

主 論 文 要 旨

報告番号	乙 第	号	氏名	竹歳 尚之
主論文題目				
ピコ秒サーモリフレクタンス法を用いた薄膜熱物性計測技術				
(内容の要旨)				
<p>半導体素子や光・光磁気ディスク等の記録メディアなど先端技術分野のデバイスでは、性能向上を図るためにサブミクロンスケールの熱設計が求められている。その熱設計には厚さサブミクロン薄膜に対する信頼できる熱物性値が不可欠であるが、バルク材料に対する熱物性値の測定に比べて薄膜の熱物性値の測定は難しい。そこで本研究では、厚さ1マイクロメートル以下の薄膜の膜厚方向の熱拡散率を測定することを目的としたピコ秒サーモリフレクタンス法薄膜熱拡散率計測システムを開発した。</p> <p>第1章では本研究の背景と薄膜熱物性の測定に関する従来の測定方法を概説した。</p> <p>第2章前半では測定原理を述べた。ピコ秒サーモリフレクタンス法ではピコ秒の超短パルスレーザー光で試料表面を高速加熱し、物質表面の反射率が温度により変わることを利用したサーモリフレクタンス法により、温度の相対的な変化を高速に測定する。これまで加熱パルス光と测温パルス光を試料の同じ領域に照射し試料表面温度の減衰曲線から薄膜の熱拡散率を算出する「表面加熱・表面测温」型が一般的であったが、新たに基板側の薄膜表面を加熱し、反対側の薄膜表面の温度を測る「裏面加熱・表面测温」型を考案した。この配置はバルク材料に対するレーザーフラッシュ法と同じ配置であり、膜内の熱の移動を直接観測することが可能である。また、第2章後半では加熱光の薄膜試料内部への浸透を考慮したパルス加熱に対する温度履歴曲線を理論的に導出した。</p> <p>第3章では開発したピコ秒サーモリフレクタンス法薄膜熱物性計測システムについて述べた。</p> <p>第4章では、第3章で述べた装置を用いて、実際に金属薄膜を測定した結果を示した。「表面加熱・表面测温」型の配置により、ガラス基板上に系統的に膜厚を変化させたアルミニウム薄膜試料を測定し、熱の移動が基板に影響されている様子を観測した。「裏面加熱・表面测温」型の測定においては100ナノメートルのアルミニウム薄膜、モリブデン薄膜を横切る熱移動の観測に世界で初めて成功し、室温下での熱移動は拡散的であることを明らかにした。</p> <p>第5章では、新たに考案した検出法について述べた。検知器に入射する测温光のうち、加熱光の変調周期に同期した信号の位相成分を測定したところ、位相成分の変化がパルス加熱に対する温度応答に比例することを見出した。位相成分の変化がパルス加熱に対する温度応答に比例する理由は、パルス光が繰り返し発振されることによって自発的に生成される参照信号を考慮することで説明できることを示した(ホモダイン検出法)。位相成分の変化は従来の振幅成分の変化よりS/N比に優れ、加熱光強度の揺らぎに影響されないため、定量性が飛躍的に改善された。</p> <p>第6章では、新規に開発した電気遅延方式のピコ秒サーモリフレクタンス薄膜熱拡散率計測システムについて述べた。测温パルス光の加熱パルス光に対する試料到達時間差は電氣的に制御され、世界で初めてパルス光の発振周期を超える時間領域のピコ秒サーモリフレクタンス信号を観測した。この技術により測定対象は厚さ100ナノメートル程度の金属薄膜のみならず、多様な薄膜へと広がった。</p> <p>第7章では本測定システムで熱拡散率を測定する際に含まれる不確かさ要因を抽出し、主要な不確かさ要因が熱拡散率に与える寄与について考察した。</p> <p>第8章では第7章までの成果で改善された本測定システムを基に、系統的に成膜条件を変えたモリブデン薄膜に対して膜厚方向の熱拡散率と構造との相関を調べた。膜の構造が異なると膜厚方向の熱拡散率が大きく変化することを明らかにし、金属薄膜内におけるナノスケールの熱伝導は結晶粒サイズと形状に依存していること示した。</p> <p>第9章では各章で述べたことをまとめ、本研究で得られた成果を要約した。</p>				
以上				