156. 低温域における赤外分光放射率測定システムの開発

湊秀幸、石堂能成

(独立行政法人 産業技術総合研究所関西センター)

1. はじめに

低温域での分光放射輝度(放射率)測定のため、液体窒素温度以下まで冷却できる温度可変制御の分光放射率測定システムを開発した。このシステムでは、人の生活環境において自然に生ずる熱的な赤外光のふるまいを把握する基本量である分光放射率の精密測定を可能とし、その応用あるいは標準化への指針を得ることが期待される。

2. システムの構成

図1は、放射率測定システムにおける基本部分の概略図を示しており、円筒型空洞部、試料部、冷凍機フランジ、ヒータ並びに温度センサー等から構成されている。円筒型空洞部、試料部、および冷凍機フランジ等は高熱伝導率の無酸素銅を用いて製作した。これらは、高真空容器内に設定され、極低温圧縮冷凍機、及びプログラム式精密ヒータ加熱温度コントローラ等を用い、450K~60Kの範囲において精密な温度設定・制御が可能となるようにした。図に示すように、空洞部は、内面に黒色塗料をコーティングした円筒型空洞放射光源となっている。試料部は、移動式試料ホルダーとし、真空容器外から操作可能となっている。そして試料部、及び円筒型空洞放射光源の温度設定・制御は、極低温圧縮冷凍機からの高圧縮ヘリウムガスを2つのパルス管冷凍機に分割する方式により、それぞれ、独立して行えるように工夫した。またプログラム式精密ヒータ加熱温度コントローラは、パソコンと接続し、白金抵抗体(T1,T3)温度センサーに基づいて空洞部及び試料部のヒータ電流を制御すると共に、別の位置に設定した白金抵抗体(T2)およびSi半導体温度センサー(T4)からの温度も同時にモニター可能となっている。

図1 空洞部、試料部の基本構成

図2 システムの温度設定制御特性

3. 作動実験

図2は、作動状況の一例を示す。同図において、T1、T2は空洞部、T3は試料、T4は試料部側の冷凍機フランジにおける各温度を示している。システムのスタート時(左端)から約3時間半における温度変化曲線は、ヒータ電流OFFでのシステムの最小到達温度に至る特性を示している。また、最小到達温度から比較的急峻に立ち上がった後、平坦になっているところは、ヒータ電流をONにおいて設定温度値に対する温度制御が行われていることを示している。これらの実験結果から、空洞部と試料部の温度設定の安定性は $\pm 0.1\text{K}$ 以内であり、空洞部のT1とT2の温度差は $\pm 0.5\text{K}$ 以内であった。次に、FT-IR分光器とMCT半導体検出器を用い、円筒型空洞光源からの低温度放射の予備測定を行った。図3は、円筒型空洞の各設定温度での放射出力をインターフェログラムのピーク出力で示している。同図に示すように、各設定温度と放射出力の関係は安定した滑らかな特性を示しているが、放射強度が小さい低温度側で平坦な曲線になっていることが分かる。これは、空洞放射光源以外のFT-IR分光器等における自己放射の存在を示すものである。このように、分光装置等の自己放射の存在は、低温域での精密な放射測定に大きく影響することを示唆している。

4. むすび

低温域での精密温度可変制御の分光放射率測定システムを開発し、良好な温度設定・制御特性であることを明らかにした。

図3 円筒型空洞光源の放射出力測定例

Development of infrared spectral emissivity measuring system for low temperature. Hideyuki Minato and Yoshinari Ishido