



Title	光散乱法によるナノメータオーダの粒径測定法の開発
Author(s)	安, 弘
Citation	大阪大学, 1990, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/37438">https://hdl.handle.net/11094/37438</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名・(本籍)	あん 安	ひろし 弘
学位の種類	工学	博士
学位記番号	第	9329号
学位授与の日付	平成2年9月26日	
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当	
学位論文題目	光散乱法によるナノメータオーダの粒径測定法の開発	
論文審査委員	(主査) 教授 森 勇藏	
	教授 梅野 正隆	教授 井川 直哉
		教授 片岡 俊彦

### 論文内容の要旨

本論文は、シリコン(Si)ウェハなどの表面付着単一微粒子の直径を、ナノメータ(nm)オーダで検出することを目的に、光散乱法を用いた新しい粒径測定法の開発を行った研究をまとめたもので、次の7章から成っている。

第1章は序論であり、Siウェハ表面や超精密加工面に付着した微粒子に対するnmオーダの精度での粒径測定技術の意義及び重要性を論じた後、本研究の目的について述べている。

第2章では、ミー及びレーリ光散乱理論の比較検討を行い、nmオーダの粒径を測定するのにレーリ理論が適用できることを明らかにし、また球形粒子からの全散乱光強度を求める式を導出して、これより求めた粒径と散乱光強度との関係などについて述べている。

第3章では、レーザ光走査による新しい粒径測定法と、従来よりある同期单一光電子計数法(SSPC法)を利用した粒径測定法の二つを提案し、測定限界の解析より両方ともnmオーダで粒径の測定が可能であると明示している。しかし、両測定法を比較検討した結果、レーザ光走査による粒径測定法の方が、粒径測定範囲の広さなどの点で優れていることなどについて述べている。

第4章では、ピコワット(pW)程度の極微弱光の計測を行うため、新たに考案した楕円面及び放物面集光器を用いた集光光学系と収束光学系の設計について、集光損失と集光効率を含めて述べている。

第5章では、検出感度を増大するため用いる、高エネルギー密度の収束レーザ光の照射による、超微粒子とSiウェハの温度上昇を熱伝導理論により求め、それらが熱溶融しないことについて述べている。また、測定の限界を決める、信号検出器の光電子増倍管におけるショット雑音に伴う出力電圧の揺らぎの解析を行い、本測定法により計測できる粒径の限界について述べている。

第6章では、本測定システムによるSiウェハ表面付着微粒子に対する測定結果を示している。その結果、 $10\text{ nm}$ オーダの粒径に相当する信号電圧の検出が行えていることについて述べている。

第7章では、各章において得られた結論を総括している。

## 論文審査の結果の要旨

超LSIのパターン線幅はサブミクロンになってきており、そのため欠陥の要因となるSiウェハ表面の付着粒子をnmオーダの粒径のものまで検出できる測定法の開発が待たれている。そこで、種々の検出法が開発されているが、いずれも単一微粒子に対する検出可能粒径は $0.2\text{ }\mu\text{m}$ 程度までで、nmオーダの粒径を検出できるものはみあたらない。本論文はSiウェハ表面などに付着した超微粒子を検出し、粒径をnmオーダの精度で測定可能な方法として、レーザ光走査を用いた光散乱法による新しい測定法を提案し、それについて行った研究をまとめたもので、その成果を要約すると以下の通りである。

- (1) 超微粒子の光散乱理論として、レーリー散乱理論が適用できることを明らかにするとともに、粒径と散乱光強度との関係を導出している。
- (2) 強度がpW程度の極微弱散乱光に対する効率のよい集光と迷光対策をはかり、粒径検出の信号対雑音比( $S/N$ )を高めるため、楕円面及び放物面集光器による集光光学系を考案している。
- (3) 検出光の強度を増大して $S/N$ を高め、粒径の測定限界をnmオーダまで向上させるため、エネルギー密度の高い収束レーザ光の使用を提案している。そのため、照射光による超微粒子及びSiウェハの温度上昇を熱伝導理論により解析するとともに、出力が1W程度のレーザ光では両方とも熱的破壊をしないことを、理論的実験的に明らかにしている。これにより、収束レーザ光走査による新しい粒径測定法は、非破壊でSiウェハ上の微粒子の検出をnmオーダの精度で行えることを示している。
- (4) 極微弱光計測を行う本測定法の測定限界は最終的に、光電子増倍管におけるショット雑音に伴う出力電圧の揺らぎによって決められる。そこで迷光や暗電流などによる揺らぎ量を求めて、さらにこの揺らぎの値と検出電圧の波高値とによる $S/N$ を定義してその関係を導出し、粒径に対する測定限界を明らかにしている。その結果、本測定システムにおける測定可能な粒径は $10\text{ nm}$ オーダであるが、さらに迷光が抑制できればnmオーダの粒径のものまで検出することが十分可能であることを示している。
- (5) 本測定システムを用いてSiウェハ表面付着微粒子の検出を行い、 $10\text{ nm}$ オーダの粒径に相当する信号電圧の検出が行えている。その結果、従来の測定法に比べて、1オーダ検出感度を向上させた新しい粒径測定法の開発が行えていることを示している。

以上のように、本研究はSiウェハ表面や超精密加工面に付着する単一超微粒子の粒径をnmオーダで検出することを可能にし、その分布状態をも測定できる方法を開発したものであるが、さらに極微弱光の測定に関する多くの計測技術を開発するとともに、超精密加工面の評価を光学的に行う計測技術にも多くの知見を与えており、精密測定学並びに精密加工学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。