

利用課題番号 : F-13-KT-0016  
 利用形態 : 技術補助  
 利用課題名 (日本語) : シリコン単結晶の脆性延性遷移に及ぼす寸法効果の評価  
 Program Title (English) : Characterization of size-effects on the BDT (Brittle to ductile transition) of single-crystal silicon  
 利用者名 (日本語) : 佐藤一雄, 藤村洋兵, 林慶太郎, 佐藤皓亮  
 Username (English) : K. Sato, Y. Fujimura, K. Hayashi, K. Sato,  
 所属名 (日本語) : 愛知工業大学工学部機械学科  
 Affiliation (English) : Department of Mechanical Science, Faculty of Engineering, Aichi Institute of Technology

**1. 概要 (Summary) :**

シリコン単結晶は、温度環境だけでなく寸法の微細化によって、脆性・延性挙動(Brittle to ductile transition)が変化するのではないかと議論されている。本研究は、シリコン構造体の破壊特性が温度と寸法によって変化することを実証するために、3次元構造を持つシリコン単結晶破壊試験片を大量に製作して、異なる環境パラメータのもとで破壊試験に供する。この目的で、10 mm 角のシリコンチップ内に、厚さ 400 μm の錘とこれを支える厚さ 20 μm の4本の梁構造を一体で製作する。試験片製作は京都大学ナノハブ施設で実施した。

衝撃的な加速度によるシリコンチップの破壊を、再現性良く実現するには、破壊試験片の寸法を高精度に加工する必要がある。ウェハ1枚の中に試験片チップを58個製作できるマスクを作成して、多数の試験片の一括製作プロセスを開発し、試作した試験片寸法の絶対値とばらつきを評価した。試験片梁寸法のばらつきは最大 10 μm, 平均値は設計値と一致し、衝撃試験に適用できることを確認した。

**2. 実験 (Experimental) :**

シリコン単結晶試験片の構造を Fig.1 に示す。図中の矢印方向に加えた衝撃加速度により中央の錘を支える4本の薄膜梁のひずみが集中して破壊するよう設計した。この試験チップを搭載した破壊試験方法の仕組みを Fig.2 に示す。衝撃方向は試験片を試験機に固定する向きで容易に変えられる。

開発した試験チップ加工プロセスは、SOI 基板を素材とし、表面側に薄膜梁を形成後、表面を保護して、裏面から錘の加工を行うもので、京大ナノハブの深掘り RIE プロセスを駆使した。

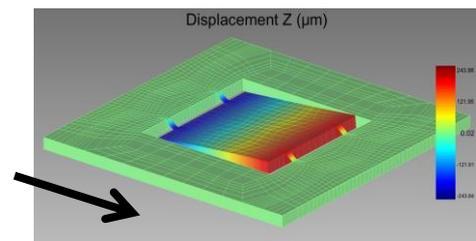


Fig. 1 Deformation of impact test specimen loaded by acceleration in a direction of an arrow.

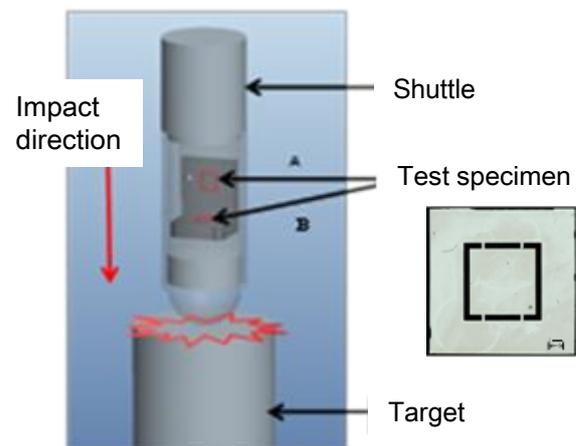


Fig. 2 Impact testing scheme and a photo of a fabricated test specimen 10 x 10 mm.

**3. 結果と考察 (Results and Discussion) :**

試作ウェハ3枚から15チップ、計60箇所の梁の寸法精度、加工再現性を調べた結果を下表に示す。

試験片寸法	梁幅設計値 0.2 mm			梁長さ設計値 0.4 mm		
	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値
実測値	0.191	0.208	0.200	0.390	0.410	0.400

上記の結果、破壊試験に必要とされる、均一な寸法の試験片を大量に製作できる見通しを得た。愛工大では、すでに衝撃試験を開始し、環境温度がシリコンデバイスの破壊確率に及ぼす影響を研究している。

4. その他・特記事項 (Others) :

参考文献 1) K. Sato, et al., Proc. IEEE MEMS-2013 (Taipei), 385-388.

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation) :

Y. Fujimura, K. Sato, “単結晶シリコンの衝撃破壊試験”, 日本機械学会 2014 年年次大会, 2014 年 9 月 8 日 (発表予定) .

6. 関連特許 (Patent) : なし。