

氏名	横溝 精一
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第3136号
学位授与の日付	平成18年 3月24日
学位授与の要件	自然科学研究科基盤生産システム科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	硬脆材料の高品位精密加工とその表面特性の評価に関する研究
論文審査委員	教授 宇野 義幸 教授 吉田 彰 教授 塚本 真也

学位論文内容の要旨

硬脆材料に寸法・形状を付与するばかりでなく高品位な加工表面を与え材料特性を損なうことなく高品位精密加工を行うには、長年培い技術蓄積を行ってきた従来の加工法とプラズマ技術等の新しい加工技術を融合し、新たな加工法を開発する必要がある。また、その高品位精密加工を検証するにはその加工表面特性を正確に評価する必要もある。このような取り組みは電子機器の高性能化、高機能化、小型化など情報化社会発展を加速させるためには必要不可欠な技術であり、早急な研究開発が望まれている。

本論文では、その加工対象として具体的ターゲットを設定し、開発に取り組んだ。第一の対象は水晶振動子であり、薄い曲面形成による高周波化と高性能化を目指した。高精度ボール砥石と超精密旋盤を利用し、水晶を20 μm 以下の厚さで凸レンズ形状が創成できる研削加工法を提案した。さらに量産可能な加工技術に発展させる方法として反応性イオンエッチングの活用と弾性変形特性による切り残しを積極的に利用した高性能水晶振動子の加工技術を提案した。

第二の対象としては単結晶シリコンを取り上げ、その高品位微細穴加工技術の開発も検討を行った。硬脆材料を加工すると加工部においてマイクロクラックが発生しやすい。これは製品の品質等に悪影響を及ぼすため、マイクロクラックの検出は非常に重要なことである。従来の腐食液によるウェットエッチングは等方性エッチングであるため、微小なクラックは鮮明には検出できなかった。反応性イオンエッチングを利用して異方性エッチングを行えば、クラックのエッジ部のだれが少なく、明瞭なマイクロクラックの検出が可能であることが明らかになった。また、焼結ダイヤモンドドリルを用いて穴加工するとマイクロクラックが生じやすく、鋭利な稜線を持つ単結晶ダイヤモンドドリルを用いるとマイクロクラックのない加工が可能であり、高品位微細穴加工が可能であることも分かった。

論文審査結果の要旨

本論文は、水晶振動子に用いられる単結晶水晶およびプラズマエッチングの電極に用いられる単結晶シリコン等の硬脆材料に対する高品位精密微細加工方法を実験的に検討するとともに、加工表面の新しい評価方法を提案したものである。最初に、水晶振動子の高周波化と高性能化のために、従来の加工法の限界を超える水晶素板の薄片化と同時に凸レンズ形状を創成する加工技術について検討を行った。その結果、高精度ボール砥石と超精密旋盤を組み合わせた研削加工法を開発した。さらに、凸レンズ形状水晶振動子を量産する生産技術として、反応性イオンエッチングと研磨加工を併用し、水晶薄板の弾性変形特性を活用した凸レンズ形状創成法を開発した。このようにして、副振動の影響がなく基本周波数の高い水晶振動子が製作できる加工法を開発した。次に、単結晶シリコンの高アスペクト比高品位微細穴加工を目的として、マイクロクラックの検出法とダイヤモンドドリルによる微細穴加工について検討した。従来の腐食液によるエッチングは等方性エッチングであるため、研磨後のマイクロクラックが明瞭に検出できなかったのに対して、反応性イオンエッチングによる異方性の強い加工条件を使用することによりマイクロクラックが明瞭に検出できることを明らかにした。また、従来の焼結ダイヤモンドドリルを用いると加工表面粗さが悪化しマイクロクラックが生じやすいが、試作した特殊形状の単結晶ダイヤモンドドリルを用いれば、マイクロクラックのない高品位高アスペクト比微細穴加工が可能であることを明らかにした。

以上のように本論文では、硬脆材料の高品位精密加工とその評価法に関して工学的および工業的に有用かつ独創的な知見が得られており、博士(工学)の学位に値するものと認める。