

[2024202012]

# イオンビーム加工による光閉じ込め構造型黒色素材「暗黒シート」の応用 Application of Light-Confined Structured Perfect Blackbody Sheet by Ion Beam Fabrication

雨宮邦招<sup>#A)</sup>, 清水雄平<sup>A)</sup>, 越川博<sup>B)</sup>, 八巻徹也<sup>B)</sup>  
Kuniaki Amemiya<sup>#A)</sup>, Yuhei Shimizu<sup>A)</sup>, Hiroshi Koshikawa<sup>B)</sup>, Tetsuya Yamaki<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup> National Metrology Institute of Japan, AIST

<sup>B)</sup> Department of Advanced Functional Materials Research, QuBS, QST

## Abstract

This research aims to develop a working standard for thermal radiometers that can operate stably at high speed by implementing a light absorber similar to an ideal blackbody in a high-sensitivity calorimeter. Until now, the standard for absolute radiation flux (absolute thermal radiometer) has had difficulty in combining the device to capture light without leakage and the operating speed, resulting in unrealistically long time for spectroscopic measurements over a wide range of wavelengths. To overcome this problem, a light absorber with a fine surface texture formed by high-energy ion beam processing technology, is mounted on a high-speed, low-noise calorimeter sensor such as a thin-film thermopile to enable rapid absolute spectral power calibration with an unprecedented uncertainty (0.1% level).

**Keyword:** perfect absorbers, microstructures, surface modification, ion beam fabrication, absolute radiometer

## 1. はじめに

黒体材料は光の制御・利用で幅広い用途があり、世界的に開発競争が活発である。従来は配向カーボンナノチューブ (CNT) の光反射率 (0.1%以下) が黒さ世界記録であったが、配向 CNT は接触により損傷しやすく一般環境での利用が困難であった。

著者らは、高エネルギーイオンビームを用いて微細な表面凹凸構造 (光閉じ込め構造) を加工し、いわばマイクロな空洞黒体アレイを実現した極低反射黒色素材「暗黒シート」を開発してきた。その結果、理想的な黒体に近い極低反射率 (0.1%未満) と耐久性を併せ持つ暗黒シートの開発に成功した。

本研究では暗黒シートの高い光吸収性能と実用レベルの耐久性を生かし、絶対光放射計の光吸収体部、迷光除去用の光トラップなど、各種先端光技術への用途探索を進める。特に、光源の明るさの基準となる絶対光放射計の光吸収体部への実装、迷光除去用の光トラップとしての活用などを試みる。実用化を念頭にシートの品質も多角的に分析し、必要に応じて製造プロセスを見直すなどして、暗黒シートを実装した絶対光放射計の技術を確立することを目指す。

## 2. 実験方法と結果

### 2.1 暗黒シート膜の作製

本研究では、(1) 熱量センサに実装する暗黒シート膜の要件設計、(2) 熱量センサへの暗黒シート製膜方法の開発、(3) 作成した熱型放射計の評価と動作方式確立を行うが、2024 年度は特に (1) に注力した。

まず、CR-39 樹脂基板 (最大 120 mm×120 mm 程度、厚さ 0.8 mm) に、量研高崎量子応用研究所イオン照射研究施設 TIARA の AVF サイクロトロンからの Ne イオンビーム (200 MeV 以上) を  $10^6 \text{ cm}^{-2}$  程度照射した。照射後の CR-39 基板は 70 °C の 6.4 N NaOH 水溶液中で数時間エッチングして、表面を円錐状エッチピットで敷き詰め、平坦部が残らないようにし

た。次に、マイクロ空洞構造を作製した CR-39 樹脂基板を原盤とし、シリコーンゴム液を滴下して硬化させ、離型することで、その表面に微細構造を転写した。さらに、このシリコーンゴム転写体を二次モールドとし、黒色基材の表面に光閉じ込め構造を型押しすることで、暗黒シート膜を製造した。

### 2.2 暗黒シート膜の要件検討

熱量センサに実装する暗黒シート膜の要件設計を検討した。極低反射な光吸収体になるための三要件、①表面反射の抑制、②媒質内散乱の低減、③十分な光吸収のうち、表面反射は暗黒シートの光閉じ込め構造により 0.1%未満に抑えられるが、媒質内散乱の低減と十分な光吸収性の両立に課題があることを確認した。ただし、散乱反射が一定程度残ったとしても、その半球反射率の波長依存性を小さくできることが確認された (図 1)。半球反射率の波長依存性が小ささは、熱型放射計実用標準器の不確かさ低減に直結する。

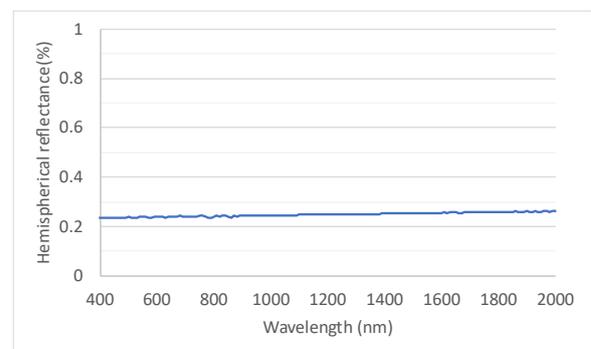


Figure 1. Spectral hemispherical reflectance of our blackbody sheet material with low wavelength dependence. ©AIST.

### 3. まとめ

研究期間全体の達成目標に対し、特に光吸収体部の検討を進め、絶対放射計に求められる不確かさを得られる見込みを得た。

### 謝辞

本研究の一部は、科研費(JP24K03214)の支援を受けた。