

大 学 名 東京電機大学

研究タイトル	硬脆材料の切削 ー割れるガラスを割らずに削るー
研究者の所属学部、学科、役職、氏名	工学部機械工学科 教授 松村 隆
技術のポイント	微細流路等の加工は、従来、化学エッチングによって加工されてきたが、コストが高くや環境負荷が大きかった。開発技術はマスク作成と化学溶液を必要とせず、機械的に微細溝を切削する。加工のコスト低減と自在な流路パターンに柔軟に対応でき、マイクロ検査基板の汎用化と低価格化を促進できる。
現在の研究開発段階	A 基礎研究段階 ・ B 試作段階 ・ C 実用化段階
技術の紹介	<p>【技術の特長・その 1】一度に深く切り込んでも割らずに削れるガラスの切削方法</p> <p>ガラスは脆性材料であるため、平削り様式で切れ刃を材料に1μm以上切込んで割らずに削ることは不可能であった。一方、マイクロ流路における溝の深さは0.02～0.2mm程度が必要である。</p> <p>開発技術では、エンドミルによる切削様式を利用し、一度に0.02mm以上の深さの溝を加工できる。図1はエンドミルの切れ刃の軌跡を軸方向からみたものである。最終的な仕上げ面を生成しているのはA-A'とC-C'の過程であり、それ以外の領域は工具の送りとともに除去される。したがってA-A'とC-C'における切削厚さを1μm以下にすることで、脆性損傷ない良好な仕上げ面が得られる。このメカニズムは軸方向の切込みによらないため、一度に深く切込んでもガラスを割ることなく切削できる。</p> <p>【技術の特長・その 2】工具を送り方向に傾けて、切れ刃の摩耗と仕上げ面を改善</p> <p>(1) 図2のように2枚刃のエンドミルを送り方向に傾けると、2枚の切れ刃が材料に接触しない時間がある。この空転中に水で工具を冷却することで、工具摩耗の進行を抑えられる。そのため、開発技術は超硬合金工具でも使用可能であり、工具費が低減する。</p> <p>(2) 工具切れ刃には凹凸があり、ガラスのような硬脆材料では、図3(a)のように傾けずに切削すると、その凹凸が仕上げ面に転写される。エンドミルを送り方向に傾けることにより、同図(b)のように凹部で削り残した材料を凸部で除去でき、滑らかな仕上げ面ができる。</p> <p>【技術の特長・その 3】機械的な除去により流路の深さを自在に制御</p> <p>開発技術は、数値制御切削加工機であれば、流路を全てNCデータによって制御し、深さを自在に変更できる3次元加工である。図4は、その一例であり、DNAマイクロアレイのドレインとして使用できる。</p>

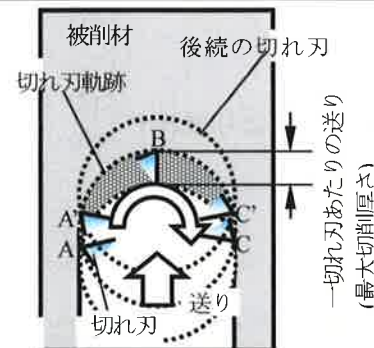


図1 エンドミルの切削機構

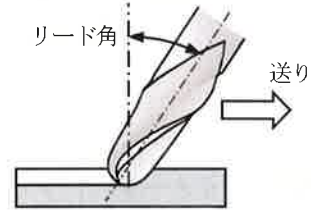
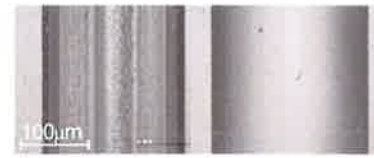


図2 工具姿勢



(a) 工具傾斜なし (b) リード角 45°
図3 工具傾斜の効果

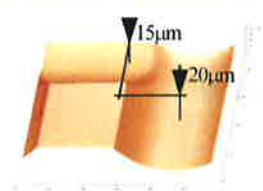
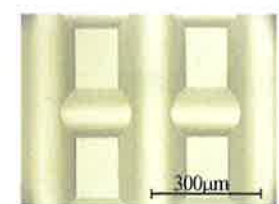


図4 マイクロ検査基板の加工

大学名 東京電機大学

<p>研究の背景</p>	<p>従来、ガラス製のマイクロ検査基板の微細流路等はフォトリソグラフィによるマスクの作成とフッ酸による化学エッチングにより加工されていた。この方法では、以下の技術的課題があった。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) マスク作成のためのフォトリソグラフィ装置に対する設備投資が大きい (2) フッ酸を使用するため、取扱いに対する安全管理と廃液処理に対する設備が必要 (3) 検査基板の流路はマスク製作時に設定されるため、その後の流路修正が困難 (4) マスク作成はバッチ処理で行われるため、ある程度の注文がない限り製造に取り掛かれない。そのため、一般的な納期は 40 日、特急便では 7 日を要している。 (5) 3 次元的な流路を加工するためには、エッチングを繰り返す必要があり、多くの工程を経て、加工コストが高くなる。
<p>従来技術より優れている点</p>	<p>開発技術は、化学エッチングに対して以下の優位性がある。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) マスクや化学溶液を使用しないため、フォトリソグラフィ装置や廃液処理施設が不要であるため、設備投資が格段に低減。 (2) 機械的除去であるため、マイクロ検査基板の製造にかかる納期が飛躍的に短縮。 (3) マイクロ流路は数値制御プログラムによって加工されるため、流路の設計変更に対応でき、柔軟性が飛躍的に向上。 (4) 機械的に流路の深さを変更できるため、3 次元の微細流路も容易に加工できる。 (5) 特殊な工具を必要とせず、市販の超硬合金工具で実施可能。
<p>技術の用途イメージ</p>	<p>開発技術は、微細な溝だけでなく、3 次元的な形状も加工可能である。そのため、以下の用途がある</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) マイクロ検査基板の加工技術 マイクロ検査基板の仕様に応じて、開発技術と化学エッチングを使い分けると効果的である。化学エッチング後に流路の修正や 3 次元的に深さを制御する付加的な加工をする。単品で短納期が求められている注文に対して、開発技術は効果的である。 (2) 光学デバイスの 1 次加工 光学素子は、最終的にナノメートルスケールでの仕上げ面が要求されるが、その前工程の概形状加工に開発技術を使用し、スループットの短縮化を図る。 <div data-bbox="1193 1070 1433 1249" style="display: inline-block; vertical-align: top;"> </div> <div data-bbox="1193 1263 1433 1442" style="display: inline-block; vertical-align: top;"> </div> <p style="text-align: right;">図 5 斜方格子に光制御</p>
<p>中小企業への期待</p>	<p>開発技術はあくまでも基礎技術であり、これに基づいた新技術開発をされる場合は、加工設備等を自社開発されることが望ましい。ガラスを切削することは、切削条件の適切な設定で十分であるが、これを応用・発展させる提案を期待したい。</p>
<p>特許情報</p>	<p>○発明の名称：硬脆性材料の切削加工方法 【特許番号】特許第 4928808 号（登録日：平成 24 年 2 月 17 日） 【特許権者】東京電機大学 【発明者】松村 隆</p>