

論文の内容の要旨

【論文題目】 延性モード切削加工システムに関する研究

上村康幸

光学部品や半導体部品の高精度化・高能率化に加え、これら部品の加工法の環境問題も重要視されている。加工機械上で加工と計測を繰返し行えるシステムを構築すれば、加工行程の自動化が容易となり、部品の高精度化や加工における環境を改善できる。加工機械上でのシステムの構築には、延性モード加工技術やオンマシン測定用センサの開発は不可欠である。延性モード加工システムを構築するには、まずは工作機械の運動誤差によらず加工を実現することが必要である。

そこで、「浮上工具方式の切削加工法」を提案した。しかし、この方法では切削速度によって切込み量が増えるという問題があった。これを解決するために「負圧浮上工具方式の加工法」を提案した。この加工システムでは、微量の切込みでクラックが発生するため、切込みの零点位置としての初期接触を高精度に検出することが必要であり、これについて検討した。延性モード切削の将来の用途は、大口径光学部品とシリコンウェーハの加工が主である。そこで、加工精度を機上で評価する方法について検討を行った。大口径光学部品に対しては形状精度を評価する方法について提案し、シリコンウェーハに対しては厚みむらを評価する方法について検討した。

本論文は、[延性モード切削加工システムに関する研究]と題して全8章より構成され、まとめたものである。

第1章「緒論」においては、硬脆材料の延性モード切削の必要性および工学的有為性について述べた。そして、延性モード切削する際の切れ刃と工作物の原点を検知する必要性を述べた。さらには、延性モード切削を実現するための新しい加工法の開発について提案した。一方、光学部品の形状やウェーハの平坦度を測定する際のオンマシン化の必要性について示した。以下に、本論文で行った研究の概略を述べた。

第2章「延性モード切削加工システムに関する従来技術」においては、硬脆材料の延性モード切削加工に対する従来の加工技術の問題点を明らかにし、そして延性モード切削を可能にする方法の詳細について検討し、新たな加工方法の提案を行った。一方、加工面の幾何学的評価方法に関する従来技術として、光学式測定法や静電容量式測定法を詳述した。そして、これらの測定技術をオンマシン測定に適用する際に問題となる課題を明らかにした。

第3章「**浮上工具方式の切削加工法の提案**」においては、磁気ディスクドライブ装置のように動圧によりスライダを工作物面上に浮上させながら、前加工面を基準とした切削加工法を提案した。この加工法は、使用する加工機械の運動精度によらない切削を実現でき、硬脆材料の延性モード切削に適用できる可能性を見出した。

第4章「**延性モード切削における高精度初期接触検知技術の提案**」においては、切れ刃と工作物の初期接触時の原点を高精度に検知する技術について提案した。そして、切れ刃と工作物の初期接触検知にAEセンサが適用できることを示した。

第5章「**負圧浮上工具加工法の開発**」においては、第3章において提案した浮上工具方式の利点を生かし、不安定な浮上高さや切屑排出の問題を克服できる負圧浮上工具方式の加工方法を提案した(図1)。この加工法により、光学ガラスの延性モード切削が可能となった(図2)。また、粗面ウェーハの1パス切削を試みた際、クラックフリー状態の鏡面切削に成功した(図3)。この加工法の特長を以下に記す。①工具の浮上高さを一定に保持できること。②加工機械の運動精度に影響されない加工法であること。③切り屑の自動排除が可能であること。

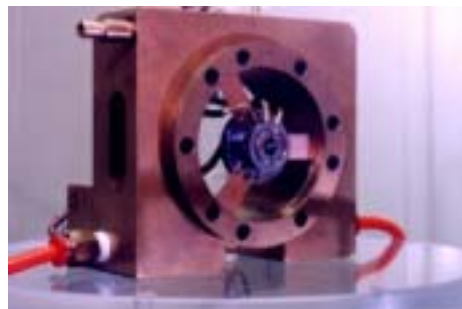


図1 負圧浮上工具加工装置



図2 ソーダガラスの切削面



図3 粗面ウェーハの1パス切削面

第6章「**4分割フォトセンサを用いたオンマシン形状精度測定法**」においては、加工機械上で必要とする形状データを測定する場合、走査軸の運動誤差データを考慮する必要がある。QPDを2個使用すれば、一測定点の情報から変位と傾きを同時に測定できることから、求めたい形状データと走査軸の運動誤差データを同時に算出できる(図4)。

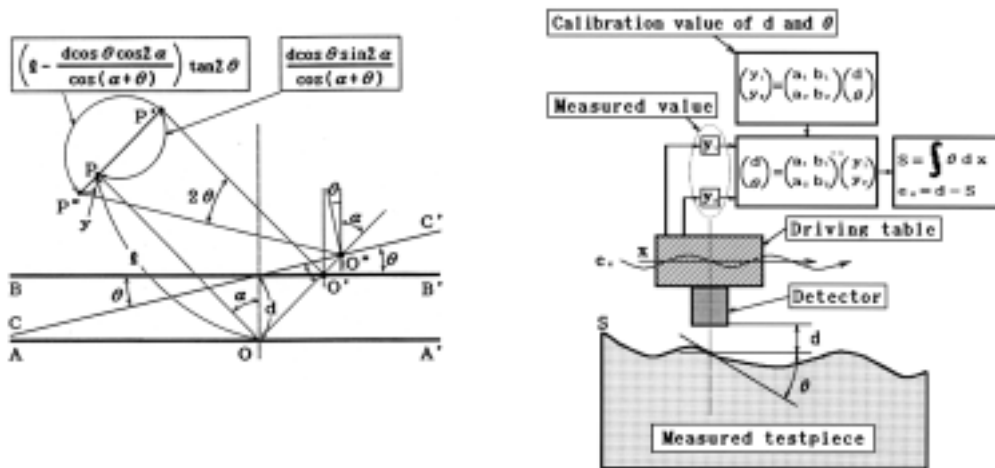


図4 反射型変位・角度同時測定原理

第7章「二焦点レンズを用いたシリコンウェーハの厚み測定」においては、シリコンを透過する赤外光と二焦点を持つ対物レンズを適用した厚み測定装置を提案した(図5)。シリコンウェーハの厚みを測定するためには、ウェーハの屈折率が必要である。二焦点レンズを使用すればウェーハの屈折率を算出できる。また、二焦点レンズの f_2-f_1 を最適化すれば、移動距離が少なくなり、高精度化なセンサが適用可能となる。

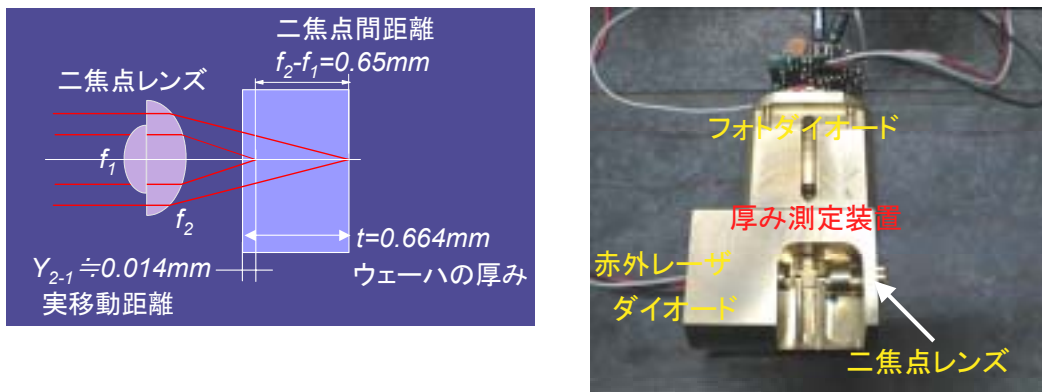


図5 二焦点レンズを使用した厚み測定装置

第8章「結論」は以上の章を要約したものである。