

薄膜ヤング率測定装置

物理センサ研究室 田畑 修

Thin Film Young's Modulus Measurement Apparatus

Osamu Tabata

シリコンセンサの構造材料として薄膜が積極的に利用され始めたことから、内部応力やヤング率といった薄膜の機械的物性評価の重要性が高まりつつある。ところが薄膜のヤング率の測定は難しく報告例も少ない。そこで従来からヤング率の測定法として知られているバルジ法を基に「複合膜メンブレンの圧力 - たわみ測定法」を考案し、この原理に基づいて薄膜のヤング率を自動的に測定する装置を開発した。

薄膜のヤング率は、被測定薄膜で形成されたメンブレンにおける印加圧力とたわみとの関係から計算される。測定用サンプルは、シリコン異方性エッチングにより形成された厚さ $0.2\mu\text{m}$ 、大きさ 2mm 角のシリコン窒化膜メンブレンを有する標準サンプル上に、被測定薄膜を成膜することによって作製される。従って測定用サンプルのメンブレンはシリコン窒化膜と被測定薄膜との複合膜となっている。このサンプル作製方法の採用により、従来は測定できなかった、圧縮応力を有する薄膜やメンブレン構造にすることが困難である各種の薄膜のヤング率を容易に測定できるようになった。

Fig. 1に測定装置の外観写真を示す。メンブレンに生ずるたわみを光干渉で測定するたわみ測定部、メンブレンに圧力を加える圧力コントローラ、データ処理を行うためのコンピュータより構成されている。

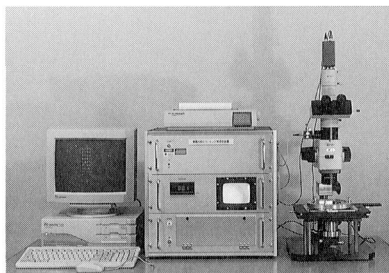


Fig. 1 Photograph of the measurement apparatus.

複合膜メンブレンにおける圧力とたわみの間に成立する関係は、式(1)によって表される。

$$p = 3.04 \frac{t}{a^2} \sigma h + 1.83 \frac{t}{a^4} E h^3 \quad (1)$$

ここで p と h はメンブレンに印加した圧力とメンブレン中央部のたわみ、 E と σ は複合膜のヤング率および内部応力、 a はメンブレンの一辺の長さの $1/2$ 、 t はメンブレンの膜厚である。測定されたメンブレンの圧力 - たわみ特性データに式(1)を最小自乗法でフィッティングすることによって、複合膜のヤング率のみならず内部応力も求まる。被測定薄膜のヤング率および内部応力は、複合膜の測定値から下地シリコン窒化膜メンブレンの影響を複合則に基づいて補正すれば求められる¹⁾。

本装置を、マイクロセンサ、アクチュエータの構造材料として最も多く利用されている多結晶シリコン薄膜の測定に適用した。標準サンプル上に厚さ $0.2\mu\text{m}$ の多結晶シリコンを減圧化学気相成長(LPCVD)で成膜することにより形成された複合膜メンブレンの圧力 - たわみ特性をFig. 2に示す。この圧力 - たわみ特性より、LPCVDで成膜された多結晶シリコン膜のヤング率は 160GPa 、内部応力は -0.18GPa と計算された。

薄膜の機械的物性値は、年々微細化が進むLSIデ

バイスの信頼性に影響を与える配線応力をFEMで計算するための基礎データとしても必要不可欠である。今後、本装置で測定された薄膜のヤング率は種々のデバイスの性能や信頼性の向上に役立つものと期待される。

参 考 文 献

- 1) 田畑修, ほか3名: 電気学会論文誌C, 110-C-4(1990), 228

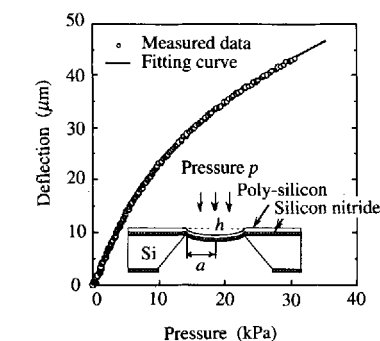


Fig. 2 Pressure-deflection characteristic for the composite membrane consists of $0.2\mu\text{m}$ -thick poly-silicon and silicon nitride.