

Si 異方性エッチングによるせん断振動薄板共振子形成に関する基礎検討

Fundamental Study on Fabrication of Thickness-Shear Vibration Thin Resonator

Using Si Anisotropic Etching

日工大¹ ○篠原 淳希¹, 鈴木 洋平¹, 加藤 史仁¹, 増本 憲泰¹, 野口 裕之¹

Nippon Inst. of Tech.¹, ○Junki Shinohara¹, Youhei Suzuki¹, Fumihito Kato¹,

Noriyasu Masumoto¹, Hiroyuki Noguchi¹

E-mail: kato.fumihito@nit.ac.jp

本研究では、板厚せん断振動するダイヤフラム型共振子製作のための基礎的検討を行った。共振子の材料は、AT-cut 水晶を想定している。シリコン(Si)基板と薄板水晶基板(板厚 1-3 μm)が金属薄膜を介して拡散接合された積層基板を用いて、ダイヤフラム型共振子を形成する。その際、Si 基板の異方性エッチングを活用し、Tetramethylammonium Hydroxide (TMAH)水溶液を使用して、Si 基板の上下面から(100)面に対して深堀加工を行う。薄板共振子製作プロセスを Fig. 1 に示す。今回の検討は、製作プロセスの実現性の検証を一つの目的としており、Si 基板と薄板水晶基板が拡散接合された高価な基板は使用せず、代替基板として、熱酸化 Si 基板(SiO_2 : 数 μm , Si: 525 μm)を使用して実施した(Fig. 1(a))。まず、熱酸化 Si 基板を $20 \times 20 \text{ mm}^2$ にダイシングし、高周波スパッタ装置を使用して、両面に Cr 薄膜を成膜した(Fig. 1(b))。次に、フォトレジストを塗布し、マスクアライナを用いた露光後、現像してダイヤフラム型共振子形成のためのパターンを転写した(Fig. 1(c))。フォトレジストをマスクとして、Cr 薄膜をエッチングした後、有機溶剤を用いてフォトレジストを除去した(Fig. 1(d))。フッ酸水溶液を使用して、露出した SiO_2 膜をエッチングした(Fig. 1(e))。その後、Cr 薄膜をエッチング除去し(Fig. 1(f))、TMAH 水溶液中に投入し、Si 基板の異方性エッチングを行った(Fig. 1(g))。Si 異方性エッチングは、(111)面を残して、深掘りが進むが、貫通後、水平軸方向(x 軸方向)へのエッチングが進み、(111)面を残してエッチングストップした(Fig. 1(h))。有限要素法を用いて、AT-cut 水晶共振子の圧電解析を行った。ダイヤフラム形状の共振周波数近傍におけるせん断方向(x 軸方向)変位を Fig. 2 に示す。面部を梁で局所固定したダイヤフラムは、振動変位が面部全域に分布することが分かった。水晶共振子の励振と信号受信は、電磁波を用いた無線駆動を考えており¹⁾、振動変位が広域に分布することが望ましい。また、面部を梁で局所的に固定する形状とすることで、基板の裏面と開口部から異方性エッチングが進むため、Si 基板のエッチング時間を大幅に短縮できる。そのため、本研究では、面部を局所的に固定する共振子の試作を試みた。

<参考文献>

1. F. Kato, Y. Sato, H. Ato, H. Kuwabara, Y. Kobayashi, K. Nakamura, N. Masumoto, H. Noguchi, and H. Ogi, Jpn. J. Appl. Phys. 60, pp. SDDC01-1-SDDC01-9 (2021).

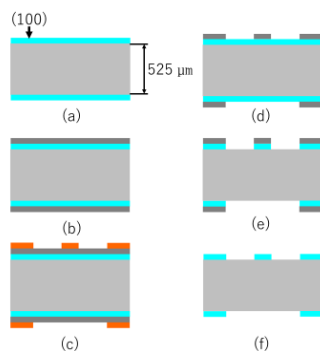


Fig1. Etching process steps

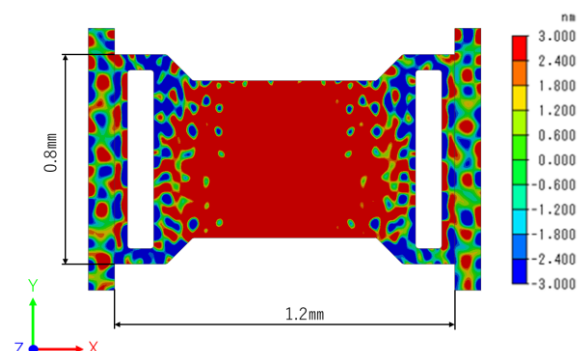


Fig2. Piezoelectric analysis result