遅延マスク法によるシリコンの3次元バルクマイクロ構造

学生員 三 田 信 (東大生研)
 学生員 三 田 吉 郎 (東大生研)
 正 員 年 吉 洋 (東大生研)
 正 員 藤 田 博 之 (東大生研)

Delay-Masking Process for Silicon Three-Dimensional Bulk Structures

MITA Makoto, Student Member, MITA Yoshio, Student Member, TOSHIYOSHI Hiroshi, Member,
 FUJITA Hiroyuki, Member (IIS., Univ. of Tokyo)

キーワード：遅延マスク法, ICP-RIE, 多段マイクロ構造, バルクマイクロマシニング

1. はじめに

高異方性ドライエッチング技術の進歩により、シリコン基板を加工して高アスペクト比マイクロ構造が作製できるようになった。しかし、高アスペクト比エッチングを行った後では、レジスト塗布、露光等のリソグラフィを行うことが困難であるため、一様な厚さの構造しか作製できなかった⁽¹⁾。そのため、ドライエッチングのあとに、 XeF_2 による等方性エッチングなどを用いて、多段構造を製作する方法が開発されている⁽²⁾。我々は、プロセスの最初の段階でエッチングによる除去選択性のあるマスク材を複数枚重ねて基板表面に形成し、加工の途中で順次マスクを除去して用いることにより、エッチングの時間差を反映した多段構造を比較的容易に作製する技術(遅延マスク法)を開発したので報告する。

2. 遅延マスク法の原理

図1にプロセスフローを示す。(a)最初に、 SiO_2 を堆積し、フォトマスク1を用いてパターンニングする。(b)次に、フォトマスク2を用いてレジスト層を露光し、(c)それをマスクとして1回目のICP-RIE(誘導結合プラズマ反応性イオンエッチング)を行う。(d)レジストを除去した後に、(e) SiO_2 をマスクにして2回目のICP-RIEを行う(f)必要であれば、さらに裏側からエッチングすることにより、図2(a)のようにバルクシリコンの中央に任意の厚さを持つ多段構造を作製することができる。

このように、すべてのリソグラフィをプロセス初期の基板平面上で行うことができるため、簡便かつ精度良く多段構造のアライメントができる。今回作製したデバイスは、 SiO_2 およびポジレジストを用いた2段構造であるが、ネガレジスト、金属薄膜などをマスク材として用いることにより、図2(b)に示されるように、さらに多段で複雑な構造が得られる。

3. 遅延マスク法によるマイクロ構造の加工

図3に作製した多段バルクシリコン構造のSEM像を示

図1 プロセスフロー

Fig. 1. Process Flow

図2 多段構造の例

Fig. 2. Schematics of multi-level structures

す。従来の RIE 加工とは異なり⁽³⁾、高異方性の ICP-RIE で加工したため、側壁が垂直でアスペクト比の高い(約 20)構造が得られた。最初のエッチングで $100\ \mu\text{m}$ 掘り下げ、レジストを除去し、2 回目のエッチングによりさらに $50\ \mu\text{m}$ の段差を形成した。また、2 回のエッチングを行ったにもかかわらず、最初のエッチングで作製された断面形状は保存されている。この側壁保護の効果により、さらに複雑な構造も精度良く作製できると考えられる。

(a) 3D structure fabricated by the delay-masking process

(b) Profile of the first trench etching was preserved in the subsequent etching steps

図 3 SEM 像

Fig. 3. SEM image

4. ま と め

除去選択性のある複数のマスク材を時間差で使用することにより、バルクシリコンの多段深掘りマイクロ構造を作製した。

この遅延マスク法には以下のような利点がある：

- すべてのリソグラフィがプロセス初期の平坦な基板上で行えるため、アライメント精度が高く簡便である。
- ICP-RIE による深掘りプロセスを用いているため、高アスペクト比の多段構造が得られる。
- ポジレジスト、ネガレジスト、金属薄膜、シリコン酸

化膜などの除去選択性のある材質を多数マスク材として用いることにより、多段の構造が作製できる。

(平成 10 年 12 月 25 日受付)

文 献

- (1) A. A. Yasseen, J. Mitchell, T. Streit, D. A. Smith, M. Mehregany, "A Rotary Electrostatic Micromotor 1×8 Optical Switch," *Proc. IEEE Micro Electro Mechanical Systems (MEMS98)*, Heidelberg, Germany, Jan. 25-29, 1998, pp.116-120.
- (2) J. -J. Choi, R. Toda, K. Minami, M. Esashi, "Silicon Angular Resonance Gyroscope by Deep ICPRIE and XeF_2 Gas Etching," *Proc. IEEE Micro Electro Mechanical Systems (MEMS98)*, Heidelberg, Germany, Jan. 25-29, 1998, pp.322-327.
- (3) H. Toshiyoshi, H. Fujita, "Electrostatic Micro Torsion Mirrors for an Optical Switch Matrix," *Journal of Microelectromechanical Systems*. Vol. 5, No. 4 (1996) pp. 231-237.

三 田 信 (学生員) 昭和 47 年 8 月 30 日生。平成 8 年 3 月 東北大学工学部電子工学科卒業。平成 9 年 4 月より東京大学大学院工学系研究科電気工学専攻修士課程在学中。主としてマイクロマシニング技術に関する研究に従事。

三 田 吉 郎 (学生員) 昭和 47 年 9 月 9 日生。平成 7 年 3 月 東京大学工学部電子工学科卒業。平成 9 年 3 月 同大学院にて工学修士。同年 4 月より東京大学大学院工学系研究科電気工学専攻博士課程在学中。主としてマイクロマシニング技術に関する研究に従事。

年 吉 洋 (正員) 昭和 43 年 10 月 9 日生。平成 3 年東京大学工学部電子工学科卒業。平成 5 年 3 月同大学院にて工学修士。平成 8 年 3 月工学博士。同年 4 月より東京大学生産技術研究所講師。主としてマイクロメカトロニクスの研究に従事。

藤 田 博 之 (正員) 昭和 27 年 12 月 13 日生。昭和 50 年 3 月 東京大学工学部電気工学科卒業。昭和 52 年 3 月 同大学院にて工学修士。昭和 55 年 3 月工学博士。同年 4 月より東京大学生産技術研究所講師、助教授を経て平成 5 年 8 月より同教授。主としてマイクロメカトロニクスの研究に従事。