

機能材料工学専攻	学籍番号	033520	指導 教員	逆井 基次
申請者 氏名	羽切 教雄			松田 厚範

論文要旨 (博士)

論文題目	顕微インデンテーションによる力学物性評価手法の構築
------	---------------------------

(要旨 1,200 字程度)

圧子力学において最も重要なことは、如何にして圧子と試料表面との投影接触面積を見積もる、または近似するかにある。圧子力学試験から得られるすべての材料物性（弾塑性材料における硬度や弾性率、時間依存型の変形を示す材料の粘弾性関数など）の計測において接触面積は最も重要なパラメータとなっている。Oliver-Pharr 法として広く知られている接触面積の近似法が開発されて以来、標準的な解析手法として採用されているが、これには弾性近似を用いているため塑性変形の著しい材料や変形に時間依存性を有する材料においては大きな誤差を生じることが問題となっている。このような近似に頼らざるを得ない背景には、現在の圧子力学試験手法では圧子と試料表面の接触面積を実測できないという重大な問題がある。この圧子力学最大の問題を解決し、厳密な力学物性評価を行うためには圧子と試料の接触面積を、その場定量できる新規な計測装置の開発が不可欠である。本研究では、接触面積のその場定量計測を可能にするために、従来のインデンテーション装置に光学系を導入した「計装化顕微インデンテーション計測装置」の新規開発を行い、これを用いた厳密な圧子力学試験・評価手法の構築を行った。

本論文の前半（1～2 章）においては、これまでの圧子力学の問題点の提起、および圧子力学理論をまとめ、本論文の意義を明確にした。3 章においては弾塑性材料に対して顕微インデンテーションを適用し、不明瞭な仮定や近似を用いて接触面積を予測することなく、厳密な弾塑性解析が可能であることを示した。これより、顕微インデンテーションはマイクロ・ナノ領域における力学物性評価手法として極めて有用であることの確証を得た。4 章では、時間依存性の変形を示す材料としてアモルファスセレンを供試材にした粘弾性圧子圧入試験を行った。接触面積が時間依存性を有することを明らかにし、これが粘弾性変形挙動に対応し定量的に取扱えることを示した。さらに、鋭角圧子圧入の際に生じる塑性成分を取り除き粘弾性応答のみを抽出することに成功し、接触面積の時間依存性を考慮した厳密な圧子圧入粘弾性評価手法が確立された。5 章では、コーティング薄膜の力学物性評価を行う上で重要となる、膜の変形に与える基板の影響を定量化するため、基板上にコーティングしたゾル-ゲル無機/有機ハイブリッド膜（膜/基板 2 層体）に対する顕微インデンテーションを行った。硬い基板の影響が大きくなるに従い接触状態は sink-in から pile-up へ変化し、軟らかい膜の変形に強制的な塑性流動が引き起こされることを確認された。この変形挙動の変化を圧子直下の弾塑性環境と関連付けて整理した。

接触面積を高精度で決定することにより、従来の近似手法では得られなかった極めて重要な知見を得ることができ、厳密な圧子力学試験・評価手法を構築した。