

テラヘルツパルス波を用いた膜厚計測の高分解能化

Improvement of the resolution of the thickness measurement of film using a terahertz pulse wave

パイオニア (株) , °落合 孝典, 高橋 一雄

Pioneer Corp. °Takanori Ochiai, Kazuo Takahashi,

E-mail: takanori_ochiai@post.pioneer.co.jp

1. はじめに

塗膜等の膜厚を非接触で計測する手法として、テラヘルツパルス・エコー方式を用いた計測技術がある。この方式による膜厚計測の課題は、薄膜を計測した際に、各層からの反射パルス波が重なってしまい、ピーク検出ができなくなることである。このパルス波同士の分離分解能を向上させる手法として、テラヘルツ波の短パルス化[1]や、信号処理による膜厚推定[2]等が検討されている。本稿では、電磁波解析技術を利用し、より精度の高い膜厚計測や多層膜等の複雑な構造の膜厚計測にも対応できる手法について提案する。提案手法では、FDTD法[3]を用いたパルス伝搬シミュレーションを行い、各界面からの反射波や、塗膜内の多重反射等、全ての反射波が含まれる合成波として計算した反射波形をライブラリ波形とする。そして、実測波形に対してパターンマッチングを適用し、膜厚の推定を行う。本稿では、そのライブラリ波形と実験波形を比較した結果について報告する。

2. シミュレーションモデル

ライブラリ波形を構築する際の、シミュレーションモデル例をFig.1に示す。本稿では、アルミ基板上にエポキシ系塗料(群屈折率 $n_g=2.06$)が塗られた単層塗装膜からの反射波形をシミュレーションした。このときの入力波形は、金属板のような高反射物体を用いて、テラヘルツ波の時間軸波形データを取得し、装置のシステム特性を含む射出波形(基準波形)として利用した。このようにして、各膜厚に対するパルス波の伝搬シミュレーションを行い、ライブラリ波形を構築する。

3. 実験

ライブラリ波形と実測波形が一致するかどうか、確認実験を行った。Fig.2に薄い膜厚(厚さ:75 μm)の場合の実測結果とシミュレーション結果を示す。

実際の膜厚はマイクロメータで計測した。Fig.2より、実測波形とシミュレーション波形がほぼ一致し、計算結果が妥当であることが分かる。

よって、計算機上で各膜厚に対する反射波形をシミュレーションし、パターンマッチングを適用することで、各界面からのパルス波が重なってしまうような薄膜の場合にも測定可能である。

4. まとめ

ライブラリ波形と実測波形を比較し、シミュレーションの妥当性を示した。今後は、開発したハンディ型テラヘルツスキャナに膜厚計測機能を搭載し、パターンマッチングを適用することで、パルス波の分離分解能の向上を図る。

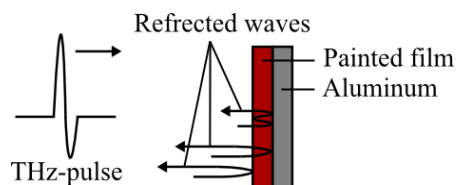


Fig.1 Simulation model.

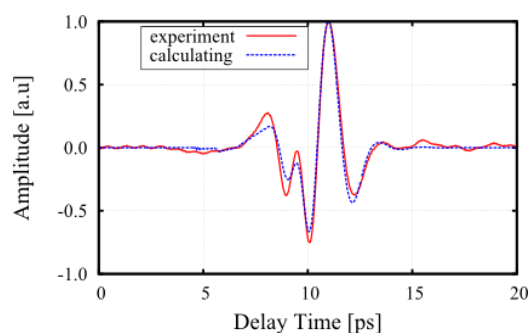


Fig.2 The calculated waveform and the measured waveform of the THz echo pulse, respectively.

参考文献

- [1] J. Takayanagi *et al*, J. Jpn. Soc. Colour Mater., **85**, pp. 459-464 (2012).
- [2] T. Yasuda *et al*, Appl. Opt **46**, pp. 7518-7526 (2007).
- [3] 宇野亨, “FDTD 法による電磁界及びアンテナ解析,”コロナ社(1998).