

課題番号 : F-15-KT-0160
利用形態 : 技術補助
利用課題名(日本語) : 単結晶シリコンマイクロ構造高温機械特性に及ぼす構造寸法と結晶異方性の影響
Program Title (English) : Effects of structure size and crystallographic orientations on high-temperature mechanical property of single crystal silicon micro structure
利用者名(日本語) : 上杉 晃生, 土屋 智由
Username (English) : A. Uesugi, T. Tsuchiya
所属名(日本語) : 京都大学 工学研究科 マイクロエンジニアリング専攻
Affiliation (English) : Department of Micro Engineering, Kyoto University

1. 概要(Summary)

本研究では MEMS の主要な構造材料である単結晶シリコンの高温環境下での機械特性を評価する。近年、構造微細化に伴う脆性延性遷移温度(BDTT)の低下が報告されており、すべりの現れる応力条件・寸法条件を解明することを目的として、異なる結晶方位を引張軸とした、幅寸法が数マイクロからサブマイクロメートルの試験片に対して真空高温引張試験を行う。

サブマイクロメートルの幅寸法を持つ構造を作製するためにはリソグラフィに高い解像度を必要とし、京都大学ナノテクノロジーハブ拠点の設備を利用して微細加工を行った。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

露光装置(ステッパー)
両面マスクアライナー
深堀りドライエッチング装置
シリコン酸化膜犠牲層ドライエッチングシステム
レーザダイシング装置

【実験方法】

4 インチ SOI(Silicon-on-insulator) ウェハに対して、ステッパーを用いた UV リソグラフィと深堀りドライエッチングを用いて試験片のパターニングを行う。試験片形状を一回り大きくしたパターンでウェハの裏面からもシリコンのエッチングを行い、その後埋め込み酸化膜層の気相エッチングを行って試験片をリリースする。最後にレーザダイシング装置を用いてウェハをチップ化する。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

デバイス層厚さ $5\ \mu\text{m}$ の(110)SOI ウェハを用いて、引張方位を $\langle 100 \rangle$, $\langle 110 \rangle$, $\langle 111 \rangle$ 方位とする試験片を作

製した。試験片並行部の幅は $0.5, 1, 2, 5\ \mu\text{m}$ と設計したが、ウェハ裏面エッチング時に試験片の破損が多く、十分な歩留りを得られたのは幅 $5\ \mu\text{m}$ のみであった。今後、試験片の設計やプロセスを見直して歩留りの向上をはかる。

周囲温度 $500\ ^\circ\text{C}$ で引張試験を行った、 $\langle 110 \rangle$, $\langle 111 \rangle$ 方位の破断後の幅 $2\ \mu\text{m}$ の試験片を Fig. 1 に示す。どちらの試験片でも、バルク構造の BDTT である $600\ ^\circ\text{C}$ よりも低い温度で(111)結晶面に沿ったすべりが現れた。破壊形状は(111)結晶面に沿ったへき開破壊を示した。 $\langle 111 \rangle$ 方位試験片では破断部の近傍にはすべりがみられなかったが、 $\langle 110 \rangle$ 方位試験片の破壊はすべりによって生じたステップを起点としており、すべりが破壊強度の低下の原因となると考えられる。今後、測定点数を増やし、異なる幅寸法・引張方位の試験片間ですべりの現れるクライテリアを比較する予定である。

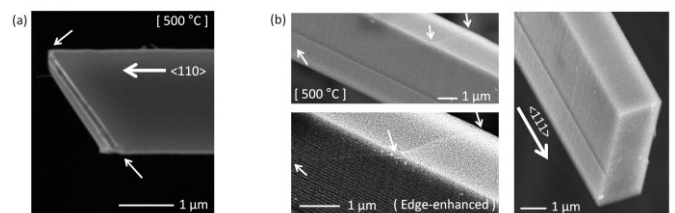


Fig. 1 Fractured specimens at $500\ ^\circ\text{C}$. Small arrows indicate steps of slip. (a) $\langle 110 \rangle$ specimen. (b) $\langle 111 \rangle$ specimen.

4. その他・特記事項(Others)

参考文献; 上杉晃生, 平井義和, 土屋智由, 田畑修,
“(110)単結晶シリコンマイクロ構造の高温引張破壊特性”, 日本機械学会第7回マイクロ・ナノ工学シンポジウム, 2015年10月.

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許(Patent)

なし。