

1. 緒言

近年、ナノ・マイクロマシンの需要が増加の傾向にある。実際の使用例としては、インクジェットプリンタのヘッドや種々の圧力センサ、加速度センサ等が挙げられる。しかしながら、これらナノ・マイクロマシンに使用される微小材料の機械的特性およびその評価法が確立されておらず、信頼性確保に向けての研究が精力的に行われている。(1) その困難さの一因として、材料のサイズがナノオーダーになると、機械的特性がマクロ材料のそれと異なってくるという問題がある。

本研究では、極微小材料である減圧化学気相成長(LP-CVD)ポリシリコン薄膜の強度信頼性を確保するため、大気中・室温下で引張疲労試験を行い、その疲労強度について調査した。

2. 実験装置および方法

実験片に供した試験片の形状および寸法を図1に示す。Si基板の上に600℃で成膜後、1000℃でアニールされている。試験部はエッチングにより幅20μm厚さ2μmのポリシリコン薄膜に仕上げられている。また平滑材に加え、直径5μmの円孔を中央にあけた穴付材も準備した。

試験機は、本研究で開発した薄膜用引張り疲労試験機でその概略を図2に示す。本実験では、試験部にかかる力を実測できないため、有限要素法解析で得られた、アクチュエータ変位と試験部応力を用いて負荷応力を推定した。試験条件は応力比R=0.1、繰返し速度50Hzとした。

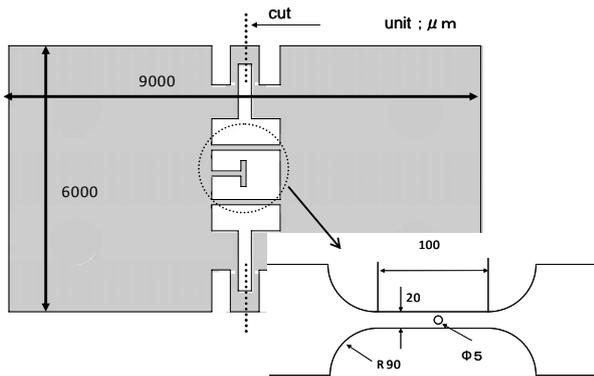


図1 試験片の形状・寸法

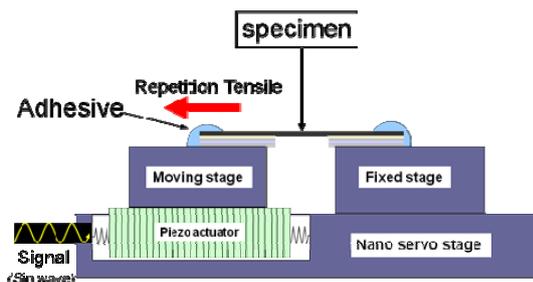


図2 微小材料疲労試験機の模式図

3. 実験結果および考察

試験機で0.1μmずつの変位を、試験部が破断するまで段階的に与えることで静的負荷試験を行った。結果を表1に示す。公称破断応力は平滑材で2.79GPa、穴付材で1.33GPaとなり、穴による応力集中を考慮し、最大応力で比較すると両材はほぼ同じ応力で破断することがわかった。

疲労試験で得られた公称最大応力σ_{max}と破断寿命N_fの関係を図3に示す。静的強度以下の応力でも、繰返し負荷により破断に至るため、本材料でも疲労現象が存在していることがわかった。また、穴付材の強度は低くなっているが、応力集中を考慮すると、若干平滑材のそれより強くなり、切欠きによる応力勾配の影響の存在が示唆された。

図4に穴付材破断部の走査型電子顕微鏡写真を示す。破面は脆性的なものであった。また試験中にき裂は観察されなかったため、疲労寿命のほとんどはき裂発生寿命であるといえる。

表1. 静的負荷による破断応力

	σ _f (GPa)	Displacement to rupture (μ m)
Smooth	2.79	5.78
Holed	1.33	3.36

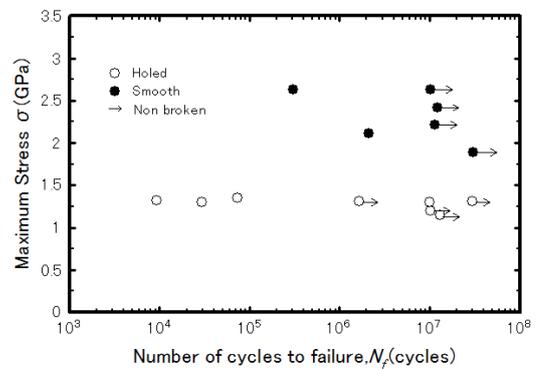


図3 S-N 曲線

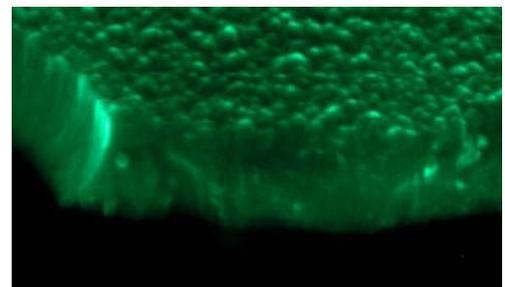


図4 破断のSEM 観察

4. 結論

脆性材料であるポリシリコンにも疲労破壊が生じていることが確認できた。疲労寿命の殆どは、き裂発生寿命がしめる。(参考文献略)