薄膜材料の熱拡散率と界面熱抵抗の測定方法

熱的性能評価の効率性・信頼性向上によりデバイス材料開発に貢献

竹歳 尚之
たけとし なおゆき
n-taketoshi@aist.go.jp

イノベーション推進本部
国際標準推進部
標準企画室
室長
（つくばセンター）

入所以来、薄膜の熱物性計測技術の開発と計量標準の構築に取り組んできました。最近は国際標準推進に取り組んでいます。新しい技術が社会に受け入れられるようにするには、研究者は論文発表のみならず、社会ニーズを見ながら、特許化、ベンチャー起業、標準化など、使えるツールはすべて使う姿勢が必要であると最近特に強く感じています。

関連情報：

● 参考文献

[1] 竹歳 尚之：*産総研 TODAY*, 3(11), 13(2003).

[2] 八木 貴志：*産総研 TODAY*, 10(11), 17(2010).

[3] 八木 貴志：*産総研 TODAY*, 8(5), 31(2008).

● 共同研究者

八木 貴志（産総研）

● 用語説明

＊サーモリフレクタンス：物質の反射率が温度により変化する現象。反射率変化の大きさは金属において 1 K あたり 1 万分の 1 から 10 万分の 1 程度である。

＊＊ SI トレーサブル：測定器が標準器により校正され、最終的に国家標準すなわち国際単位系（SI）にたどり着けることが確かめられていること。

標準化の背景

私たちの日常で使われるメモリー、ディスプレイ、LEDなどのエレクトロニクスデバイスは、厚さ数十ナノメートルから数百ナノメートルの薄膜が積層されて作られています。これらのデバイスでは発熱の制御で性能や寿命が決まるため、材料である薄膜そのものの熱伝導率や熱拡散率などの熱物性や薄膜界面の熱抵抗の評価が、デバイスの熱設計のために必要とされています。しかし、これまで企業の研究開発の場において薄膜材料の熱物性値を測定することは簡単ではありませんでした。

JISの制定と計量標準の取り組み

産総研は、新エネルギー・産業技術総合開発機構の標準化調査研究事業を受託し、2005年度から実用測定器による薄膜の熱拡散率と多層膜の界面熱抵抗を測定する手法を研究してきました。その成果として2011年12月にJIS R1689「ファインセラミックス薄膜の熱拡散率の測定方法−パルス光加熱サーモリフレクタンス法」とJIS R1690「ファインセラミックス薄膜と金属薄膜との界面熱抵抗の測定方法」が制定されました。

この二つの規格にある測定の手順と解析方法を用いることで、さまざまな薄膜材料の熱拡散率や界面熱抵抗が評価できるようになり、新素材の評価や新たなデバイスの開発に寄与します。

これらの規格は、産総研が開発を進めてきたパルス光加熱サーモリフレクタンス*法と呼ばれる計量標準の技術[1]が基礎となっています。これは、単層膜または3層膜（両側は金属膜）を瞬間的に加熱し、加熱された面と反対側の面の温度上昇を高速に測定する手法です（図1）。JIS規格には、本測定手法によって単層膜の熱拡散率を測定する手順と、3層膜の界面熱抵抗を測定する手順が記載されています。

また、産総研では、パルス光加熱サーモリフレクタンス法をもとにした実用測定器の開発[2]を行うとともに、この実用測定器を校正するための標準薄膜（RM1301-a）の頒布[3]を行っています。今回制定されたJIS規格は、わが国の計量標準にトレーサブル**な測定結果を得るためのツールとしても重要な役割を果たしています（図2）。

将来の展望

計測技術開発、計量標準の供給、実用器開発そして標準化を一体的に進めることで、薄膜の熱物性分野に対する包括的な計測体系を構築しました。今回のJIS規格は、対象がファインセラミックス薄膜ですが、基本技術自体は多様な薄膜にも適用可能です。今後は対象範囲を広げ、ISOなどの国際標準化を推進し、広く企業のR&Dに寄与していきたいと思います。

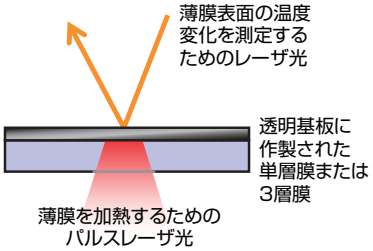

図１ パルス光加熱サーモリフレクタンス法の原理

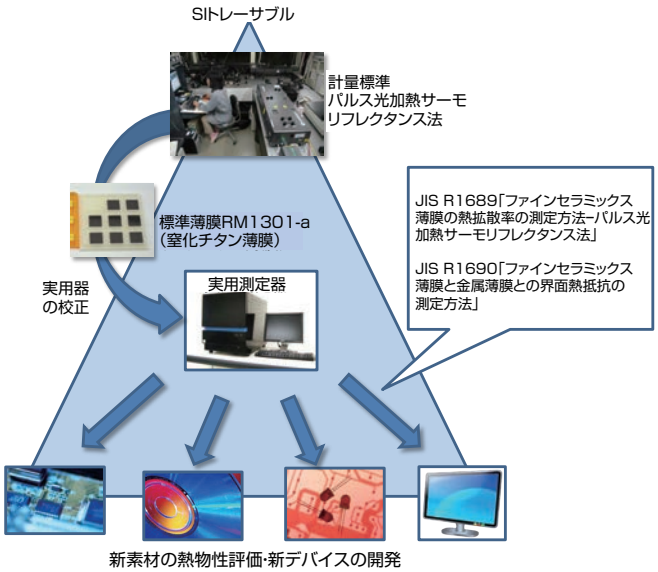

図２ 計量標準と JIS 規格