

課題番号 : F-17-KT-0010
 利用形態 : 技術補助
 利用課題名(日本語) : シリコン系薄膜の機械特性に及ぼす寸法・温度効果
 Program Title(English) : Effects of temperature on the mechanical properties of single crystal silicon film
 利用者名(日本語) : 佐藤一雄、富田修平、波多野智啓、相川仁志、野田大明
 Username(English) : K. Sato, S. Tomita, T. Hatano, H. Aikawa, H. Noda
 所属名(日本語) : 愛知工業大学工学部機械学科
 Affiliation(English) : Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Aich Institute of Technology
 キーワード/Keyword : 膜加工・エッチング、シリコン単結晶薄膜、衝撃破壊試験

1. 概要 (Summary)

MEMS に使われるシリコン系薄膜は落下衝撃に対して脆弱であるという知見がある。一方で、代表寸法がマイクロオーダーの薄膜は、変形や破壊特性がバルク材とは異なるという知見もある。本研究ではシリコン系の薄膜材料を対象として、衝撃負荷に対する破壊特性を評価する。本年度はシリコン単結晶薄膜の衝撃破壊試験を、温度条件を変えて実施した。試験片として7 mm 角のシリコンチップ内に錘(2 mm 角、厚さ 555 μm)とこれを支持する厚さ 5 μm の 4 本の梁で構成された 3 次元構造体試験チップを京大ナノハブ施設を利用して製作した。試験チップを SUS303 のシャトルに搭載し、一定の高さから自由落下させる衝撃破壊試験[1]を実施し、衝撃加速度に対する破壊確率の大きさを-60℃から 350℃の温度範囲で評価した。

2. 実験 (Experimental)

【利用した主な装置】

ウェハスピン洗浄装置, 厚膜フォトレジスト用スピンコーティング装置, 両面マスクアライナー, レジスト現像装置, 深掘りドライエッチング装置.

【実験方法】

SOI ウェハ表面にフォトレジストによるエッチングパターンを形成し、深掘りドライエッチングを行った。ウェハの裏面側からもマスクパターンを変えて同様の工程を行い、3次元構造体試験チップ (Fig. 1(a)) を製作した。これを愛知工業大学に持ち帰り破壊試験に供した。落下衝撃試験後 4 本の梁のうち 1 本でも亀裂が観察されれば破壊と認定した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

昨年度は環境温度 500℃でステンレス製のシャトルが塑性変形シデータが取得できなかったが、今年度はシャトルと Si 試験片を設計し直した結果、-60℃、室温、350℃の 3 条件で衝撃破壊試験ができた。Fig. 2 に結果を示す。室温で 72 回、-60℃で 30 回、350℃で 50 回の衝撃試験を行い、衝撃加速度をパラメータとして破壊確率曲線を得た。Si 梁の 50%破壊確率を生じる加速度の値を比較すると、室温と 350℃ではほとんど差がない。一方、-60℃では室温・高温に比べて約 1.8 倍大きい加速度に梁は耐えた。低温では破壊加速度が狭い範囲で特定できるのに対し、室温・高温では広い衝撃加速度領域に分布した。低温とは異なる破壊メカニズム、すなわち Fig. 1 (c) にみられる永久変形が破壊過程に現れたのではないかと推定する。本試験手法は他の MEMS 用薄膜材料評価にも適用が可能である。

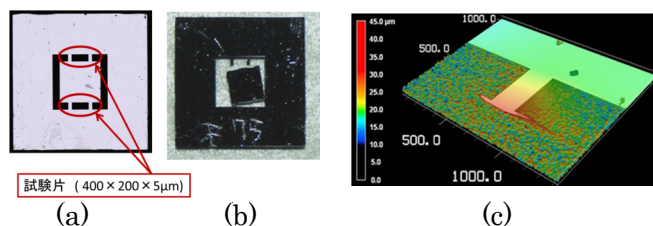


Fig. 1 Fabricated test chip before (a) and after (b) fracture test. Vertically curled-up end (estimated by 10μm) of a fractured beam tested at 350℃ (c).

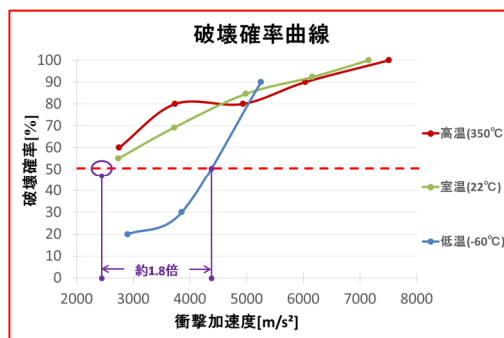


Fig. 2 Relationship between fracture probability and impact acceleration of stainless-steel shuttle carrying a test chip.

4. その他・特記事項 (Others)

・参考文献

[1] 藤村洋兵, 佐藤一雄, ”単結晶シリコンの衝撃破壊試験”, JSME2014 年次大会 (2014.9.7-10) J2240301.

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

なし.

6. 関連特許 (Patent)

なし.