

テラヘルツ波反射防止用 TiO₂ コーティング Si モスアイ構造

TiO₂ coated Si moth-eye structures for anti-reflection of THz waves

名工大¹, 阪大レーザー研², Czech Academy of Sciences³, Massey Univ.⁴

○(M2)三浦 悠杜¹, Verdad C. Agulto², 加藤 康作², Marilou C. Raduban^{2,4}, 山ノ井 航平²,

中嶋 誠², 前川 覚¹, 糸魚川 文広¹, Jiří Olejníček³, 小野 晋吾¹

Nagoya Institute of Technology¹, Institute of Laser Engineering, Osaka University²,

Czech Academy of Sciences³, Massey University⁴

◦H. Miura¹, V. Agulto², K. Kato², M. Raduban^{2,4}, K. Yamanoi², M. Nakajima², S. Maegawa¹,

F. Itoigawa¹, J. Olejníček³, S. Ono¹

E-mail: h.miura.473@stn.nitech.ac.jp

1. はじめに

近年、テラヘルツ波は幅広い分野での応用が期待されているが、光学材料の界面での大きな反射損失が問題となっている。この反射損失を低減する手法の一つとして、モスアイ構造がある。しかし、モスアイ構造の突起の幅と高さの比(アスペクト比)を大きくすると低反射率を実現できるが、機械的強度が低くなるという欠点がある。そこで我々はモスアイ構造へコーティングを施し、機械的強度を維持しつつ、低周波数側において反射率低減につながる新たな設計を考案した。

2. 実験内容と結果

今回行った実験では、フェムト秒レーザー加工によりシリコン(Si)基板上に2種類の周期的な溝を作製した。この構造にホットホローカソード放電を用いて膜厚の異なる酸化チタン(TiO₂)コーティングを施した。作製したサンプルはテラヘルツ時間領域分光法(THz-TDS)を用いて反射率、透過率の評価を行った。また、各構造についてモデル化し、高周波電磁界解析ソフト(HFSS)を用いて反射率、透過率シミュレーションを行った。シミュレーションモデルとTHz-TDS、HFSSによる反射率と透過率の結果をFig.1に示す。

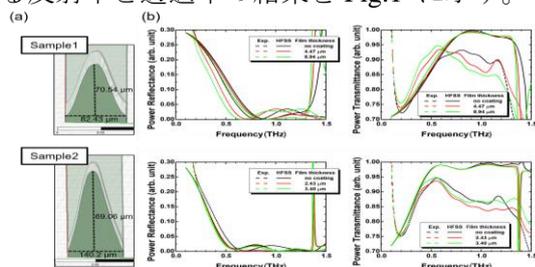


Fig.1 (a) HFSS model with Si moth-eye structure with two types of TiO₂ coatings. (b) Reflectance and transmittance results for Sample1 and Sample2.

今回の計算値、実験値ともに0.5~1THz周辺においてパワー反射率を0付近まで低減することに成功した。また、膜厚を大きくすることで低周波数側でより反射率の低減が確認できた。

次に0.1~1.25THz帯域において同程度のパワー反射率改善を示すTiO₂コーティング有りのSample3とコーティング無しのSample4の機械的強度を比較する。数値解析ソフトウェア(COMSOLの構造力学モジュール)を用いて応力解析を行った。両サンプル共に斜面に対して垂直方向に1MPaの圧力を加えた場合、最も応力集中した箇所のミーゼス応力の評価を行った。その両モデルと計算結果をFig.2に示す。最も応力集中する溝部分のミーゼス応力は、コーティングを施したSample3の方がSample4よりもおよそ0.29倍となることが確認でき、同じ圧力の負荷をかけても応力集中が少ないため、より機械的強度の高いモデルだと言える。

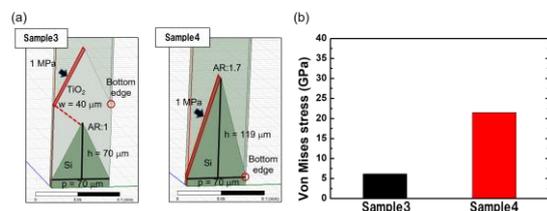


Fig.2 (a) Sample 3 of the moth-eye structure model with TiO₂ coating and sample 4 of the model without coating. (b) Von Mises stress for sample3 and sample4.

3. まとめ

本研究は、モスアイ構造へコーティングを施すことで、機械的強度を維持したまま、低周波数側において高い反射防止特性を示した。