

課題番号 : F-14-TT-0004
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) : Study on fracture and fatigue of silicon microstructure
利用者名(日本語) : 喜多俊文, 泉隼人
Username (English) : T. Kita, H. Izumi
所属名(日本語) : 名古屋工業大学大学院工学研究科
Affiliation (English) : Graduate school of Engineering, Nagoya Institute of Technology

1. 概要(Summary)

MEMS の構造材料として最も多用されるシリコンは湿潤環境下で疲労破壊する。脆性材料ゆえ、金属材料の転位運動による疲労破壊とは異なり、表面酸化膜を起因とした疲労破壊のメカニズムが提唱されているが未だに推測の域を出ていない。一方で、シリコンの脆性延性遷移温度と比べて極めて低い温度でもシリコンの転位が生成・運動し得る結果が報告されており、転位に起因した疲労破壊の可能性も捨てきれない。本研究では、シリコンの疲労損傷過程を直接その場観察するために、TEM 内で疲労試験が可能な微小材料試験機の開発を試みた。

2. 実験(Experimental)

・利用した主な装置

マスクレス露光装置、マスクアライナ装置、
Deep Reactive Ion Etching(DRIE)装置

・実験方法

マスクレス露光装置を用いて、マイクロ試験片および疲労試験機の形状をウエハに転写するためのフォトマスクを設計・製作した。本フォトマスクとマスクアライナ装置を用いて Silicon on Insulator(SOI)ウエハの活性層に試験片、支持層に材料試験機の形状をフォトリソグラフィした。その後、各パターンを DRIE 装置によってエッチングすることで試験片と材料試験機の構造体を形成した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

マスクアライナ装置と DRIE 装置を用いて、SOI ウエハ(活性層 2 μ m, 酸化膜層 0.8 μ m, 支持層 200 μ m)に幅 100 μ m, 長さ 26 μ m の試験片と板バネ構造を有する材料試験機を製作した(Fig. 1)。本試験機は固定フレームと可動フレームから構成されており、治具を介して可動フ

レームと接着した PZT アクチュエータを押し引きすることで、試験片に荷重を負荷した。試験片に引張荷重を加え、破断した際のロードドロップから引張強度を算出したところ、平均引張強度は 2.49GPa であった。湿度 80%、平均引張強度の 90%程度の応力レベルの条件で疲労試験を行い、試験片の疲労破壊を確認した。今後、TEM 内で疲労過程を直接観察することで、シリコンの疲労破壊メカニズムを明らかにする予定である。

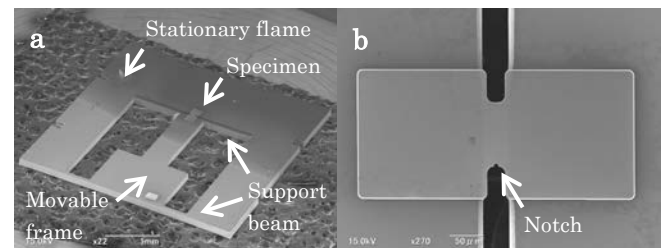


Fig. 1 SEM images of specimen and silicon microstructure (a) Overview of test structure, (b) Magnified view of specimen

4. その他・特記事項(Others)

・参考文献

C. L. Muhlstein *et al.*, Acta. Mater. 50, (2002) pp. 3579-3595

・共同研究者: 豊田工業大学 佐々木 実教授、梶原 健

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

(1) 喜多俊文 他, 2014 年度日本機械学会年次大会,
平成 26 年 9 月 8 日(発表日)

6. 関連特許(Patent)

なし。