

平成 9 年 9 月 10 日

電子・情報工学専攻	
申請者氏名	菊地 章

紹介教官氏名	藤井 壽崇
--------	-------

論 文 要 旨 (博士)

論文題目	真空蒸着金属薄膜の機械的性質に関する研究
------	----------------------

科学技術の発達に伴って、材料およびエレクトロニクス製品の小型化、高密度化につれ、最も基本的な課題は薄膜の機械的性質の問題である。これは素子の機械的性質が耐久性・信頼性に直接関与する重要な性質であるからである。第Ⅰ部では薄膜の機械的性質に関する一般的性質を述べ、その問題点を提起してある。すなわち薄膜の耐久性にかかわる問題点のなかには、基板のそり、亀裂、しわ、さらには基板の破壊など内部応力が原因とみなされる現象が含まれるため、内部応力の発生機構の解明が重要課題となる。また、薄膜/基板間の界面における付着の問題にも関係し、付着評価技術も重要課題になってくる。そこで、真空蒸着法で作製された金属薄膜の機械的性質を案出された引き倒し試験機、微小摩擦引っ掻き試験機および内部応力測定機により測定評価し、検討した。第Ⅱ部では、引き倒し試験機の構成、微小摩擦引っ掻き試験機の構成原理および内部応力測定機の構成を示し、付着力、摩擦係数および内部応力の測定法について示した。第Ⅲ部では、微小摩擦引っ掻き試験機で各種の基板上に各種環境条件の基で作成された金属蒸着膜の付着力および摩擦係数を測定し、考察検討を行った。なお、他測定機との比較検討を行うために、引き倒し試験機による付着力測定値と比較検討評価を行った。引き倒し試験機による測定値のばらつきは大きく、微小摩擦引っ掻き試験機での測定値のばらつきは小さく、平均値で10倍の差で一致した。微小摩擦引っ掻き試験機では従来求めることができなかった厚さ1 μm以下の薄膜の付着力および摩擦係数を求めることができた。薄膜/基板系で薄膜表面に荷重を加えて行く過程で薄膜の歪みエネルギーが付着エネルギーを越えたときに薄膜の剥離は起こることが示された。加熱効果が付着力増加に極めて有効であることが分かった。イオン衝撃するガスの種類と付着力との相関性は認められなかった。摩擦係数と基板硬度との間には $\mu \propto H_v^{-1/4}$ の関係にあることが分かった。基板表面の濡れ性を水滴の接触角から測定し、その上に蒸着した金属膜の付着力および摩擦係数を測定した。基板表面が濡れ易くなると摩擦係数は小さくなり、付着力は強くなった。濡れ易くなると表面の化学的構造変化が起きていること、同時に極性基が生成されていることが分かった。第Ⅳ部では、材料における統計破壊現象の立場から付着力測定機による測定値のばらつきは、どのような法則に基づいているか詳細に考察検討した。ばらつきは測定方法によらずに $N(F) = N_0 \exp [ \{ (F - F_0) / a \}^2 ]$ の法則(3母数ワイブル分布則)に従っていることが示された。第Ⅴ部では、微小摩擦引っ掻き試験機により、実用材料の付着力、摩擦係数測定を行った。実用材料の単独膜および層状複合構造膜(五層構造膜まで)の各層界面での付着力測定ができ、また同時に摩擦係数も評価できた。膜形成において、膜質および成膜条件の違いで出力波形に変化が認められた。第Ⅵ部では、薄膜の形成過程から内部応力を測定し、内部応力の発生機構、歪みエネルギーおよびクラック発生について考察検討を行った。薄膜の応力は $S = \sigma d = \sigma_0 (d - d_0) + S_0$ の関係式で示されることが分かった。また、内部応力の緩和現象、膜に発生したクラックおよび歪みエネルギーの関連が示された。第Ⅶ部では、本研究の結果を総括した。