

課題番号 : F-13-TT-0012
利用形態 : 共同研究
利用課題名 (日本語) : シリコンマイクロ構造体の破壊と疲労に関する研究
Program Title (English) : Mechanical Fracture and Fatigue on Silicon Microstructure
利用者名 (日本語) : 泉隼人, 田中健太郎, 喜多俊文
Username (English) : H. Izumi, K. Tanaka, T. Kita
所属名 (日本語) : 名古屋工業大学 大学院工学研究科 機能工学専攻
Affiliation (English) : Graduate School of Engineering Dep. of Engineering Physics, Electronics and Mechanics, Nagoya Institute of Technology.

1. 概要 (Summary)

MEMS の構造材料であるシリコンは単結晶・多結晶問わずに疲労破壊する。脆性材料ゆえ金属材料とは異なる表面酸化膜やくさび効果を起因とした疲労破壊メカニズムが提唱されているものの、これらはまだ推測の域をでない。一方、近年の分子動力学解析により圧縮応力下で転位生成の活性化エネルギーが大きく下がることが報告される等、従来よりもシリコンの転位が常温でも容易に動き得る可能性が示唆されている。そこで本研究では、ナノレベルでシリコンの疲労損傷をその場観察すべく、透過型電子顕微鏡下で疲労試験かつ任意の応力比の制御が可能な微小材料試験機の開発を試みた。

2. 実験 (Experimental)

疲労試験デバイスの概要を Fig.1 に示す。本デバイスは板バネで支持された可動マスを楯歯型静電アクチュエータで共振振動させることで、試験片に繰り返し荷重を負荷する機構となっている。試験片はデバイスとは独立して作製し、FIB (Focus ion beam) によりデバイスの任意の位置に接合する。

MEMS 技術を用いてデバイス構造体を SOI 基板 (Device layer: 200 μm , Buried oxide layer: 2 μm , Handle layer: 300 μm) により製作した。製作手順は以下の通り。1) シリコン構造体を深堀エッチングで作製するため、そのマスク材として基板の両面にシリコン酸化膜を 1 μm 形成 (パイロジェニック酸化) する。2) 活性層に HMDS とレジスト (AZ1500 38cp) をスピコート (1st step: 500 rpm 10 sec, 2st step: 2000 rpm 30 sec, 膜厚 3.5 μm) した。3) プリベーク後 (90 $^{\circ}\text{C}$, 3 min)、レジストをパターンニングするため露光 (ズース・マイクロテック MA6、9sec、紫外線照度: 10.6 mW/cm^2) と現像 (AZ300MIF デベロッパ、60sec) を行った。4) その後、ポストベーク (120 $^{\circ}\text{C}$,

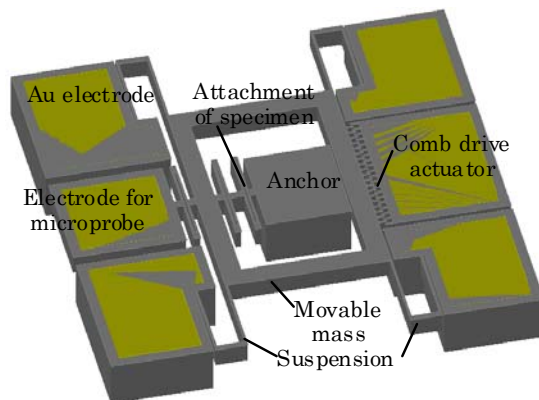


Fig.1 Microdevice for in situ TEM fatigue testing



Fig.2 Prototype of microdevice

3 min) を行い BHF (HF:NH₄F=1:5) により酸化膜をエッチングした。5) 高真空グリスをを用いて試料をマウント用基板に貼りつけ、DRIE 装置 (Si etching rate: 1.14 $\mu\text{m}/\text{cycle}$) によりシリコンの深堀エッチングを行い、疲労試験用デバイスの構造体を形成した。6) 再度、支持層側に再度リソグラフィと DRIE 加工を行い、スルーホールを形成した。7) 最後にフッ酸により中間酸化膜をエッチングし、構造体をリリースした。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

製作した疲労試験デバイスを Fig.2 に示す。今後、デバイスの共振特性の計測、試験片を接合した後、TEM 内での疲労試験を実施する予定である。

4. その他・特記事項 (Others)

共同研究対応者: 豊田工業大学 佐々木 実 教授、梶原 建 支援員

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許 (Patent)

なし。