

広島工業大学におけるクリーンルームの維持および管理

田 中 武*・川 畑 敬 志*

(平成3年9月30日受理)

Maintenance and Control of Clean Room Equipped for Electronics Education in the Hiroshima Institute of Technology

Takeshi TANAKA and Keishi KAWABATA

(Received Sept. 30, 1991)

Abstract

The microelectronics industry in Japan has grown rapidly in recent years. In general, all steps in the semiconductor process are implemented in a clean room. The air in the clean room is maintained at a well-controlled temperature and is continuously filtered and recirculated. Also the air in the clean room is monitored and classified with respect to particulates. A "class 1000" environment has a maximum of 1000 particles per cubic foot with particle size larger than $0.5 \mu\text{m}$. Five years have passed since the clean rooms of class 1000 and 10000 in the Department of Electronics, Hiroshima Institute of Technology was established in 1986. An outline and the know-how on the maintenance of the clean room is described.

Key Words: Clean Room Maintenance of the Clean Room

1. 序

最近の社会生活に必要な設備および機器が急速にエレクトロニクス化され、集積回路(IC)は、「産業のコメ」と呼ばれるほど、社会生活に必要不可欠な電子デバイスである。そのため、これから発展が期待できる集積回路の製造プロセスおよび利用に関する基本的事項の教育および研究を大学において実施することは社会的意義が大きいと考えられる。現在の大規模集積回路(LSI)の製作プロセスにおいて、サブミクロンオーダーの微細加工を再現性を保ちながら実行するには、温度、湿度、およびダスト数が厳密に管理されたクリーンルームが必要である。このような背景の基でクリーンルームを実際に用いた教育を、電子工学分野を学んで卒業する学生に対して行なうことは重要である。ク

リーンルームの使用、維持および、管理については講義のような机上の学問でなく、学生自身が実際にクリーンルームを体験することにより、自ら学んでいけるようにする必要がある。また、クリーンルームの特長を活かした研究も継続的に行なう必要がある。

上記の目的を達成するために広島工業大学電子工学科にクラス1,000、10,000のクリーンルームが昭和61年に電子工学科の移転に伴い設置され、5年を経過した。そこで、クリーンルームの維持および管理について報告する。

2. 広島工業大学工学部電子工学科クリーンルームの概要

最初に、クリーンルームについて簡単に説明すると、クリーンルームとは、「ある部屋の空気中の塵、微粒

* 広島工業大学電子工学科

子を所定の数以下にし、その部屋の圧力、温度、湿度、気流分布およびその形状と速さを一定範囲に制御するために作られた部屋」である。そして、クリーンルーム内の清浄度は、クラス100, 10000, 100000と表現される。クリーンルームの概要を理解するために、ある粒径以上の浮遊微粒子密度の粒子粒径依存性¹⁾を示す(図1)。米国連邦規格 (Fed. Std. 209b) によるクリーンルームの清浄度において、クラス100とは、空気1立方フィート(約28.3ℓ)中に含まれる0.5μm以上の微粒子の数が100であることを示している。

クリーンルームを大きく分けると、インダストリアルクリーンルーム(ICR)とバイオロジカルクリーンルーム(BCR)がある。電子工学に関連する各種産業におけるICRの清浄度²⁾を図2に示す。更に、近年著しく進歩した半導体プロセス技術を含むマイクロエレクトロニクス分野における清浄度のレベルとMOSLSIメモリに代表される半導体集積回路の集積度³⁾をまとめて図3に示す。

また、クリーンルームのクリーン度を維持していくためには、基本的にクリーンルームの4原則を守る必要がある。それは、

- ① 微粒子を部屋に入れないこと。
- ② 微粒子を極力排除すること。
- ③ 微粒子の発生を防ぐこと。

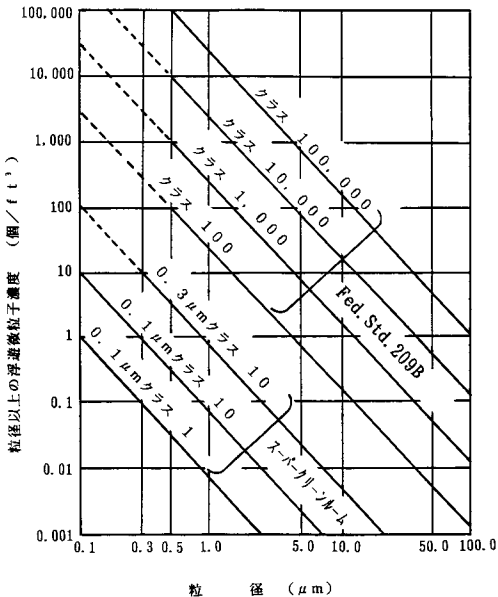


図1 従来のクリーンルーム規格とスーパークリーンルーム

④ 微粒子の堆積を防ぐこと。
である。

この4原則を実施する方法として、クリーンルームにおけるクリーン服の着用およびエアシャワーを浴びてクリーンルームに入室する。また、実験に必要な器具を持ち込む場合、その数を必要最少限とし、機器に対して窒素ブローおよびアルコール拭きを行なうことにより、可能なかぎり微粒子を取り除く必要がある。また、定期的にクリーンルームの清掃を行なう必要がある。

クリーンルーム内の清浄度は、清浄な空気を取り込み塵埃の含んだ空気を排出することにより維持される。したがって、この換気をする速さ、すなわち単位時間当たりの換気回数⁴⁾がその部屋の清浄度を左右する。清浄度と換気回数および風速の関係⁴⁾を表1に示す。これらの値は目安であり、クリーンルームの使用条件により異なる。

次に、クリーンルームの風量について検討する。一般の部屋に比べて、循環風量が10~30倍になる。しかし、大気の人体への影響という観点からあまり問題になっていない。ビル衛生管理法⁵⁾では、室内の風量は0.5 m/sec以下の速度とされている。実際のクリーンルームの気流方式⁶⁾を表2に示す。クリーンルームの清浄度によって5種類に分けられている。

本学電子工学科に設置されたクリーンルームの方式は、乱流方式+クリーンベンチ併用方式と呼ばれ、高い清浄度を必要とする作業領域をクリーンベンチをもちいることによって容易に作ることができる。更に作業領域の変更にも対応が可能である。

次に、クリーンルーム内の装置の配置図を図4に示す。本学電子工学科のクリーンルームは、2部屋(化学室およびEDルーム(E. D. R))で構成されている。化学室には、ランプ炉、熱酸化炉、クリーンベンチ等が設置されている。更に、この部屋は、半導体プロセスで使用するフォトリソが使用できるように、すなわちレジストが感光しないように、黄色の部屋にすることが出来る。

一方、E. D. Rには、プラズマCVD装置、集積回路教育実習システム、X線光電子分光装置が設置され、基本的な半導体製造プロセスの教育および研究が可能である。

3. クリーンルームの維持および管理

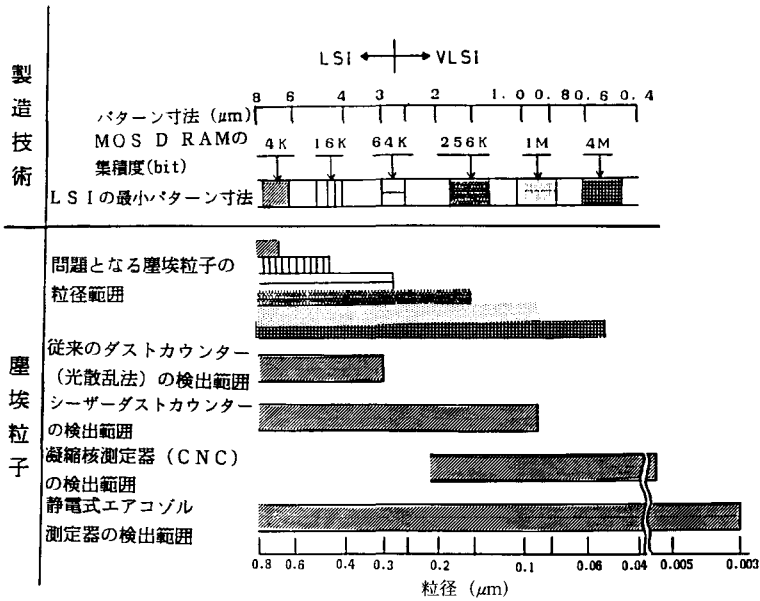
クリーンルームの管理運営に関しては、電子工学科内にクリーンルーム運営委員会を設置し、クリーン

広島工業大学におけるクリーンルームの維持および管理

産業分野	用途	清浄度	ク ラ ス				
			10	100	1,000	10,000	100,000
半導体工業	結晶精製						
	拡散						
	エッチング工程						
	位置合わせ						
	表面処理						
	金属蒸着						
	組立て・試験						
	原料						
	研磨						
	こん包						
	半製品保存						
レーザー業	ガスレーザー						
	固体レーザー						
	半導体レーザー						
	レーザーメス						
光学機器	レンズ研磨工程						
	目盛り彫刻						
	医学用カメラ加工・組立て						
	レンズはり合わせ工程						
	フィルム製造・乾燥						
	マイクロフィルム、現像、乾燥						
	組立て						
	塗装						
時計・精密機械	試験、検査						
	電子時計・部品組立て						
	ロケット用部品加工・組立て						
	人工衛星制御装置						
	高信頼度部品・装置						
	ミニチュアベアリング						
	普通ベアリング						
電子計算機	組立て、検査						
	磁気ドラム						
	磁気テープ						
電子計測器	加工、組立て、試験、検査						
	ブラウン管						
	高信頼管						
	ビジコン						
	プリント板						
	小型リレー						
	精密電気計器						
部品、加工、組立て、検査							

宇宙光学・新素・新材料に ICR を必要とする。

図2 インダストリアルクリーンルーム



(注) 現在では4M MOS D RAMが製造されている。

図3 LSIの進歩と問題となる粒径範囲

表1 清浄度と換気回数および風速

項目	室内循環回数	室内面風速
清浄度		
Class 10 以下 (0.1 μm)	—	0.25—0.45 m/s
Class 100 以下 (0.1 μm)	—	0.15—0.45 m/s
Class 100 以下 (0.5 μm)	—	0.15—0.45 m/s
Class 1000 以下 (0.5 μm)	40—80回/H	—
Class 10,000 以下 (0.5 μm)	25—35回/H	—
Class 100,000 以下 (0.5 μm)	15—20回/H	—

(室内循環回数の天井高基準をCH-3^mとする。)

ルーム管理責任者、運営委員長を中心にクリーンルームの維持管理が行なわれている。また、クリーンルームの清掃は、使用している研究室により他の一般の部屋とは異なり毎週一回クリーンルーム用雑布および掃除機を用いて、天井から床まで大掃除が行なわれている。また、週に1回、クリーンルームのクリーン度の測定を行なうなど、きめ細かい管理によりクラス1000で設計されている化学室のクリーン度はクラス50程度、一方クラス10000の設計のEDルームは、クラス100程度と2桁近く小さい値を維持している。

クリーンルームにおいて空気中のダスト数を厳密に管理するために空気を清浄化する行程を理解するため、クリーンルームにおける空気の循環経路の概略を

示す(図5)。E. D. R から排気された空気は、プレ・フィルターを通過する。またクリーンルームは密封された空間であるので、換気のためにフィルターを通った外気を導入する。これらの空気は送風機に送られ、高性能フィルター HEPA (High Efficiency Particulate Air Filter) を通じて、再び E. D. R に供給される。こういった順路により清浄化された空気の循環が行われる。

以上のことから、クリーンルームの空気に直接触れるプレ・フィルターや、外気の汚れを取るフィルターを定期的(2週間毎)に掃除をすることにより、HEPA フィルターの負担を軽減させ、クリーンルームのダスト数を一定のレベルに保つことができる。

表2 クリーンルームの気流方式

基本形	特徴と実用清浄度
	<p>①乱流方式 (Conventional air flow Type)</p> <p>②クラス100,000以上 (換気回数15~25回/H)</p> <p>③最も簡易な方式, ラフなクリーンルームに適用。</p>
	<p>①乱流方式 (Conventional air flow Type)</p> <p>②クラス1,000~100,000 (換気回数20~80回/H)</p> <p>③最も普及的な方式。極めて応用範囲の広いシステム。</p>
	<p>①乱流方式+クリーンベンチ併用方式 (Conventional air flow & Clean bench Type)</p> <p>②クラス・乱流方式部1,000~5,000 ・クリーンベンチ部100 (作業域)</p> <p>③高度洗浄を必要とする作業域を容易に作る ことができ, 作業域の変更にも対応が可能。</p>
	<p>①垂直整状流方式 (Vertical laminar air flow Type)</p> <p>②クラス10~1,000 (風速 0.15~0.3 m/sec)</p> <p>③ダウンフローにより全域にわたり高清浄度を維持。</p>
<p style="text-align: center;">クリーントンネル</p>	<p>①クリーントンネル方式</p> <p>②クリーントンネル内 クラス10~1,000 (風速 0.15~0.3 m/sec)</p> <p>③超清浄度を必要とする作業域を作ることができる。</p>
<p> フィルターの種類 ロールフィルター 中性能フィルター HEPAフィルター 送風機 </p>	

3.1 クリーンルームの掃除方法

クリーンルームのクリーン度を設計された値に維持するために、クリーンルーム内の壁、照明器具や実験装置類に堆積あるいは付着した微粒子やミスト等のクリーンルームの汚染物質を除去する必要がある。

クリーンルームを清掃するメンバーは、本学電子工学科のクリーンルームを使用する研究室の学生（3、

4年生）で構成される。クリーンルームの清掃は、クリーンルーム作業終了後が望ましい。しかしながら、教育および研究でクリーンルームを使用しているため、毎日の作業終了時刻が一定しない。したがって、毎週土曜日にクリーンルーム（化学室、E. D. R）の大掃除を行なう。クリーンルーム内の清掃時に、逆にクリーンルームを汚染物質で汚染しないようにするた

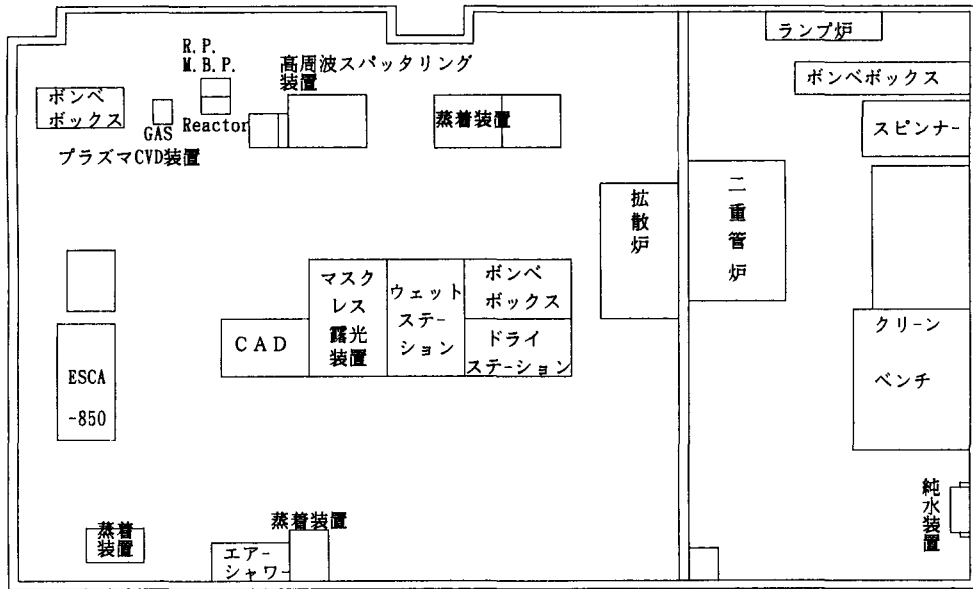


図4 化学室およびEDルームの装置配置図

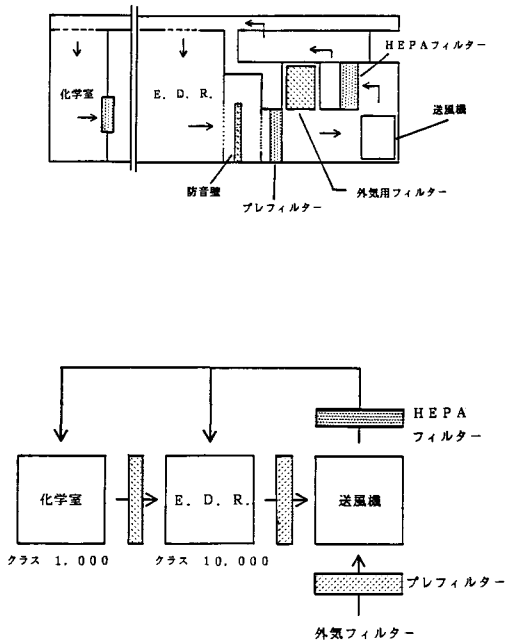


図5 広島工業大学電子工学科のクリーンルームの空気の循環経路

めに、実験の時と同じようにクリーン服を着用して清掃する。次に、本学電子工学科クリーンルームの清掃手順を示す(図6)。クリーンルームの清掃は、クリー

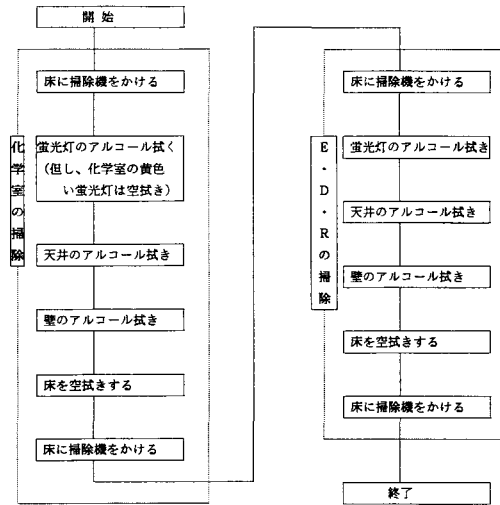


図6 化学室およびEDルームの清掃方法のブロック図

ンルームの空調が循環稼働している状態で行なう。清掃手順は、図5に示しているように、クリーン度の高い化学室(クラス1000)の方から行ない、引き続きEDルーム(クラス10000)の清掃を行なう。各部屋内部の清掃順番は、一般に位置の高い場所から、すなわち天井あるいは蛍光灯から始めて、次第に低い場所に移動し、最後に床面を清掃する。特に汚れた場所が

あれば本来の手順を参考にしながら、適宜清掃を行なう。

使用する清掃用具としては、真空掃除機、クリーンルーム用雑巾、脚立等が必要である。真空掃除機は移動式を用いているので、内蔵しているクリーンフィルタの管理が重要である。クリーンルーム用雑巾については、素材の吸湿性および吸水性と非発塵性を考慮する必要がある。更に、クリーンルーム用雑巾自体の洗濯も頻繁に行ない、早い時期に新しいものに交換する。

3.2 クリーンルームの運転と現状

本学のクリーンルームが、クリーンルームパッケージを稼働させ始めたときから何分経過すると所定のクリーン度に到達するかを調べた(図7)。パッケージを稼働させ始めると、クリーン度は良くなり、10分後にダスト数も一定になることがわかった。したがって、クリーンルームとして使用するためには、パッケージ稼働後、10分経過してから使用する必要があることが明らかになった。

次に、化学室および ED ルームのクリーン度の測定結果の一例を示す(図8)。ダストの粒径が増加す

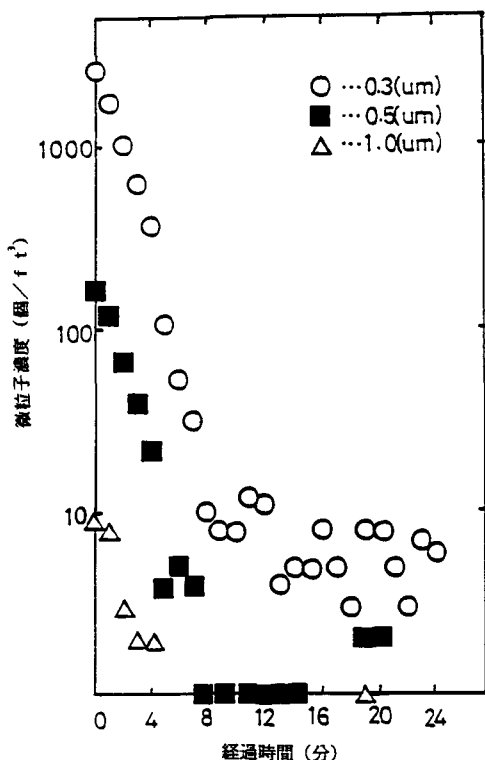


図7 空調を入れた時点からの時間経過に対するクリーン度の変化

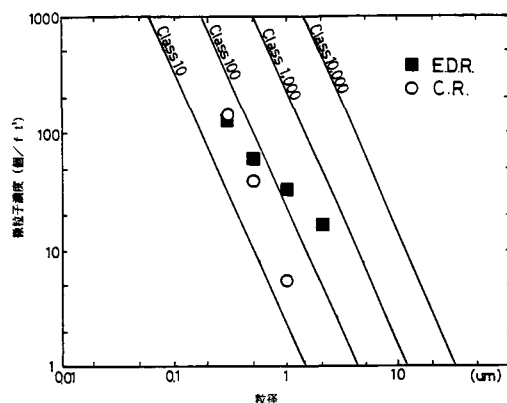


図8 化学室および ED ルーム中央付近のクリーン度の測定結果

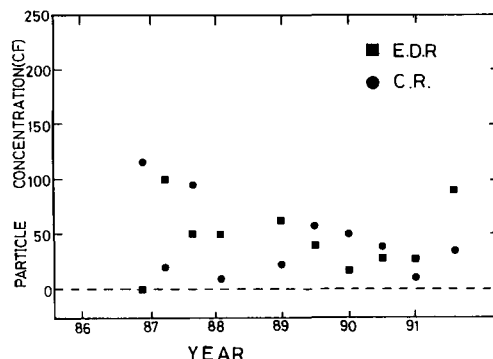


図9 クリーンルームが設置されてから現在までの化学室および ED ルームのクリーン度の状況

るに伴い、微粒子数は減少する。0.5 μm の粒径の場合、化学室および ED ルームともクラス100より小さい。最後に、本学電子工学科のクリーンルームが設置されてから今日までの化学室と ED ルームのクリーン度を示す(図9)。クリーンルーム設置後、クリーン度は年の経過とともに徐々に良くなっている。しかしながら、91年の後半から少し増加傾向が表れ始めているので、今後注意深く見守る必要がある。

文 献

- 1) 松本美韻, 早川一也, “クリーンルームの運転管理ハンドブック” NTS, 1987.
- 2) 小宮啓美ほか, “超 LSI 用クリーンルームをめぐる諸問題, コンタミネーションコントロールをめぐる最近の問題点”. (社)日本空気清浄協会, 1979.

- 3) 八島荘市, “富士電機のクリーンルームシステム
技術, クリーンルーム技術特集”. 富士時報,
Vol. 56, p. 342, 1983.
- 4) 神野信義, 阿部捷司, “クリーンルームの定義と
構造, クリーンルームとエアロゾル”. 日本空気
清浄協会, (1984).
- 5) 建築物における衛生的環境の確保に関する法律,
同施行令.