

浮遊パーティクル検出手法の開発と その気流可視化への応用

大学院自然科学研究科 前期課程 田中 利明
" 前期課程 有田 龍之介
大学院自然科学研究科 教授 久保田 弘
熊本大学 工学部 技官 吉岡 昌雄

1. 研究背景と目的

半導体デバイス微細化・高集積化に伴い、故障の要因となるパーティクルの大きさが年々微小化しており、パーティクルによる歩留まりの低下が問題視されている。そのため、クリーンルーム内のより厳密なパーティクル管理を行う必要性がある。

本研究では空間中の粒子に光を照射した際の散乱光を取得することにより、パーティクルの移動方向、速度、パーティクルの濃度を可視化する。これによりどのエリアに粒子が多いかやどのエリアにパーティクルが流れているかを判別することにより、パーティクル対策を施すことが可能となり、歩留まりを高く維持することができると考えている。

2. 理論

本研究では $5\mu\text{m}$ 程度の粒子を計測できる。その粒径の散乱強度を表すものとしてフラウンホーファーの回折式がある。光強度 $I(\theta)$ とし、(I)式で表す。入射角の進行方向からはかった散乱角度 θ とする。また、 J_1 は一次の Bessel 関数である。なお、 α は(II)式で表される。波長を λ 、球形粒子の半径を a とする。

$$I(\theta) = \frac{\alpha^2}{4\pi} \left[\frac{2J_1(\alpha \sin \theta)}{\alpha \sin \theta} \right]^2 \dots \text{(I)} \quad , \quad \alpha = \frac{2\pi a}{\lambda} \quad (\text{粒径パラメータ}) \dots \text{(II)}$$

$5\mu\text{m}$ 程度の粒子では全散乱光量は粒径の 2 乗にほぼ比例するようになる。粒径が小さくなるほど、光の散乱が弱くなることが(I)式に含まれている(II)式の α より理解できる。

3. 実験方法

本実験ではキセノンフラッシュランプの光をパーティクルに照射することにより発せられる散乱光を取得することにより、パーティクルの可視化を行う。これにパーティクルの濃度分布を直感的に理解することができる。

また、粒子の移動方向や速度を測定するために空間中に霧吹きで水を噴霧し、気流の可視化を行う。実験で使用するタイミングチャートは図 1 に示す。この実験では離散的な光源であるキセノンフラッシュランプに加え、連続的な光源である LED ライトを使用する。離散的で強度が強い光源であるキセノンフラッシュランプを照射することで図 5.2 に示す撮影データイメージの赤い点のようになる。そして、連続的な少し強度が弱い光源である LED ライトを用いることで、図 5.2 に示す撮影データイメージの黄色の線になる。黄色の線から気流の向きや気流の速度が測定できる。

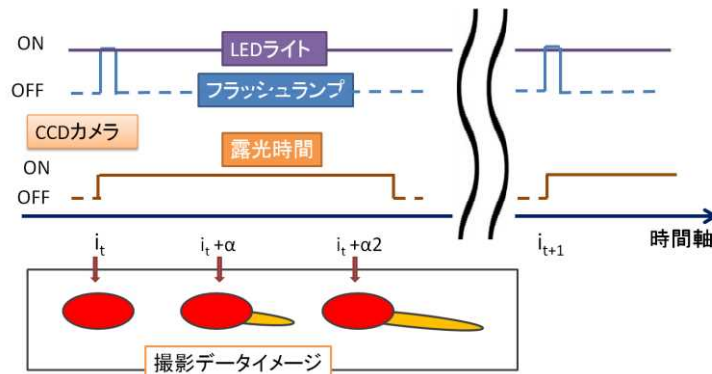


図 1: タイミングチャートと撮影データイメージ