

## 表面付着粒子の測定法

このレポートについてのお問合せ先 TEL.03-3832-1731 部署/開発営業部 氏名/川又 亨

### §1 目的

清浄化の目標は、表面付着粒子を減少させることであり、空気を浄化することは間接的な目標である。今後、表面付着粒子を直接測定することがより重要となる。

### §2 現在の規格

現在、表面付着粒子の測定法に関する規格は以下の2点である。

- (1) 米国IES-RP-CC-006-84T  
「TESTING CLEAN ROOMS」9. PARTICLE FALLOUT COUNT
- (2) (社)日本産業機械工業会、(社)日本機械工業連合会「超清浄空間の評価基準に係わる調査研究」3.13表面沈着粒子

### §3 IES規格の概要

- (1) 目的：光散乱式粒子計数器で測定できない大粒子の測定
- (2) 測定状態：竣工時 (as built)、非作業時 (at rest)、作業時 (operational) において測定する。ただし、数字的にクラス分類はしていない。
- (3) 測定器と対象物
  - ・レーザースキャナー：シリコンウエハー (0.5~2 μm)
  - ・顕微鏡：ガラス板、メンブレンフィルター、ペトリ皿、(5 μm以上)
- (4) 暴露時間 4~48時間
- (5) 沈着率

$$\frac{(\text{暴露後計数値}) - (\text{暴露前計数値})}{\text{面積}} - \frac{(\text{操作による増加分})}{\text{面積}}$$

$$= \frac{\text{表面付着粒子}}{\text{面積}} \quad (\text{個}/\text{m}^2 \cdot \text{H})$$

### §4 (社)日本産業機械工業会規格

- (1) 清浄化の最終目標は、表面粒子濃度を減少させることである。
- (2) 本規格は、IES規格を参考とし、数値による分類を加えたものである。

(3) 基準粒子を0.2、及び2 μm以上としている。これは現状の表面検査装置の検出能力が0.2 μm以上であるためである。

(4) クラス記号をDPとする。

DP=Deposition Particulate

クラス分類は以下の通りである。

表1. 空気清浄度レベルと表面付着粒子レベル

空気清浄度レベル		表面付着粒子レベル
IES, RP-006 FS 209D	JACA JIS B 9920	日本産業機械工業規格
class 1	class 3	DP 3
10	4	4
100	5	5
1000	6	6

DP値は、理論沈着粒子数であり実際とは大差がある。

(5) 測定方法

A. 測定点

空気清浄度の測定 (JIS B 9920) と同一とする

- ・6点以上
- ・作業台高さ
- ・3 m × 3 m の中心
- ・大室では、20~30点とする。

B. 計数器

- ・シリコンウエハー
- ・レーザースキャナー

C. 暴露時間

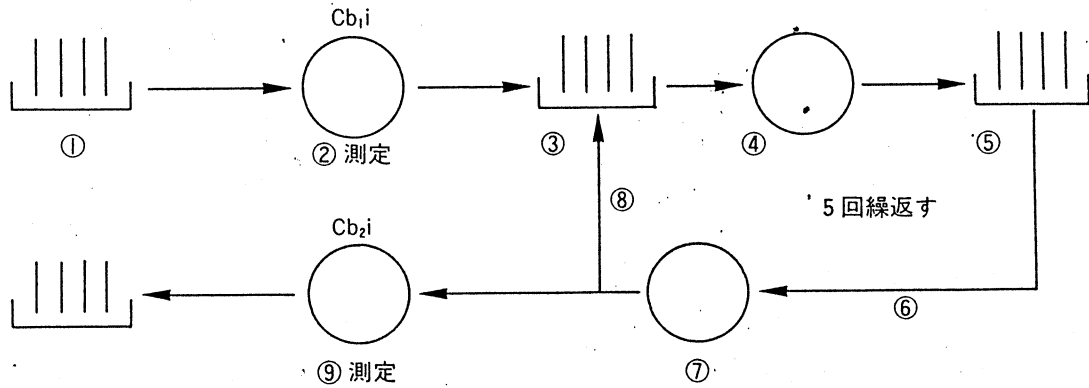
暴露時間を表2に示す。これは、付着粒子数が20個となる時間 (5インチウエハーにて) より決定されている。

表2. ウエハー暴露時間

クラス	0.2 μm以上	2 μm以上
DP 3	40 h	—
4	4 h	—
5	0.4 h	4 h
6	0.1 h	0.4 h

### D. バッググラウンドの求め方

バッググラウンドは、測定及びウエハーの移動、運搬、操作などによる付着数を含む。求め方の手順は以下の通りである。



- ①ウエハーをキャリアにセット
- ②表面付着粒子数 (Cd,i) を測定 (繰返し数 3 回以上)
- ③ウエハーをキャリアに入れ、測定点まで運ぶ
- ④ウエハーをキャリアより取り出し、ピンセットで水平に置く
- ⑤直ちに、ウエハーをキャリアに回収
- ⑥キャリアを計測器まで運ぶ
- ⑦キャリアからウエハーを取り出す
- ⑧③に戻り、以後 4 回繰返す
- ⑨ 5 回終了後、表面付着粒子数 (Cb<sub>2</sub>i) を計測する。

これより、ウエハーのバックグラウンド付着粒子数 B<sub>Ci</sub> を求める。

$$B_{Ci} = (C_{b2i} - C_{b1i} - C_e) / 5 + C_e \dots\dots (式 1)$$

ここに、C<sub>e</sub> : 1 回の測定で付着する粒子数  
次に、平均バックグラウンド付着数 MBC を求める。

$$MBC = \frac{\sum B_{Ci}}{n} \dots\dots (式 2)$$

ここに、n : ウエハーの枚数

### E. 測定値

ウエハー暴露による粒子沈着率 PDC<sub>i</sub> は

$$PDC_i = (C_{2i} - C_{1i} - MBC) / AT \dots\dots (式 3)$$

ここに、C<sub>1i</sub> : 暴露前付着粒子数

C<sub>2i</sub> : 暴露後付着粒子数

A : ウエハー面積 (m<sup>2</sup>)

T : 暴露時間 (H)

PDC<sub>i</sub> : 1 時間に 1 m<sup>2</sup> 付着する  
粒子数 (個/m<sup>2</sup> · H)

MBC : ウエハー操作による粒  
子付着数 (バックグラウン  
ド数)

### (6) 理論

i) ウエハー面に降り注ぐ粒子数 P は

$$P = S \times U \times \frac{T \times 3600 \times 35.3 \times C}{(\text{秒}) (\text{個}/\text{m}^2)}$$

$$= 1.27 \times 10^5 \times S \cdot U \cdot T \cdot C (\text{個}) \dots\dots (式 4)$$

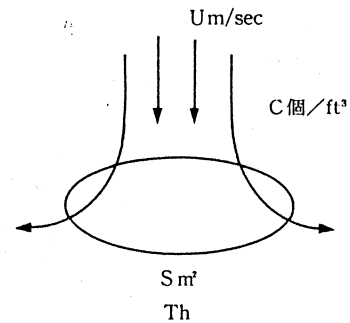
ここに、

S : ウエハー面積 (m<sup>2</sup>)

C : 粒子濃度 (個/ft<sup>3</sup> = 35.3 × C 個/m<sup>3</sup>)

T : 暴露時間 (h)

U : 気流速度 (m/sec)



ii) 沈着粒子数 DP は、付着率を α とすると、

$$DP = \alpha \times P$$

$$= 1.27 \times 10^5 \times \alpha \cdot S \cdot U \cdot T \cdot C (\text{個}) \dots\dots (式 5)$$

iii) よって、粒子沈着率DPRは

$$DPR = (DP) / (S.T) \\ = 1.27 \times 10^5 \times \alpha \cdot U \cdot C \text{ (個/} \mu\text{m}^2 \cdot \text{h)} \\ \dots\dots \text{(式 6)}$$

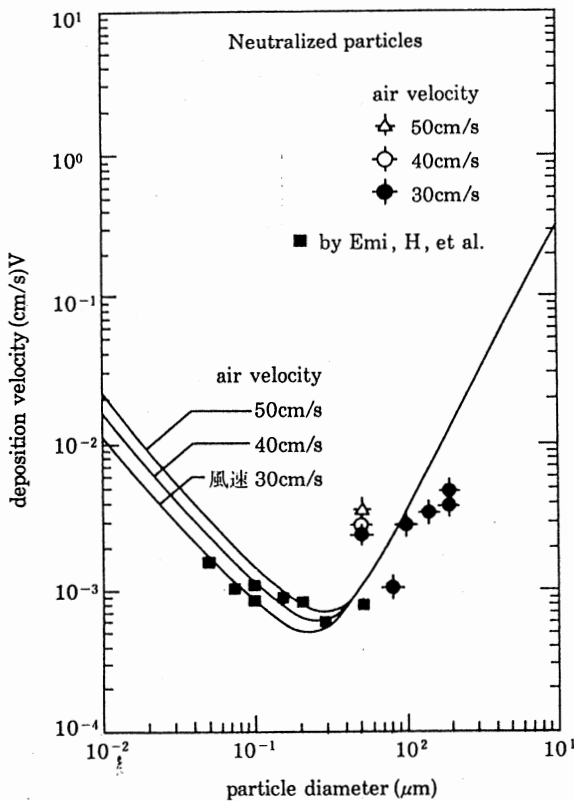
iv) よって、粒子沈着速度をVとすると

$$\alpha = \frac{10^{-2} \times \text{沈着速度} V}{\text{気流速度} U} \dots\dots \text{(式 7)}$$

ここで、気流速度U=0.3m/secとすると

$$\alpha = \frac{10^{-2} V}{0.3} = 0.033 v \dots\dots \text{(式 8)}$$

v) ここで、粒子の沈着速度Vを考える。沈着速度の例を図3に示す。粒径0.1μm以下では、ブラウン運動による拡散力が支配的となる。一方、1μm以上では重力による沈降が主となる。0.2μm≦、及び2μm≦における沈着速度v、および付着率を表3に示す。



(藤井修二、謝国平)

図3. 沈着速度vの例

表3. 粒子の沈着速度と付着率

粒径	沈着速度v	付着率α
0.2μm≦	7×10 <sup>-4</sup> ~5×10 <sup>-3</sup>	2×10 <sup>-5</sup> ~2×10 <sup>-4</sup>
2μm≦	10 <sup>-2</sup> ~3×10 <sup>-1</sup>	3×10 <sup>-4</sup> ~10 <sup>-2</sup>

vi) 粒子付着率DPRは、気流風速U=0.3mとすると、

$$DPR = 1.27 \times 10^5 \times \alpha \cdot U \cdot C \\ = 3.8 \times 10^4 \times \alpha \cdot C \dots\dots \text{(式 9)}$$

vii) 計算例

式9、及び表3の付着率より、以下の清浄度における粒子付着率DPRを計算する。

・清浄度 FS209D class 1、(JACAクラス3)

0.2μm以上において7.5個/ft<sup>3</sup>である。

$$\begin{aligned} \text{DPR} &= 3.8 \times 10^4 \times \alpha \cdot C \\ &= 3.8 \times 10^4 \times (2 \times 10^{-5} \sim 2 \times 10^{-4} \times 7.5) \\ &= 5.7 \sim 57 \text{ (個/} \mu\text{m}^2 \cdot \text{h)} \end{aligned}$$

(7) 付着粒子のクラス分類

清浄度クラスに対応する表面付着粒子のクラス分類を表4に示す。

表4. 表面付着粒子のクラス分類

空気清浄度		表面付着粒子		
FS209D	JACA	DPクラス	粒子付着率 DPR(個/μm <sup>2</sup> ・h)	粒子付着率の上限值 (個/μm <sup>2</sup> ・h)
class 1	class 3	DP 3	5.7~57	50
10	4	4	57~570	500
100	5	5	570~5,700	5,000
1000	6	6	5,700~57,000	50,000