

超伝導磁石用絶縁材、伝熱材の照射効果

Irradiation Effects in Insulation and Thermal Conduction Materials for Superconducting Magnets

Yang Ye¹⁾ 吉田 誠²⁾ 出崎 亮³⁾
Ye YANG Makoto YOSHIDA Akira IDESAKI

¹⁾九州大学 ²⁾高エネルギー加速器研究機構 ³⁾量研

（概要）

大強度加速器施設などの高放射線環境下で運転される超伝導磁石において、有機材料で構成される絶縁材などの放射線による劣化が懸念される。特に、超伝導線を絶縁するための絶縁テープの熱伝導率は、磁石内部の冷却特性に大きく影響する。そこで、ポリイミドフィルムとガラスクロスを複合した絶縁テープにガンマ線を照射し、熱伝導率の変化を検証した。さらに、極低温での温度計の固定に使用される低温用エポキシ接着剤についてもガンマ線を照射し、接着強度を測定した。

キーワード：

超伝導磁石、ポリイミド複合絶縁テープ、ガンマ線照射、熱伝導率、低温用エポキシ接着剤

1. 目的

J-PARC の COMET 実験で使われる超伝導磁石[1]は、超伝導線を絶縁テープで絶縁して巻き線したコイルで構成される。絶縁テープは、厚さ 25 ミクロンのポリイミドフィルムに、厚さ 30 ミクロンのガラスクロスに BT (Bismaleimide-Triazine) 樹脂とエポキシ樹脂を用いて複合化したもの（複合絶縁テープ）である。複合絶縁テープの熱伝導率が放射線によって劣化するとコイルの冷却性能が低下し、超伝導状態を維持できなくなる可能性がある。本研究では、複合絶縁テープの熱伝導率が、照射によって低下するかどうかを検証することを目的とする。ポリイミドフィルムについては、25MGy 相当の Ni イオン照射によって熱伝導率が半分に落ちることが報告されているが[2]、ポリイミドフィルムとガラスクロス、BT 樹脂を用いた複合絶縁テープに関しては未知である。

また、コイル温度を測定するための温度計を固定するために、取り扱いが容易な常温硬化できる極低温用エポキシ接着剤を用いることができれば施工が容易になる。照射によって接着力が低下しないことを確認する。

2. 実施方法

厚さ 75 ミクロンの複合絶縁テープを 4 枚重ねて、断面積 10mmx10mm のアルミ棒の間に挟み込み、熱硬化させた試料にコバルト線源のガンマ線を照射した。照射中の酸化を防ぐため、試料はガラスアンプルに封入して照射した。試料の片端を小型冷凍機で冷却し、もう片端をヒータで加熱することで、複合絶縁テープの前後での温度差から熱伝導率を計測する。5K から 20K に温度を変えながら、照射効果の温度依存性も含めて照射前後の熱伝導率の変化を評価した。

また、低温用エポキシ接着材と厚さ 2 mm のアルミ板を用いて引張せん断接着強度試験片を作成し、照射前後の接着強度を測定した。接着剤としては、2 液性の常温硬化型で取り扱いの容易な日東シンコー製ニトフィックス (SK-229) を使用した。試料はガラスアンプルに封入して照射した。

3. 結果及び考察、今後の展開等

複合絶縁テープを用いた試料を 3 個用意し、それぞれに 0.2MGy, 1MGy, 5MGy のガンマ線を照射し、照射前後で熱伝導率を測定したところ、5K から 20K の温度領域において有意な劣化は観測されなかった。5K における熱伝導率は、照射量にかかわらず、およそ $0.02 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ であり、ポリイミドフィルムに比べて 2 倍程度の熱伝導率を持つことが分かった。これにより、J-PARC COMET 実験用超伝導磁石のビーム運転中のコイル温度を見積もることができた。

また、低温用エポキシ接着材の接着強度は、1MGy 照射によっておよそ 1 割低下し、5MGy 照射によっておよそ 40% 低下することが観測された。J-PARC COMET 実験用超伝導磁石の受ける放射線量は

1MGy 程度と予測しているので、温度計の固定などには問題なく使用できることが分かった。

4. 引用(参照)文献等

- [1] M. Yoshida, et al., “Status of superconducting solenoid system for COMET phase-I experiment at J-PARC,” IEEE Trans. Appl. Supercond., Vol.25, No.3 (2015).
- [2] Seidl, T., et al. “Radiation Hardness of Insulating components for the new Heavy-ion accelerator facility.” Proceedings of HB (2010).