	0	—	—
ダイシング	0	200~300	0
ウォータージェット洗浄	10~40	800~1000	-500~-800
ブレーキング	—	—	—
出荷検査	0	—	—

図 4. 不良発生工程追跡調査フローおよび結果

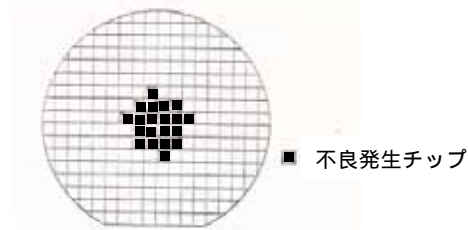


図 5. ウォータージェット洗浄後ウェーハ内不良分布

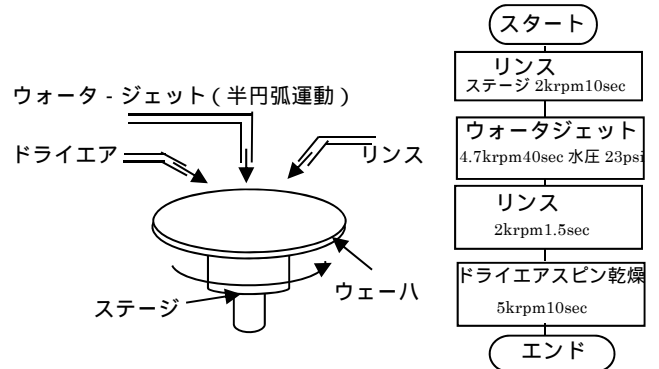


図 6. ウェーハ洗浄機の洗浄部構造とシーケンス

ウェーハは高速回転しており、ウォータージェットノズルは、ウェーハ中心部をよぎる半円弧往復している。このため、ノズルから出てくる純水とウェーハ表面との接触すなわち、摩擦頻度は、ウェーハ中心部が最も高い。つまり、静電気発生量が最も大きいため、この部分に不良が集中するものと考えられる。

また、当不良の内訳は、消費電流大不良 8 割、機能停止不良 2 割である。前者については紫外線照射により全て良品に回復する。(但し、イオンブローによる除電では回復しない。) 後者については、3 1 で述べたものと同モードであり、ROM 部の不良である。

以上により、ウォータージェット洗浄工程にて静電気起因不良が発生する事が実証出来た。なお、今回の調査では、不慮発生無かったがダイシング中にも静電気の発生があり、マージンの無い製品については不良発生のポテンシャルがある。

#### 4. 静電気発生量低減方法

前章で、ダイシング後のウォータージェット洗浄工程に於いて、静電気発生量が最も大きい事が判明したが、本工程を用いて、純水の比抵抗、ウォータージェットの水压と静電気発生量および特性変動量の関係を以下述べる。なお、純水の比抵抗の制御は CO<sub>2</sub> ガスを用いて、純水への混合量を調整する事により行った。

##### 4-1. 純水比抵抗と静電気発生量

ウォータージェット洗浄中に発生する静電気の純水比抵抗依存性を図 7 に示す。これより判るように、純水比抵抗が大きくなると静電気発生量も大きくなる。また、ウォータージェットの水压も大きくなると静電気発生量が大きくなる。

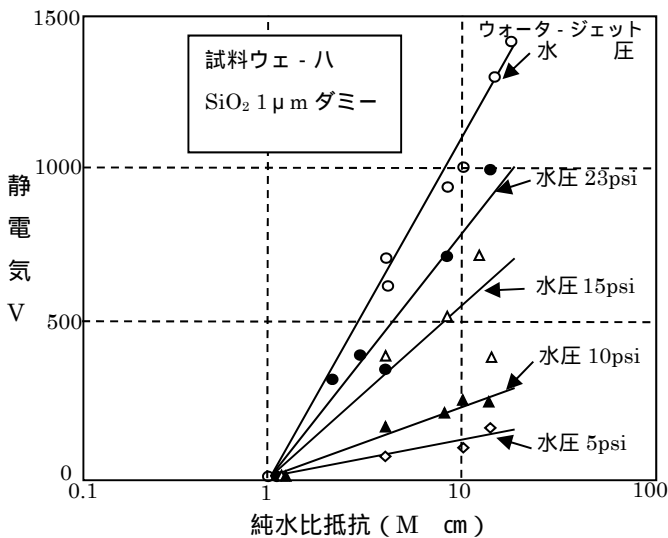


図 7. 洗浄中に発生する静電気の純水比抵抗依存性

図 8 に洗浄直後のウェーハ上静電気の純水比抵抗依存性を示す。この場合、ウェーハ上の静電気は時間と共に減少するので精度そのものは良くない。しかしながら傾向的には、洗浄中に発生する静電気と同じように、比抵抗、ウォータージェット水压が大きくなると静電気量も大きくなる。以上の結果より純水比抵抗を 1MΩcm 以下にすれば水压に関係なく静電気の発生量を皆無に出来る事が判明した。

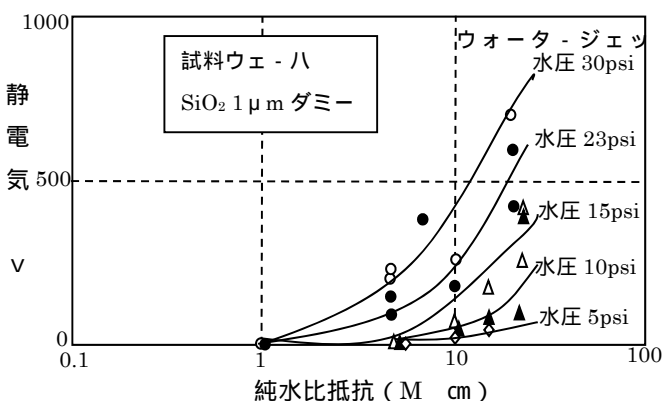


図 8. 洗浄直後のウェ-ハ上静電気の純水比抵抗依存

##### 4-2. 純水比抵抗と高抵抗ポリSi抵抗値変動

ウォータージェット洗浄での静電気により高抵抗ポリSiの抵抗値が変動する事は第 3 章で述べたが、この変動量の純水比抵抗依存性を図 9 に示す。

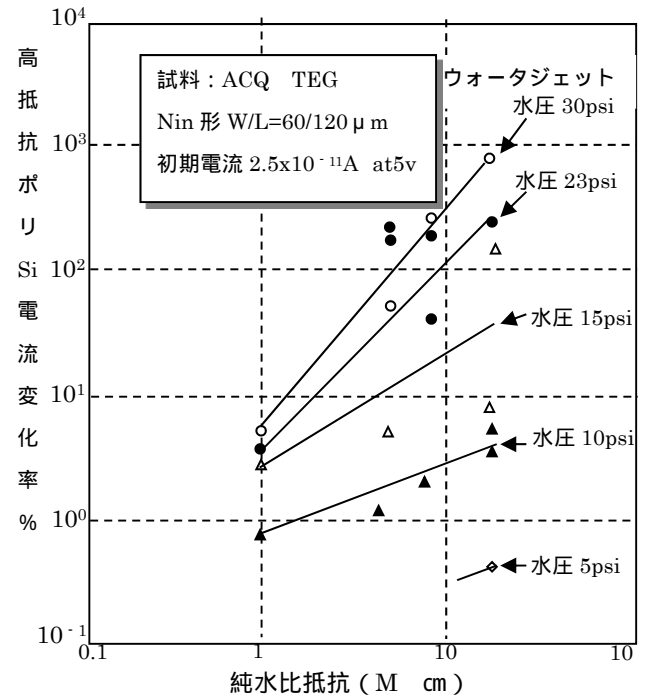


図 9. 洗浄後高抵抗変化率の純水比抵抗依存性

ここでは、高抵抗の変動を電流の変化率で表現してある。これより、純水の比抵抗およびウォータージェットの水压を大きくすれば高抵抗の変化率も大きくなる事が判る。従来の作業条件である純水比抵抗 17~18MΩcm、ウォータージェット水压 23psi に於いては、約 2 桁も抵抗値が変動している。純水の比抵抗値を 1MΩcm 以下にすれば、高抵抗の変動量は数%以下にすることが出来る。

以上により、ウォータージェット洗浄工程に於いて発生する静電気、特性変動は、純水比抵抗を 1MΩcm 以下にすることにより対策可能である。

#### 5. CO<sub>2</sub> バブラー導入検討

静電気障害対策として、純水の比抵抗を下げれば良い事が判った。この具体的な手段として、純水に CO<sub>2</sub> ガスをバブリングし、比抵抗を制御する方法を検討した。この概略図を図 10 に示す。CO<sub>2</sub> ガスは、0.2μm フィルターを通し純水中にバブリングし、更に 0.2μm フィルターを通し生産装置(ダイサー)へ供給する。比抵抗の制御は、比抵抗計と CO<sub>2</sub> 流量調整弁をフィードバックループとすることにより行う。なお、比抵抗の規格は、装置の精度上 0.05~1MΩcm とした。

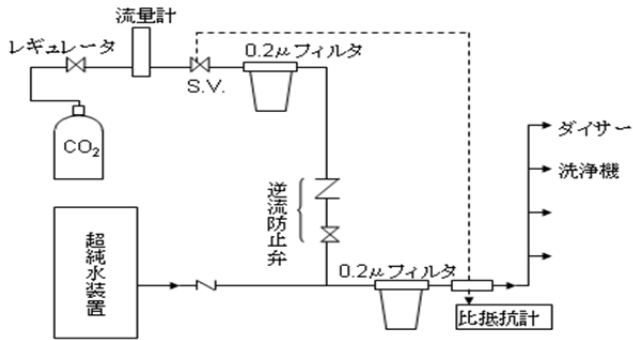


図 10 . CO<sub>2</sub> バブラー装置概略図

5-1. 水質検査 下記の通り規格満足し問題無し

項目	規格	CO <sub>2</sub> バブラー	Ref.
0.2μm 以上固形物	10ppm 以下	0.21	0.02
培養コロネル数	5 個/mol 以下	0.02	0.1
塩素イオン濃度	0.1ppm 以下	0.032	0.018

5-2. 耐湿性試験 下記の通り不良発生無く問題無し

試験項目	24hr 後	120hr 後	1000hr 後
W/B 後(B)	0/210pad	0/210pad	—
PMC 後(B)	0/205pad	0/205pad	—
65 95 % 放置+OP			0/97 個

注: 上記分子は不良発生数

(B)はデシケータ内放置 AL 腐食加速試験

5-3. 量産試作品の後工程歩留

ダイシング後チップ外観検査歩留

CO<sub>2</sub>適用品: 98.9% 従来品: 98.5%で問題無し

組立(W/B~パッケージング)歩留

CO<sub>2</sub>適用品: 98.8% 従来品: 98.5%で問題無し

③ 選別(ファイナルテスト)歩留

4bit マイコン CO<sub>2</sub> 適用品: 97.4% 従来品: 95.0%

ゲートアレー CO<sub>2</sub> 適用品: 85.2% 従来品: 77.4%

で歩留改善が見られた。

以上の検討結果より、純水比抵抗を下げるための手段としての CO<sub>2</sub> バブラー導入は問題なく、当工程での静電気障害対策として有効であることが確認出来た。

6. 量産適用結果

CO<sub>2</sub> バブラーを量産適用した結果の代表例を述べる。

6-1. デジタル腕時計用 IC 出荷検査

図 11 に出荷検査のロットアウト率(LR)、不良率(P)を示す。CO<sub>2</sub> バブラー導入後は不良無く良好であった。

6-2. 4bit マイコン選別(ファイナルテスト)歩留

4bit マイコンの選別歩留は、機能なし不良で金属顕微鏡観察では不明の不良が間欠的に発生し、このために

不安定であった。その後の調査で、ダイシング工程の装置により差があり、全自動ダイサーの方が半自動ダイサーより高い事が判明した。全自動ダイサーはウェーハ洗浄にジェット方式を用いており、半自動ダイサーは超音波または流水洗浄方式を採用している事から、前者の方が静電気発生量が多い事に起因している。従って、ダイシング工程での静電気障害により選別歩留が不安定となっていた。このような状況下、ダイシング工程に CO<sub>2</sub> バブラー導入を行ったが図 12 に示すように、本不良を 0% 近くまで低減出来た。

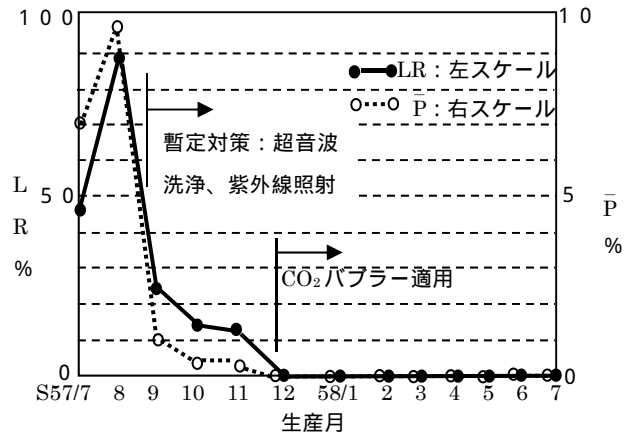


図 11 . デジタル腕時計用 IC 出荷検査 LR、P

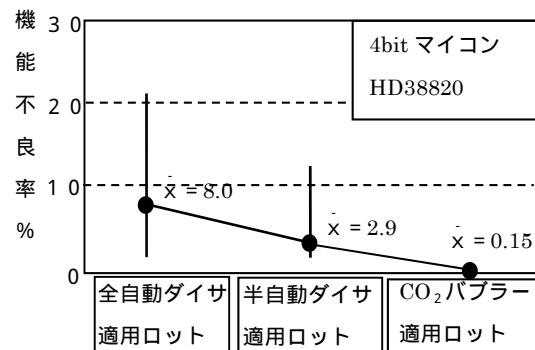


図 12 . CO<sub>2</sub> バブラー適用品の機能不良率

7. 結論

本仕様は日立半導体グループの標準仕様として社内及び国内外関連会社に展開し、静電気障害を対策し顧客不良、後工程歩留の改善、安定化に貢献出来た。

8. おわりに

特許出願に関しては諸般の事情により社内で止まったが、プラントメーカー経由と推定されるが、結果として国内、海外の同業他社に『CO<sub>2</sub> バブラー』の名称で広く導入され、現在では必要不可欠の標準技術となっており、OB として半導体技術の進展に貢献出来た事は幸甚でした。また、今回の寄稿の機会を与えて頂いた半導体産業人協会関係者各位に感謝致します。