

ピコ秒パルスレーザーで見る100nmスケールの熱伝導

薄膜熱物性計測技術の開発

高集積化が進む半導体素子や、高密度化を目指す記録メディアではナノスケールの熱移動を制御するための熱設計が求められている。例えば相変化記録型の光ディスクは記録層や保護層から構成される全体の厚さが約100 nm程度の多層薄膜であり、レーザーによる加熱で記録層を結晶相かアモルファス相に制御することで記録する。高密度化のために熱設計を行うためには多層薄膜を構成する各層の熱拡散率や界面熱抵抗のデータが必要不可欠であるが、一般に薄膜の熱拡散率はバルク材料に対する測定と比べて難しい。

薄膜の熱拡散率を測るには、透明基板側の薄膜表面を瞬間的に加熱し、薄膜表面への熱拡散による温度変化を観測する「パルス加熱法」が、薄膜を横切る熱の移動を観察できて有効である(図1)。ただし、厚さ1 μm以下の金属薄膜では、熱が薄膜を横切る熱拡散時間は数10ナノ秒(=10万分の1秒)より短いので、それより十分速い「高速加熱」と「高速測温」の技術が必要となる。「高速加熱」に関しては、発光時間がピコ秒(1ピコ秒=1兆分の1秒)からフェムト秒(1フェムト秒=1000兆分の1秒)の超短パルスレーザー光による光加熱が汎用技術として利用可能である。一方「高速測温」に関しては、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

レクタンス法の発展により、温度の相対的な変化を「高速」に測定することが可能となった。当研究部門ではこれら二つの要素技術を組み合わせることにより、「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」を開発した。

図2にガラス基板上に異なる厚さのモリブデンを成膜した試料について、ピコ秒サーモリフレクタンス法により観測した表面温度変化を示す。膜厚のスケールと観測時間スケールは異なるが、バルク材料に対するレーザーフラッシュ法により測定される温度履歴曲線と相似であり、室温ではサブミクロン金属薄膜内部でも熱が拡散的に伝わることを示している。これはサブミクロン薄膜の膜厚方向へ横切る熱拡散の挙動を世界で初めて系統的に観測したものであり、ナノスケールの熱的挙動解明に寄与すると期待される。

当初は一部の金属材料にしか適用できなかったが、当研究部門では解析技術と検出技術を改良し、非金属薄膜に対しては対象薄膜の両面を信号の出やすい金属薄膜でコーティングすることにより熱拡散率の測定を可能とした。次世代大容量光記録ディスク、相変化メモリ、次世代半導体デバイス、有機ELなどの次世代ディスプレイ、MEMSなど、先端技術分野へ幅広く寄与すると期待される。

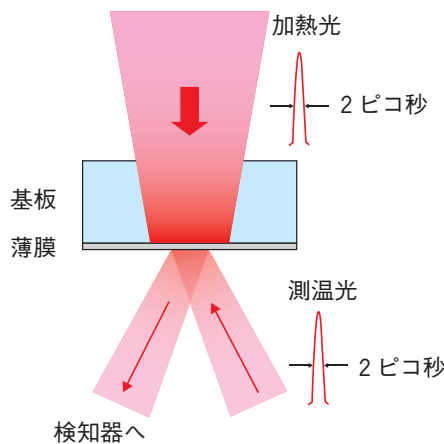


図1 ピコ秒サーモリフレクタンス法の原理図

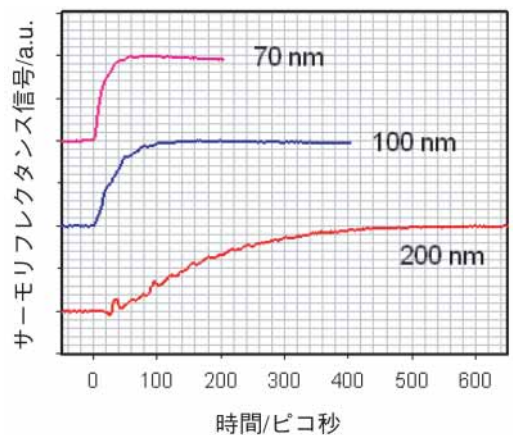


図2 ガラス基板上に成膜したモリブデン薄膜(70nm、100nm、200nm)のサーモリフレクタンス信号



たけとしなおゆき
竹歳尚之
n-taketoshi@aist.go.jp
計測標準研究部門

関連情報

- http://www.nmij.jp/thermophys/homepage/index_j.htm
- 共同研究者：馬場哲也、八木貴志、小野晃（計測標準研究部門）
- 特許 3252155 「サーモリフレクタンス法による熱拡散率測定方法」
- 特許 3430258 「熱拡散率と界面熱抵抗の測定方法」
- 特開 2003-139585 「微小信号測定方法」
- N. Taketoshi, T. Baba, A. Ono : Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 38, L1268 (1999).
- N. Taketoshi, T. Baba, A. Ono : Meas. Sci. and Tech. Vol. 12, 2064 (2001).
- 本研究はNEDOより委託されたナノテクノロジープログラムの一環として実施されている。