

Title	EEM(Elastic Emission Machining)による超精密加工に関する研究
Author(s)	三村, 秀和
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43437
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。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	三村秀和
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 16996 号
学位授与年月日	平成14年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科精密科学専攻
学位論文名	EEM (Elastic Emission Machining) による超精密加工に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 森 勇藏
	(副査) 教授 芳井 熊安 教授 青野 正和 教授 遠藤 勝義 助教授 山内 和人 教授 片岡 俊彦 教授 森田 瑞穂 教授 広瀬喜久治 教授 梅野 正隆 助教授 山村 和也

論文内容の要旨

本研究はEEM (Elastic Emission Machining) により、原子レベルで完全に平坦な表面を安定的に作製するための加工システムの確立と次世代X線ミラー用超精密数値制御加工システムの確立のために行った。各章毎に論文の要旨をまとめる。

第1章では、本研究の目的と背景について述べた。

第2章では、EEMの基礎概念について述べた。これまでの研究の過程、成果について述べ、固体表面反応を利用するEEM加工原理について説明を行なった。

第3章では、超清浄EEM加工システムの開発について述べた。装置開発として、基礎実験用数値制御EEM加工装置の開発と大型ミラー用数値制御EEM加工装置の開発について述べ、開発した加工システムにより実現された加工環境はEEMにおいて必要な化学反応を純粋に実現し得る超清浄雰囲気であることを示した。

第4章では、新たに開発したノズル型加工ヘッドによるEEM加工特性について述べた。微粒子の粒径や表面形状、ノズル吐出条件が加工速度および加工表面粗さに与える影響について検討を行った結果について述べた。

第5章では、EEM加工表面の原子構造評価を目的とした位相干渉顕微鏡、AFM、STMによる観察結果について述べた。EEM加工表面が幾何学的にも原子レベルで平坦であり、結晶学的に乱れない表面であることを明らかにした。

第6章では、開発を行った数値制御加工システムについて述べた。そして、空間波長0.5mm以上の全領域でサブナノメートルオーダーの形状修正加工が可能であることを示した。

第7章では、実際に作製したX線平面ミラーの放射光による評価について述べた。そして、大型放射光施設SPring-8での放射光により評価した結果、作製したX線ミラーは、次世代のX線光学素子として十分な機能を果たすことを確認し、開発したX線ミラー作製システムの性能を実証した。

第8章では、作製したX線集光ミラーの形状評価、SPring-8での放射光による評価方法、評価結果について述べた。開発したX線ミラー作製システムは非球面ミラーに対しても十分に適用可能であることを実証した。

第9章では、本研究で得られた成果をまとめ、本論文の総括を行った。

論文審査の結果の要旨

今日、様々な最先端の科学技術分野において、極限的な超精密加工技術が必要とされている。例えば、シンクロトロン放射光のためのX線ミラーやEUVL用の反射ミラーなどの光学素子においては、サブナノメートルオーダーの形状精度が必要であり、電子デバイスの分野においては、その基板の平坦性が非常に重要となっている。こうした背景に対して、EEM (Elastic Emission Machining) は、固体表面間の化学反応に基づく超精密加工法として精力的に研究・開発が行われ、これまでに第一分子動力学の利用により、その機構が理解され、実験的にも次世代の超精密加工システムとしての可能性が実証されつつあった。

本研究は、EEMの加工特性の詳細を原子レベルで明らかにするとともに、本加工法を実用レベルの超精密加工法として発展させることを目的に行われたもので、以下に示す有用な成果を得ている。

(1)超純水静圧軸受けを始めとする様々なウルトラクリーン技術を開発することにより、加工液中の金属イオン濃度が1 ppb以下、TOCおよび溶存酸素濃度が10ppb以下という極めて優れた清浄度を持つ加工装置を開発し、安定なEEM加工を実現している。

(2)EEMにより加工されたSi(001)表面をAFM (Atomic Force Microscopy) およびSTM (Scanning Tunneling Microscopy) により観察を行い、原子レベルの平坦性を確認するとともに、STMの観察では、100nm×100nmの領域の約95%がわずかに3原子層で構成されていることを明らかにしている。また、この表面は超高真空中加熱以外の方法で得られたSi(001)表面として、最も平坦な表面であると言える。

(3)数値制御加工装置、加工前後の形状計測・評価システム、加工ヘッドの送り速度データ算出プログラム等から構成される数値制御EEM加工システムの開発を行い、空間波長0.5mm以上の全領域においてサブナノメートルオーダーの加工精度を実現している。

(4)本加工システムを放射光用ハードX線ミラーの加工に適用し、平面ミラーおよび非球面集光ミラーを作製するとともに、SPring-8において性能評価を行った結果、平面ミラーでは、入射X線と同等の反射強度分布を得ることに初めて成功し、集光ミラーでは、作り込みミラーによる世界最高性能の集光特性、すなわち15keVのハードX線において集光径0.2 μ m以下を得ている。本加工システムを用いることで、従来技術では不可能と考えられていた様々な特性を持つX線反射光学素子の作製に成功し、今後のX線光学素子の開発において新たな道を切り開いたと言える。

以上のように本論文は、EEMによる超精密加工システムを確立し、その有用性の評価を行うとともに、実際にX線ミラーなどへの応用を示したもので、精密科学の発展に大きく寄与し、また、半導体分野や放射光利用技術分野に大きく貢献するものである。よって本論文は、博士論文として価値あるものと認める。