

技術ノート

ダイシングおよび異方性エッチングによるシリコン加工

Silicon-Micromachining with Anisotropic Etching and Dicing

加沢エリト*

上野武司*

1. はじめに

FTTH (Fiber To The Home) に代表されるように、光通信インフラ整備が進展している。これは、家庭の入り口まで光通信網を導入する計画で、POF (プラスチック光ファイバー) の利用が促進される。これに伴い、低廉化の光部品の必要が生じ、また、光ファイバーと光部品の接続方法が問題になっている。本ノートでは光部品対応技術としてマイクロマシン技術を用いたシリコン基板の加工とその応用について述べる。

2. 方法

2.1 ひし形溝形成原理

<100>シリコン基板において、(110)フラットに平行または、直角にダイシングで溝入れを行い、KOH溶液などによる異方性エッチングを行うと、断面がひし形の溝を形成する(図1, 2, 3)。ひし形の面は<111>面で形成されていて、形状が高精度であり、また、形状再現性が非常に高く、溝どうしを極めて平行に並べることができる。さらに、このひし形溝は従来の機械加工では得ることのできない形状であるとともに、幾何学的に設計が可能であり、その寸法をダイスで制御可能である。

このひし形溝は、通常のマイクロマシン技術で用いられるリソグラフィ工程を必ずしも必要としない。この結果、比較的廉価に製造することができる。

ひし形溝の幅 w は、 $w = d / \tan \theta + b$ で表される。

ただし、ブレード幅: b 切り込み深さ: d

ひし形溝の幅: w <111>の角度: θ とした。

(図4参照)

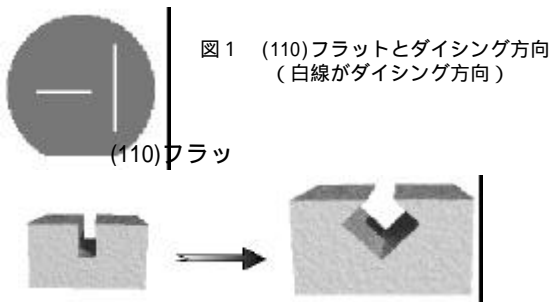


図1 (110)フラットとダイシング方向 (白線がダイシング方向)

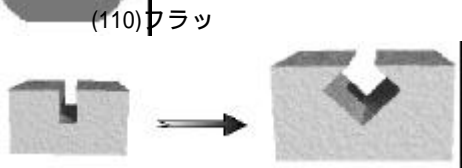


図2 ひし形溝形成過程

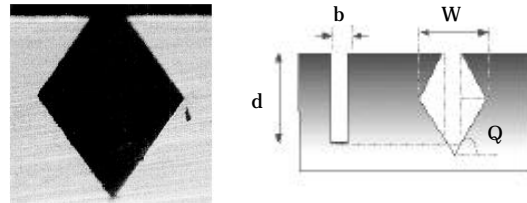


図3 ひし形溝の断面写真 図4 ダイシング溝とひし形溝の幾何学的関係

ひし形溝を形成するまでの時間 t は

$$t = d / 2 (V_{110} \cdot \tan \theta)$$

ここで V_{110} は <110>シリコンのエッチング速度である。以上のことから、ダイシングにおけるブレード幅が一定であるならば、ひし形溝の幅はダイシング溝の深さで決定される。すなわち、形状制御が可能である。

2.2 ひし形溝形成実験

ひし形溝に関する実験手順は次のとおりである。

- 1) 基板には、 $1.0 \mu\text{m}$ 厚さの熱酸化膜のついた<100>シリコン基板を用いた。
- 2) ダイサーを用いて、(110)フラットに平行または直行するように溝を切る。溝の深さは $50 \mu\text{m}$ 刻みで $50 \sim 400 \mu\text{m}$ とした。
- 3) 基板を 70° , $20\text{wt}\%$ のKOH水溶液に入れ、エッチングを行った。エッチング時間は30分刻みで $30 \sim 180$ 分とした。
- 4) エッチングした基板をダイサーを用いてストリップ状に切り出し、断面観察を行った。

結果を図5に示す。ダイシング深さにより、ひし形溝の形状寸法が決定されることがわかる。<111>のエッチング速度は<100><110>に比べて $1/100$ 程度と極めて遅いため、ひし形の形状が崩れることはない。

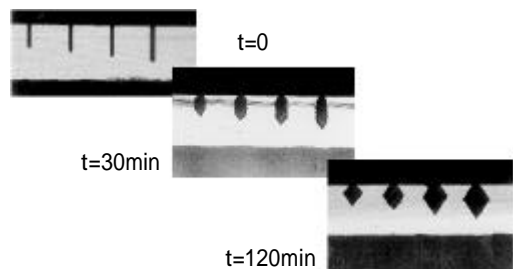


図5 ひし形溝形成(基板厚さ $625 \mu\text{m}$)

*電子技術グループ

2.2 複数溝によるひし形溝形成

ダイシング溝を複数配置すれば「くさび型」形状が得られる。くさび型は、基本的にはブレード幅に依存せず、ダイシングのピッチのみで決定される。

くさび型形成結果のSEM写真を図6に示す。



図6-1 ダイシング溝 図6-2 エッチング後のくさび型

くさび型形状の段階から更に異方性エッチングを進めると、(100)が底面に現れ、テラス構造を得ることができる。このテラスは平坦である(図7参照)。

このテラス構造は常にエッチングが継続され最終的には大きなひし形溝に収束する(図8)。



図7 テラス構造のSEM写真

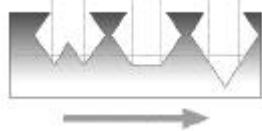


図8 複数溝のエッチング過程

3. 応用試作

3.1 光ファイバホルダ - ひし形溝応用

一般的に使われるV溝の代わりにひし形溝を「光ファイバホルダ」に応用することを検討し試作を行った。

このファイバホルダはその断面形状から、光ファイバが転がり落ちない、従来のV溝ホルダより短くできる、ファイバどうしが平行であるといった利点を持っている(図9, 10参照)。

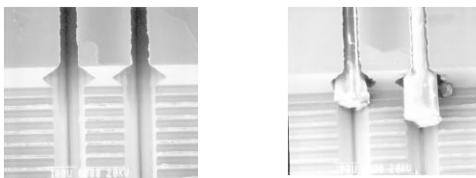


図9-1 光ファイバホルダ 図9-2 ファイバ挿入後

シリコン基板上にひし形溝を形成し、さらに基板の一部をダイシング等で除去することによって光部品のステージとすることができる。試作例を図15に示す。

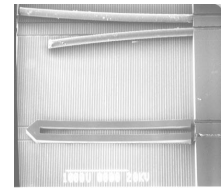
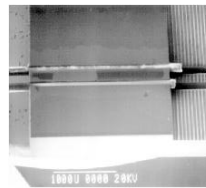


図10-1 光ファイバホルダ外観 図10-2 光ファイバと光部品実装

3.2 マイクロスライダ - テラス構造応用

基板にひし形を形成し、この点で基板を分割することにより側面にVノッチを形成できる。さらに、テラス構造を形成した基板を樹脂で形状転写することによりレールを作成し、Vノッチ基板と組み合わせることでスライダ機構を作製した(図11, 12, 13参照)。

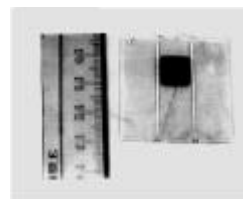


図11 マイクロスライダ外観

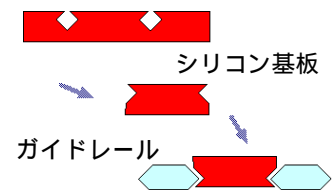


図12 スライダ作製工程概要

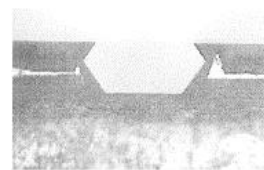


図13-1 ガイドレール鋳型



図13-2 ガイドレールエポキシ樹脂による形状転写

このスライダはガイドが平行、高精度に作製でき、その応用としてガイドレール、光部品の基板などが考えられる。

4. まとめ

ダイシングおよび異方性エッチングを組み合わせたハイブリッド加工により、従来の加工では得られない「ひし形」の溝形状を得られる。このひし形溝は異方性エッチングの性質により、高精度の形状である。

この技術を用いて、光ファイバホルダおよびマイクロスライダの試作を行った

本研究は、中小企業事業団の事業である「ものづくり試作開発支援センター整備事業」の設備を使用して実施した。また、研究の一部は新エネルギー産業技術開発総合発機構(NEDO)により委託を受けた、広域多摩地域コンソーシアム事業の一環として行った。

最後に、本研究にあたり実験を手伝っていただきました、帝京大学研修生の倉本昭仁氏に感謝いたします。

(原稿受付 平成12年8月1日)