

分光反射率測定を用いたプラズマ対向材料の表面診断

Diagnostics of surface modification of plasma facing materials using optical spectral reflectance measurements

*田中徳人¹, 宮本光貴¹, 吉田直亮², 時谷政行³, 相良明男³

¹島根大総理工, ²九大応力研, ³核融合研

核融合プラズマ対向材料の表面特性を正確に把握する手段として, 実時間測定に応用できる光反射率測定を用いた診断手法を提案した. 主に LHD プラズマに曝した試料の光学特性測定を行い, 光学特性変化から試料表面の不純物堆積層膜厚の推定が可能である事を示した.

キーワード: 材料診断, 光反射率, 照射損傷, 不純物堆積層

1. 緒言

燃焼プラズマを取り扱う核融合炉において, 長時間安定したプラズマの制御と炉の安全維持を達成するためには, 時々刻々と変化していくプラズマ対向壁の表面特性を実時間で正確に把握することが必要である. 本研究は, 炉内でも簡便に実時間測定できる光反射率測定を, 対向壁の特性変化を定量的に評価する診断手法として適用することを目指している. 今回は LHD プラズマに曝した試料の光学特性測定を行い, 光学特性変化に与える不純物堆積状況の影響について評価した.

2. 実験方法

LHD の 18 サイクルプラズマ曝露後の試料の光反射率スペクトルを分光エリプソメーターにより測定した. その後, 単層膜モデルを用いた反射スペクトルのフィッティングから試料表面の不純物堆積膜厚を見積り, 実際に TEM 断面観察により得られた結果と比較した.

3. 実験結果

プラズマ曝露後試料の光反射率スペクトルの波長依存性を図 1 に示す. 不純物堆積のほとんどない損耗優位な試料においては, スペクトル形状を維持した全体的な反射率低下が観察された. 一方, 不純物堆積層を有する試料では, 堆積膜厚の増加に従いスペクトル形状は大きく変化し, また反射率強度も大きく低下した. この測定した光反射率スペクトルを用いて堆積膜厚を見積り, 断面 TEM 観察から得られた膜厚と比較した. 図 2 に反射率スペクトルからの見積った膜厚と TEM 観察から得られた実際の膜厚の関係を示す. 光学測定から見積もられた堆積層の膜厚は概ね実測値と一致しており, 本手法の有用性が示された. 一部の試料においては, 両者に大きな差異が見られたが, 適応できる膜厚限界 (光の侵入長) を超えていること, また, 特殊な構造の堆積層が形成していることが原因と考えられた.

これらの結果から分光反射率測定は, 厚さ数 100nm 程度までの均一な堆積層に対しては, 反射率測定が簡便な厚さ評価法として利用できることが示唆された.

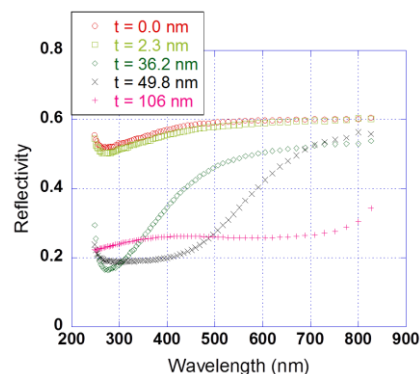


図 1 プラズマ曝露後試料の
反射率スペクトル

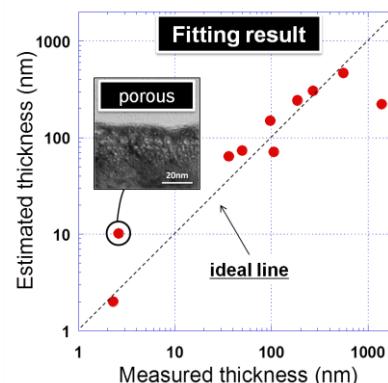


図 2 TEM 観察による堆積層膜厚の測定値と
光学測定から見積った膜厚の関係

* N. Tanaka¹, M. Miyamoto¹, N. Yoshida², T. Tokitani³, and A. Sagara³

¹Shimane Univ., ²RIAM, Kyusyu Univ., ³NIFS