

テラヘルツ電磁波パルスを用いた塗装膜厚測定の高分解能化

(阪大院・基礎工) ○安田敬史, 実吉永典, 安井武史, 荒木勉
(徳島大・工) 岩田哲郎

【はじめに】

自動車を始めとする様々な工業製品に施されている塗装膜は素地の保護(防水、防錆、防腐)、美観(色彩効果)といった観点から厳密な品質管理が要求されているが、従来の接触型膜厚計(渦電流式、超音波式など)ではインプロセス、多層膜、膜厚ムラ、非金属素地、品質評価(乾燥状態、剥離)などの要求に対する対応が困難であった。我々はこれらの制限を解決する手法としてテラヘルツ電磁波パルス(THzパルス)を用いた塗装膜計測に関する研究を行っている^{1,2}。

これまでは二つの THz パルスエコーの遅延時間から膜厚を求めるといった簡便な手法を用いていたため、その膜厚分解能は THz パルスの時間幅によって制限され(=40 μ m)、実際の応用に対して不十分であった。今回は測定波形に対して信号波形処理を施すことにより高分解能化を検討した。

【原理】

アルミ基板上的の単層塗装膜を考える。塗装膜に THz パルスを入射するとまず塗装膜表面と空気の境界(1)で一部が反射し、次に塗装膜裏面とアルミ素地の境界(2)で反射する(Fig.1(a))。従来はこの二つのパルスの遅延時間 Δt から膜厚を求めていたが、二つのパルスが分離できないような薄塗装膜の場合には計測不可能であった。ここでは二つのパルスエコーが重なり分離できない測定波形 $E_{sig}(t)$ (Fig.1(b))を、(1)参照波形(塗装膜表面での反射波形) $E_{ref}(t)$ と(2)塗装膜中の伝播による吸収(1-T, T:透過率)と遅延時間(Δt)を考慮した $T \times E_{ref}(t + \Delta t)$ の二つの波形の重なりとして推定し(Fig.1(c))、波形フィッティング(重回帰分析)を行う。フィッティング波形のパラメータを変化させ測定波形との残差二乗和が最も小さい Δt とTを求めることにより膜厚を求めることが可能となる。

【実験と結果】

二つのパルスが分離できないときの波形を Fig.2(a)に示す。このときのサンプル膜厚は予め渦電流式膜厚計(誤差 $\pm 3\%$)で計測し 20 μ mである。これを波形フィッティングしたときの両波形の残差を示したのが Fig.2(b)である。これよりフィッティング波形と測定波形がほぼ一致していることがわかる。このときフィッティング波形から求めた膜厚は 22.5 μ mであり渦電流式膜厚計で計測した値と精度良く一致している。

【まとめ】

重回帰分析による波形フィッティング処理より膜厚分解能を向上させることができた。今後は吸収や屈折率の周波数依存性を考慮することにより膜厚分解能の更なる向上を目指す。

本研究は平成 16 年度 NEDO 産業技術研究助成より援助を受けた。

参考文献

- [1] 安田他, 2003 秋季応用物理学会, 2p-ZD-7, p. 1004.
- [2] T.Yasui et al, *Proc. CLEO Pacific Rim 2003*, p.480.

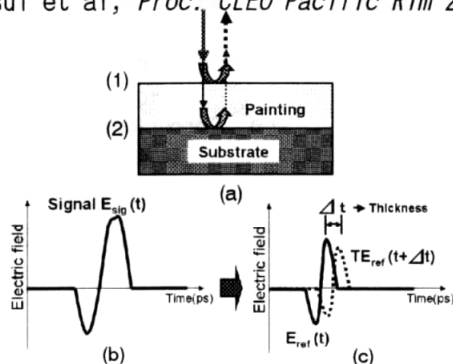


Fig.1: Principle of THz painting thicknessmetry

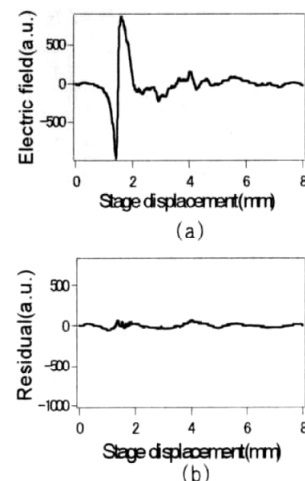


Fig.2 (a):measured waveform, (b):residual between measured and fitting waveforms