

パルス光加熱サーモフレクタンス法でみる薄膜および界面での熱伝導

Heat conduction in thin films and at interfaces observed by pulsed light heating thermoreflectance technique

○八木 貴志、竹歳 尚之、馬場 哲也 (産総研)

○Takashi Yagi, Naoyuki Taketoshi, Tetsuya Baba (AIST)

E-mail: t-yagi@aist.go.jp

エレクトロニクス開発では、微細化の限界を越える新たなブレークスルーが渴望され、エネルギー利用では、フォノン伝導の制御を取り入れた熱電材料の開発が進む。このような多彩な分野においてナノスケールの構造体内部における熱伝導の理解が必要である。我々は、厚さ 100 nm レベルの薄膜を横断する熱移動を時間分解測定し、熱物性値を求めるパルス光加熱サーモフレクタンス法¹⁾を開発し、薄膜の熱物性や異種物質界面の熱抵抗の研究を進めている。

パルス光加熱サーモフレクタンス法は、ピコ秒やナノ秒の超短パルス光を薄膜面に照射し、与えられた熱エネルギーが照射面から膜内部方向へ、または膜を横断して反対面へと熱拡散が進むことによる薄膜の表面温度変化を測定する方法 (Fig.1) である。厚さ 100 nm 程度の薄膜を横断する熱拡散の速さは、時間にして 100 ps のオーダーになるので、温度変化の検出には薄膜の反射率の温度依存性を利用する。加熱パルス光に対して遅延を加えた测温パルス光を照射し、反射光強度を時間分解測定することでパルス加熱の温度応答が得られる。

Fig.2 は、石英ガラス基板上にスパッタリング成膜した Zr 薄膜 (400 nm) について、基板側から 0.5 ps のパルス光で加熱し、表面の温度応答を測定した結果である。フーリエ則に沿った熱拡散の応答が観察され、理論式 (赤: 解析、青: 残差) を基に精密な熱拡散率の決定が可能である。

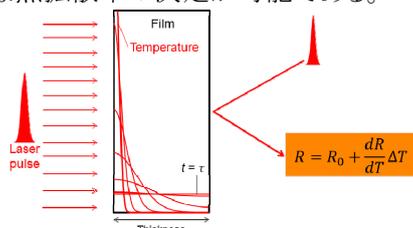


Fig.1 Pulsed light heating thermoreflectance method for measuring thermal diffusivity of thin films. Film sample is heated by laser pulse, and transient temperature at the opposite face is monitored by a probe pulse using thermoreflectance technique.

サーモフレクタンスは主に金属を対象とする测温技術であるが、多層膜の間に目的層を挟むことで、最小数ナノメートル厚の様々な物質や界面熱抵抗を評価することができる。一例として、Fig.3 に有機 EL 層 (10 nm 厚) を評価するための 3 層試料の断面 TEM 像を示した。有機 EL 素子は Al 電極上に真空蒸着で作製されるが、本測定法では、Al/有機 EL/Al の 3 層を通過する熱拡散を測定する。この結果から実際の発光素子とほぼ同一品質の有機 EL 層の熱拡散率²⁾が求められる。

本講演では、本技術を用いた各種機能性薄膜の熱物性や界面熱抵抗の研究を紹介するとともに、薄膜・界面の熱物性のデバイス開発への応用³⁾についても触れることとする。

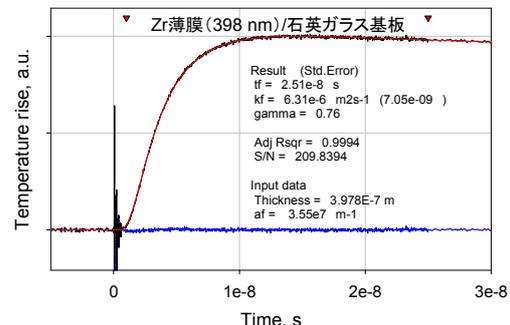


Fig. 2 Transient temperature curve and analysis result of the 398 nm-thick Zr film deposited on the quartz glass substrate. Thermal diffusivity of the Zr film was $6.3 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$.

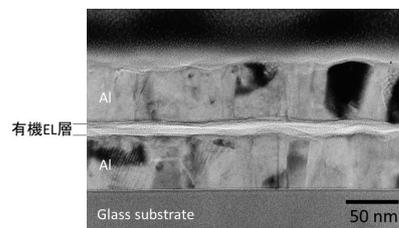


Fig. 3 Cross sectional TEM image of Al/ α -NPD/Al three layered film²⁾.

- 1) N. Taketoshi et al.: Jpn. J. Appl. Phys., 38, L1268 (1999).
- 2) N. Oka et al.: Jpn. J. Appl. Phys., 50, 11RB02 (2011).
- 3) 例えば Simpson et al.: Nature Nanotech., 6, 501 (2011)