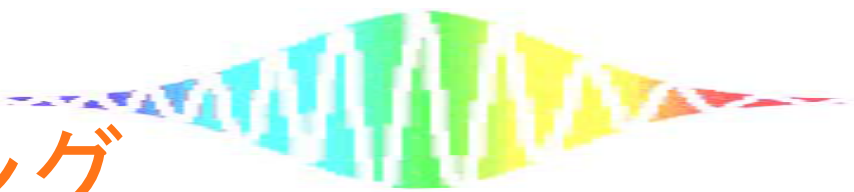


断層イメージング



非破壊検査(内部構造)

例) 工業製品
生体ほか

X線

- 良好な物質透過特性
- 透過イメージング、CT
- 高い侵襲性

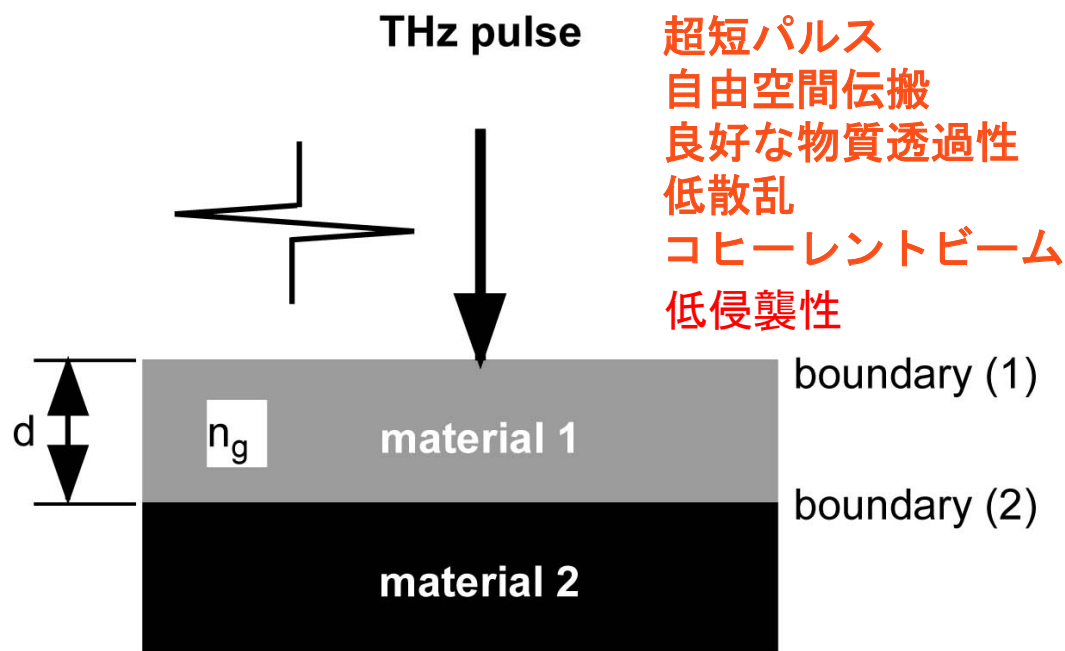
超音波

- 良好な物質透過特性
- パルス特性
- 断層イメージング
- 接触測定

OCT

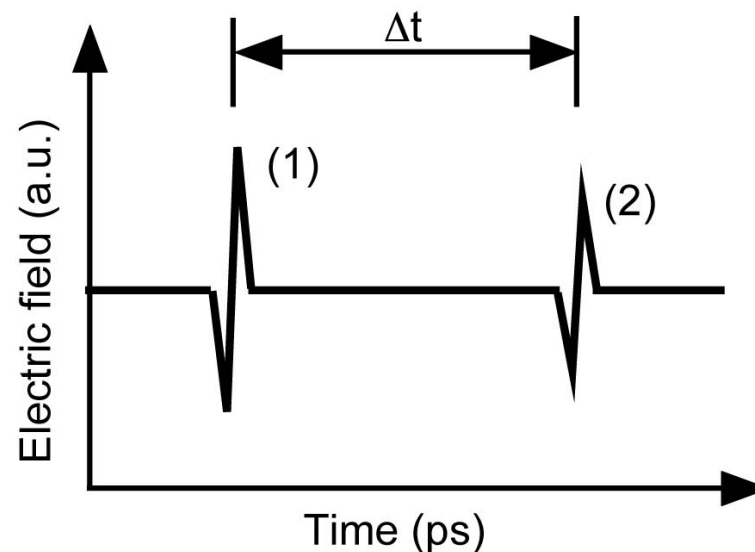
- 非接触リモート
- 低侵襲
- パルス特性
- 断層イメージング
- 表面近傍のみ

THzトモグラフィ（THz断層イメージング）



$$\Delta t = \frac{2n_g d}{c}$$

n_g : 群屈折率
 d : 厚さ
 c : 光速



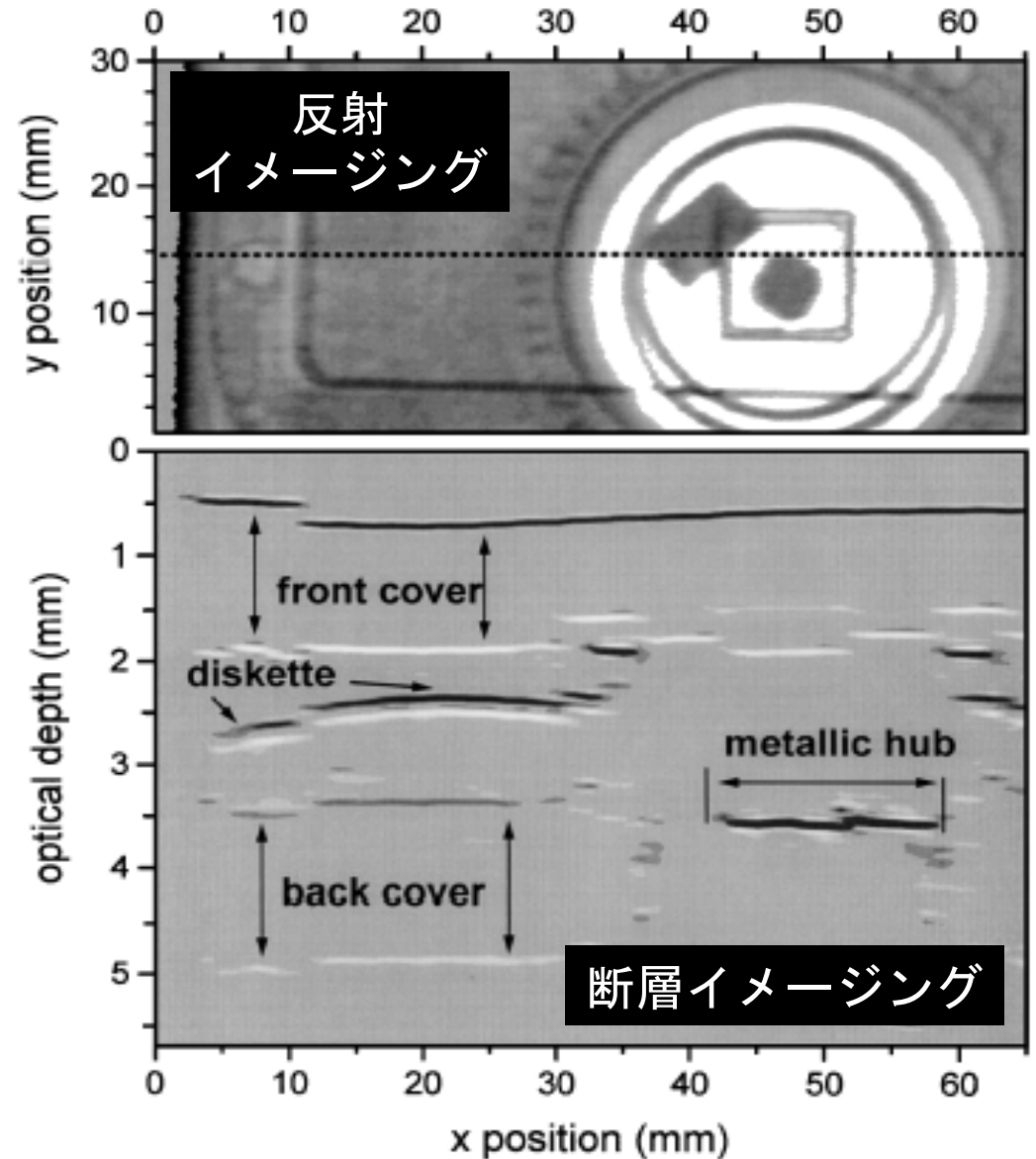
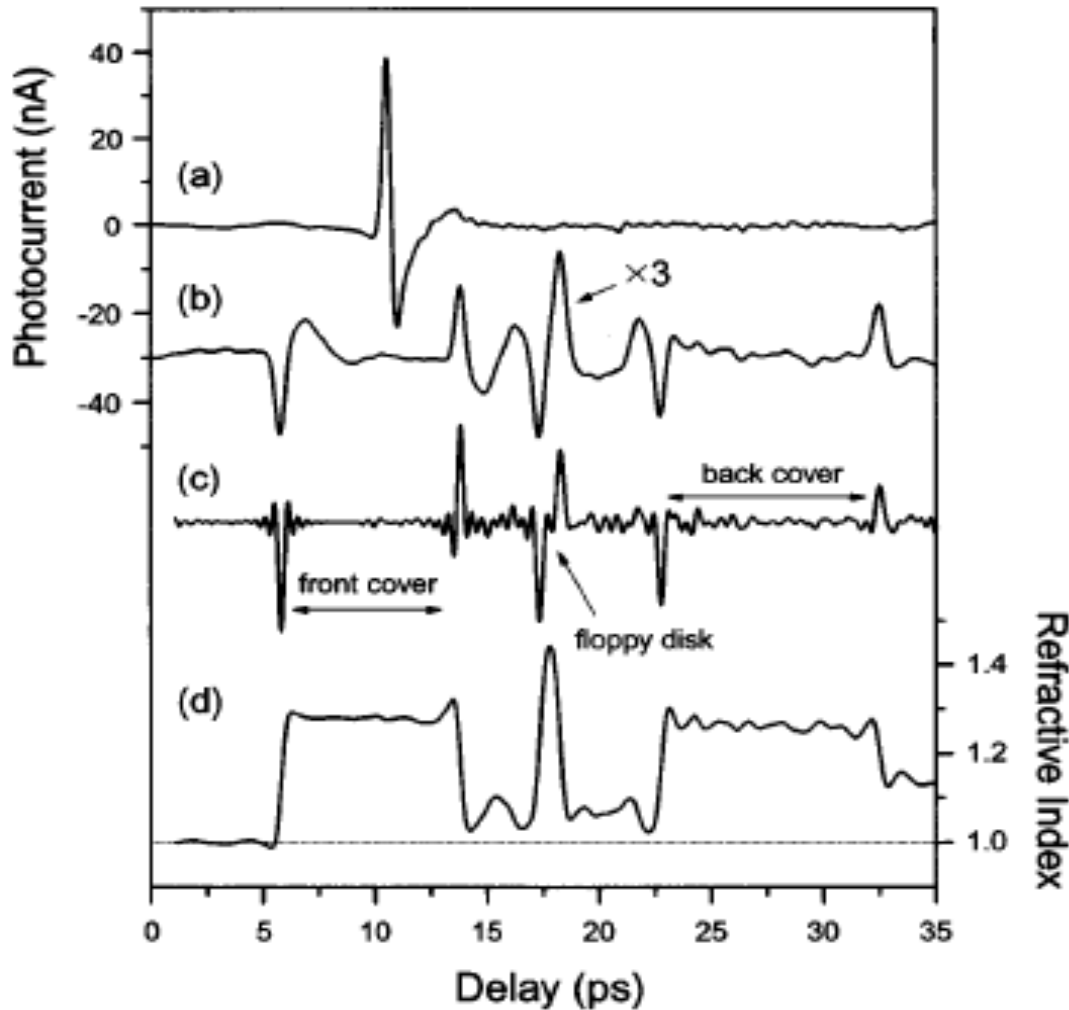
THzトモグラフィ

非接触リモート、非侵襲、深部プローブ

世界最初のTHzトモグラフィ

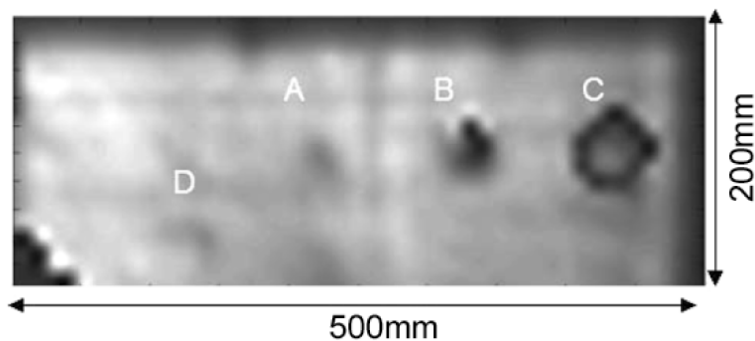
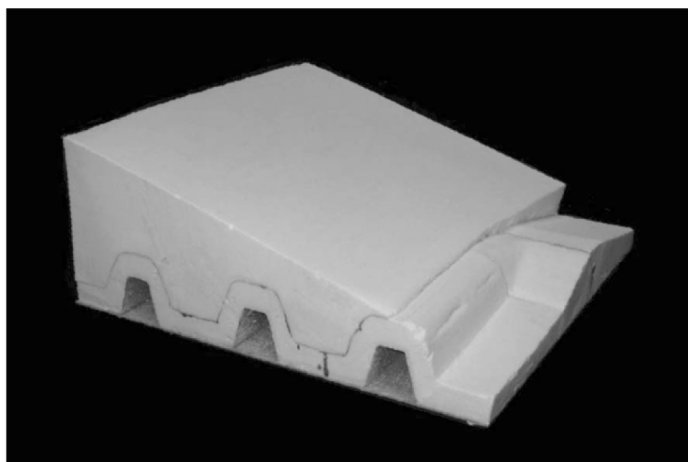
フロッピーディスク

THzエコー信号

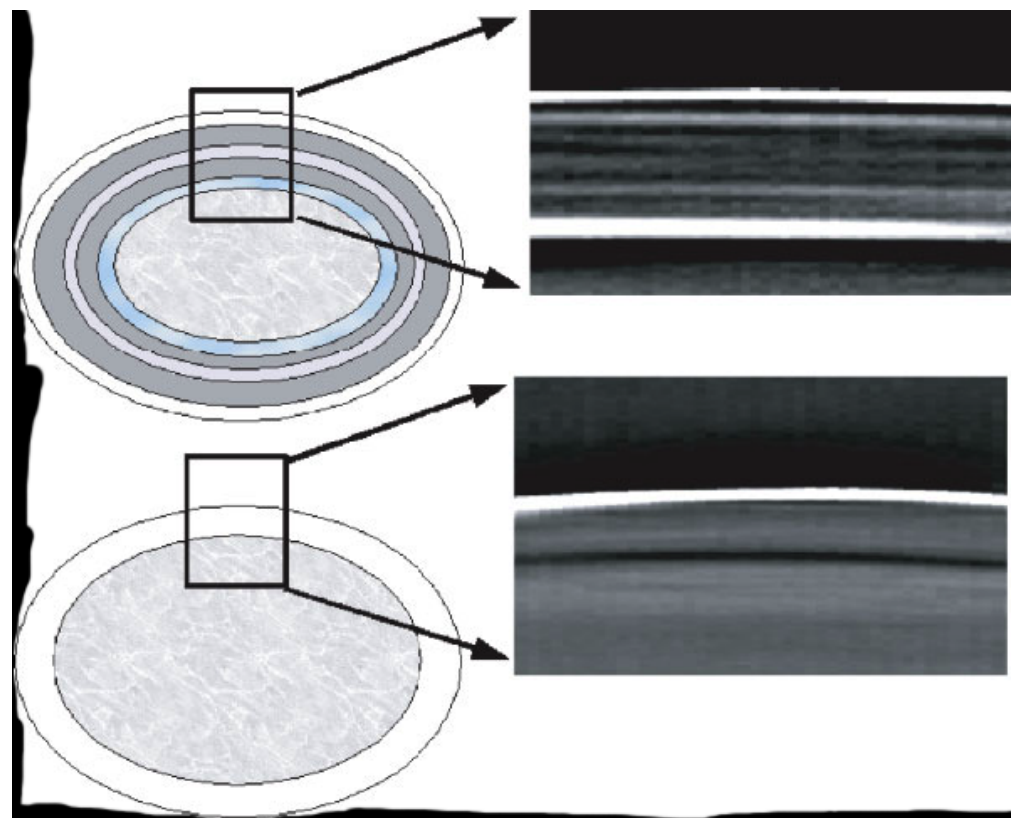


工業製品の品質評価

スペースシャトル燃料タンク



錠薬のコーティング



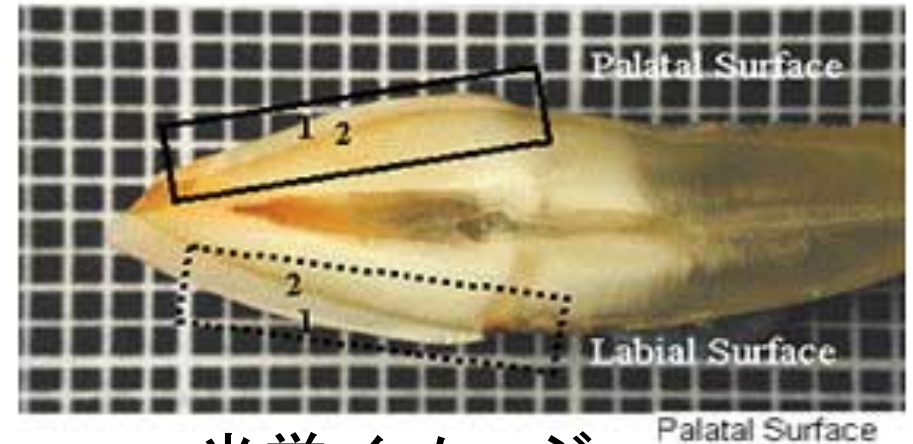
H. Zhong et al., *IEEE SENSORS J.*, Vol. 5, 203- 208 (2005).

A. J. Fitzgerald et al. *J. Pharmaceutical Sci.* , Vol.94, pp. 177 (2005).

医用分野への応用

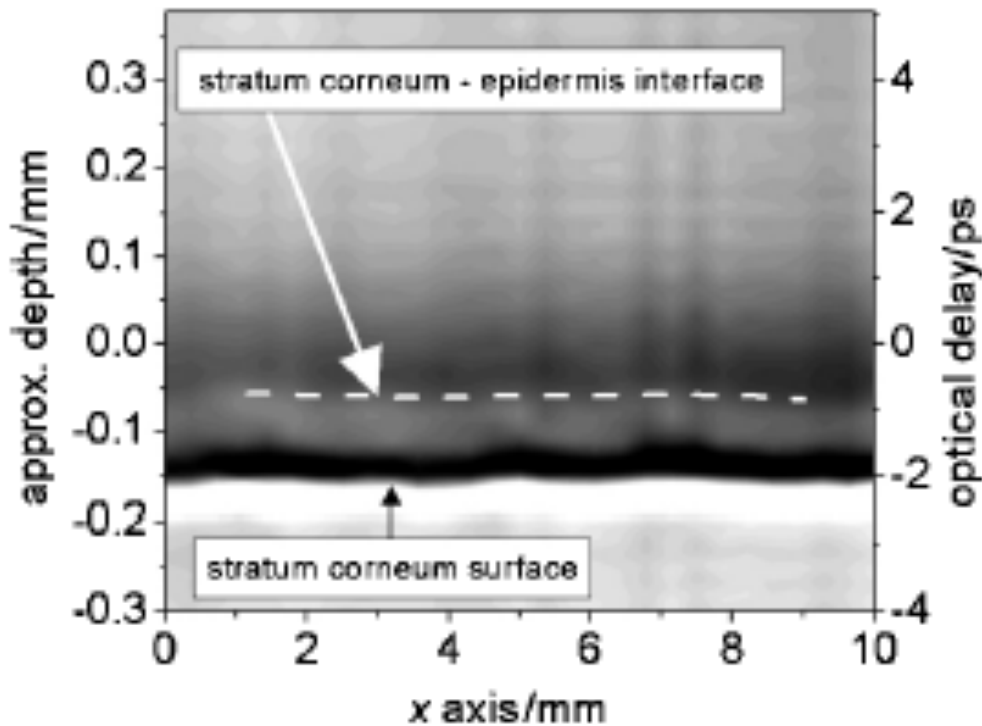
～英国TeraView社

歯牙診断



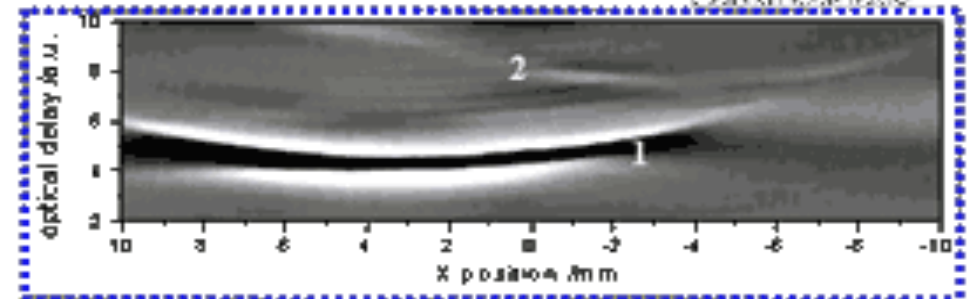
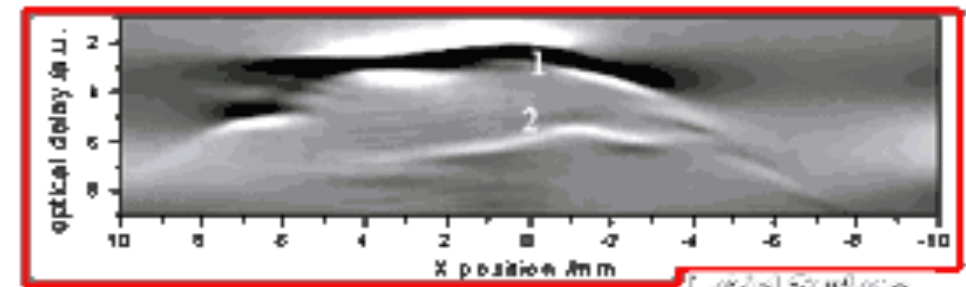
光学イメージ

皮膚診断



(a)

THz断層イメージ



THz断層イメージ

テラヘルツ塗装膜計測 (THz paintmeter)

塗装膜@工業製品 (自動車ボディ他)

☞ 素地 (下地) の防腐・防錆・色彩効果



テラヘルツ電磁波パルスの利用

- ・ 低散乱性 → カラー・メタリック塗装
- ・ 自由空間伝搬 → 非接触リモート
ウェット膜
インプロセス計測
- ・ 時間軸の利用 → 膜厚測定
多層膜
- ・ イメージング → 膜厚ムラ分布
- ・ 結像光学系 → 空間分解能 mm
- ・ 分光測定 → 塗膜品質 (乾燥状態他)

万能型塗装膜測定法 (装置規模: 大)

☞ 次世代のリアルタイム膜厚制御型塗装技術を支援

例) 自動車産業@高付加価値ニーズ

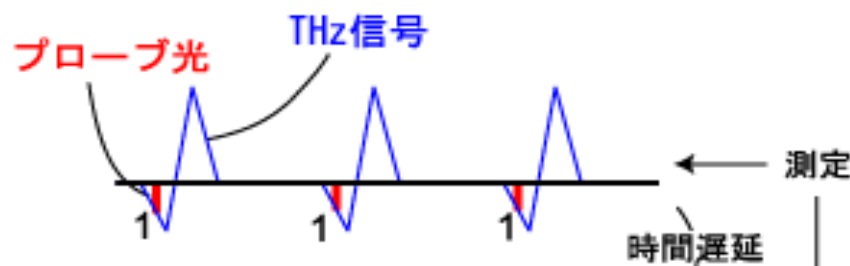
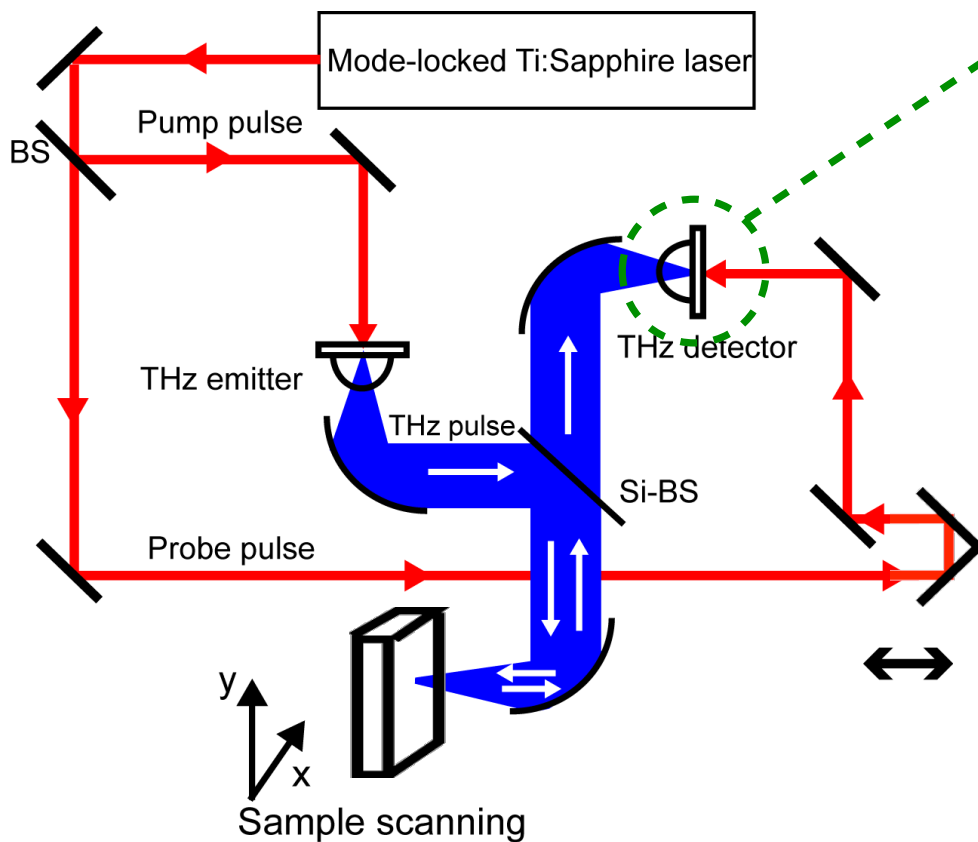
光学的手法 ×

点走査型THzトモグラフィー装置

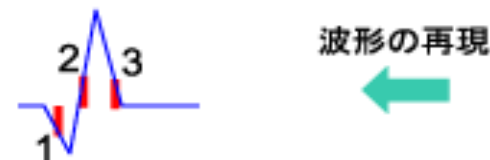
THzパルス時間波形は
実時間測定できない！

検出エレクトロニクスの
帯域不足

タイミングチャート



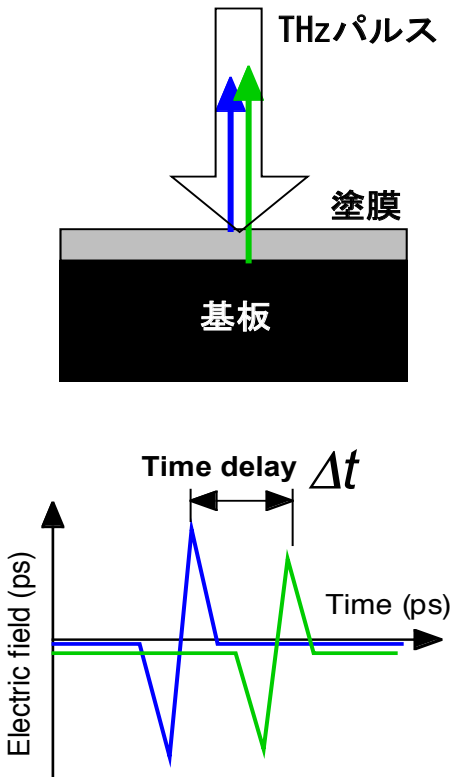
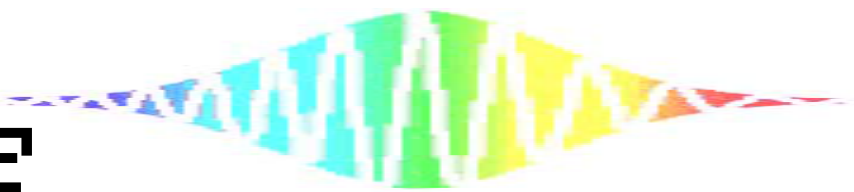
測定時間
数分/時間波形



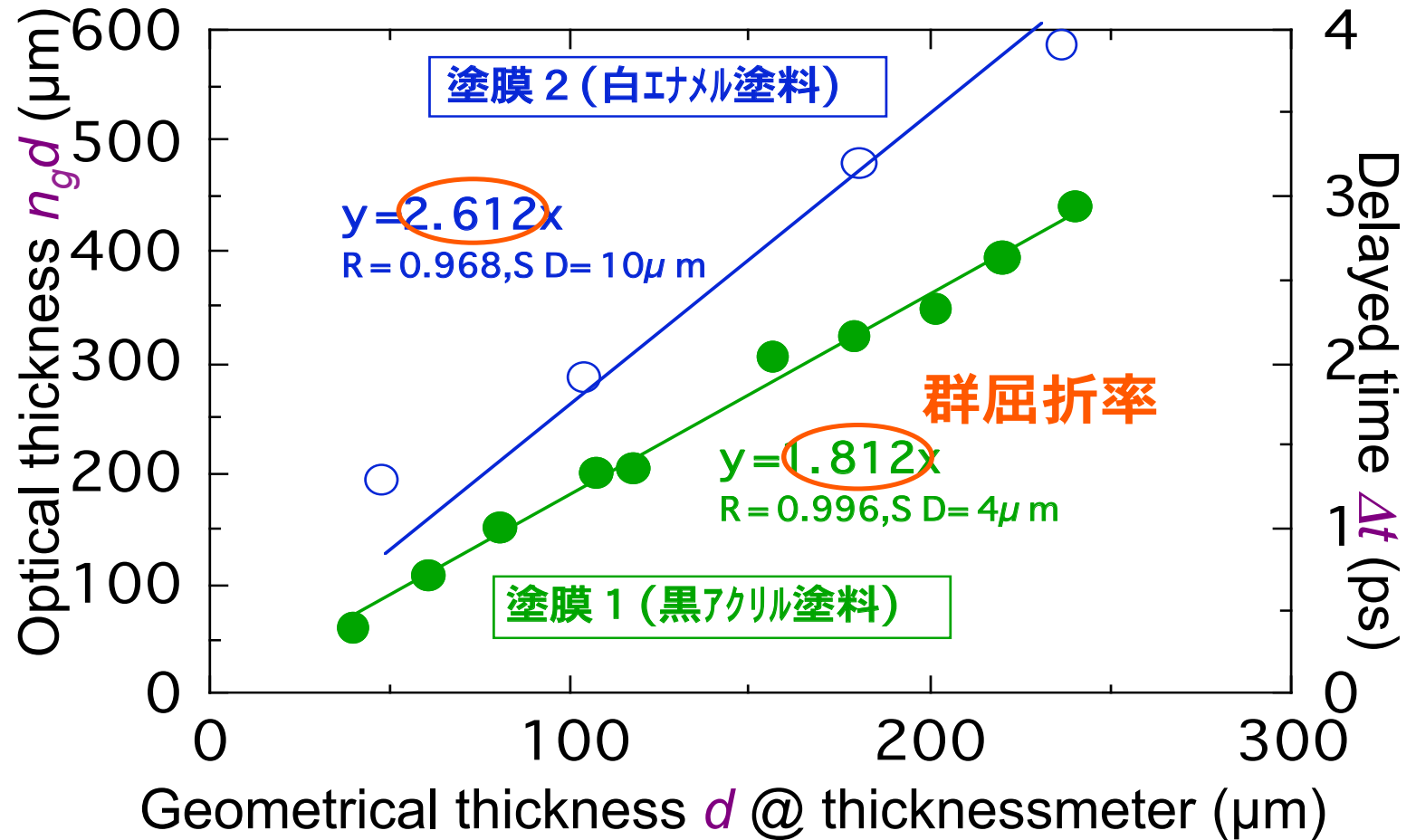
機械式時間遅延走査を用いた
ポンプ・プローブ測定

各遅延時間での波形の切り出しの後、時間波形再構成

膜厚測定



$$\Delta t = \frac{2n_g d}{c}$$

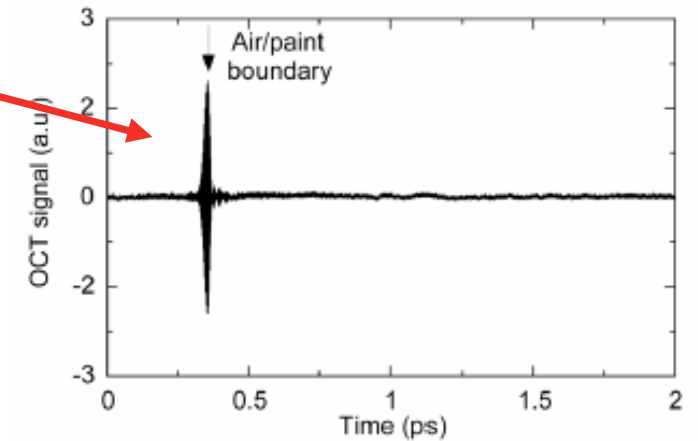
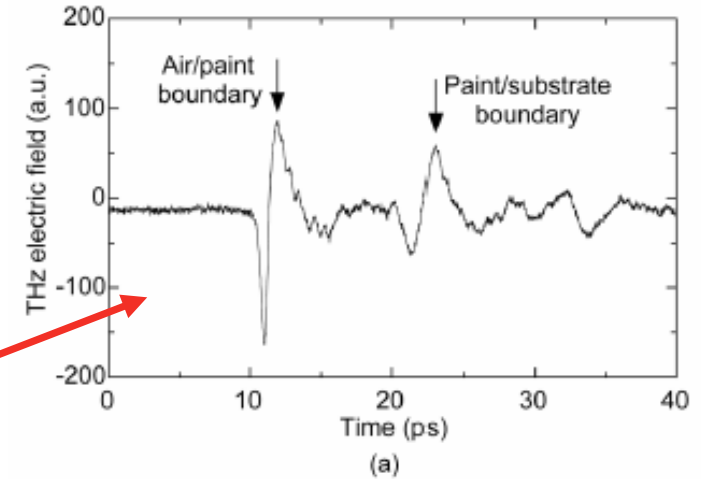
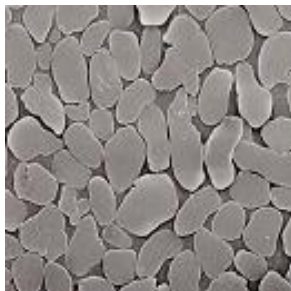


測定精度 = $4 \mu m$, 測定分解能 = $40 \mu m$

各種塗装膜の計測

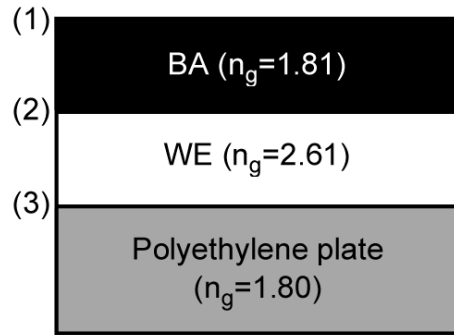
Sample	Resin	Pigment	THz paintmeter		OCT
			Applicability	n_g	Applicability
A	acryl/melamine	none	yes	1.50	yes
B		mica	yes	1.66	yes
C		Al flake	yes	3.61	no
D		titanium oxide	yes	2.01	no
E	polyester/melamine	oxide	yes	2.02	no

サンプル提供：マツダ自動車

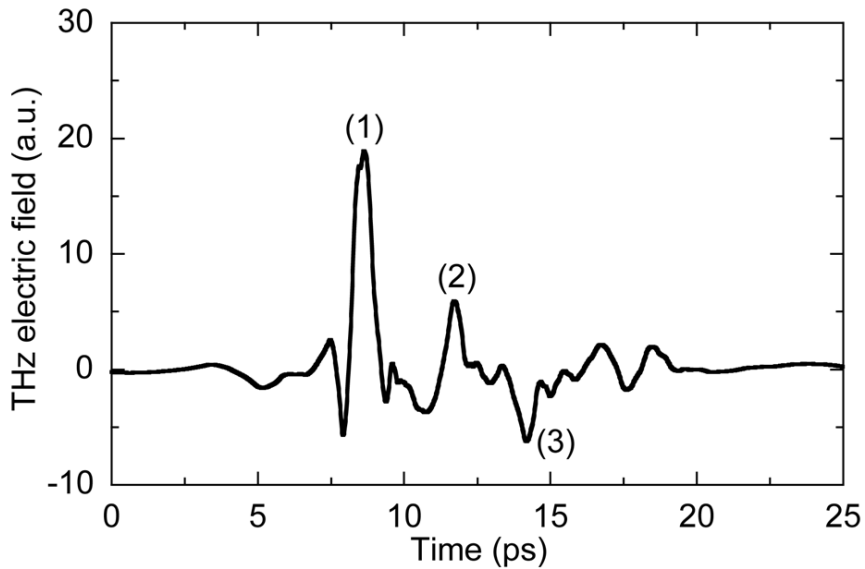


自動車塗料（メタリック含む）にも応用可能

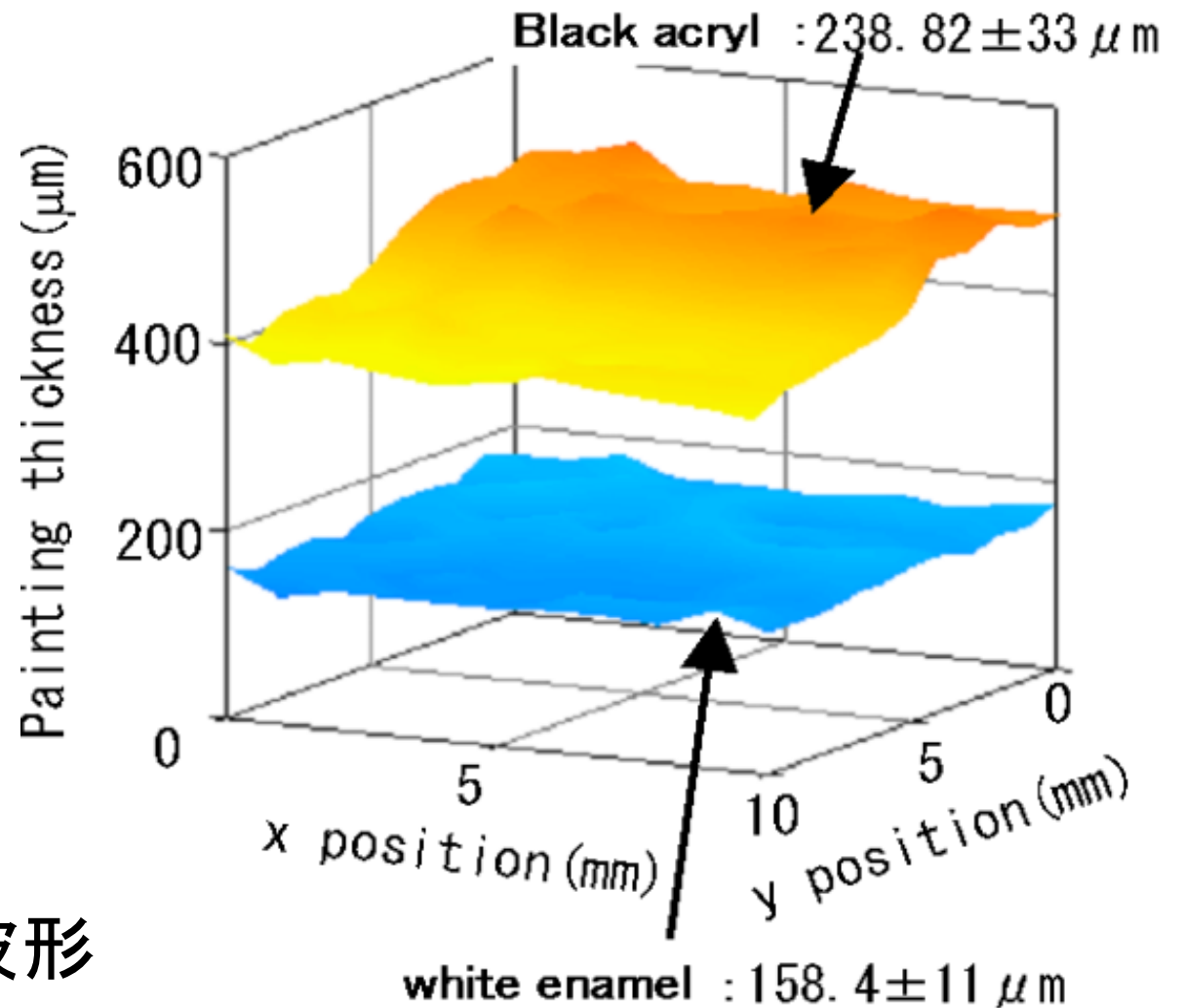
多層膜の膜厚ムラ計測



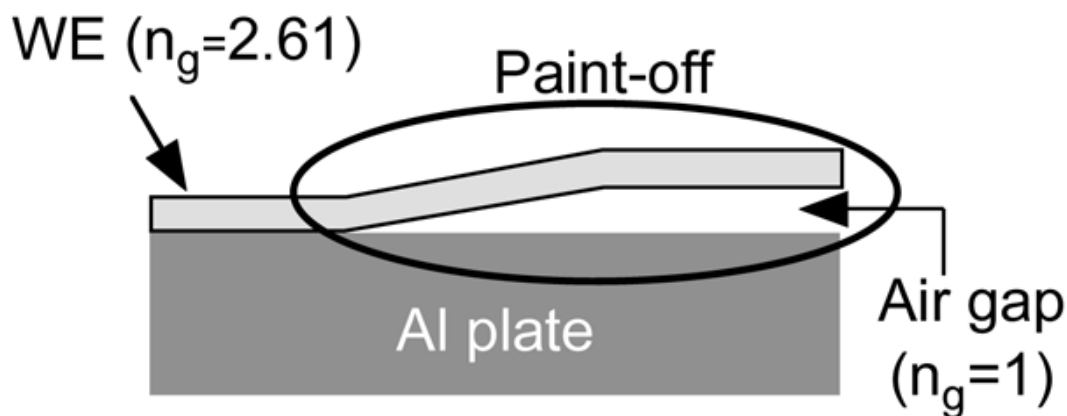
サンプル



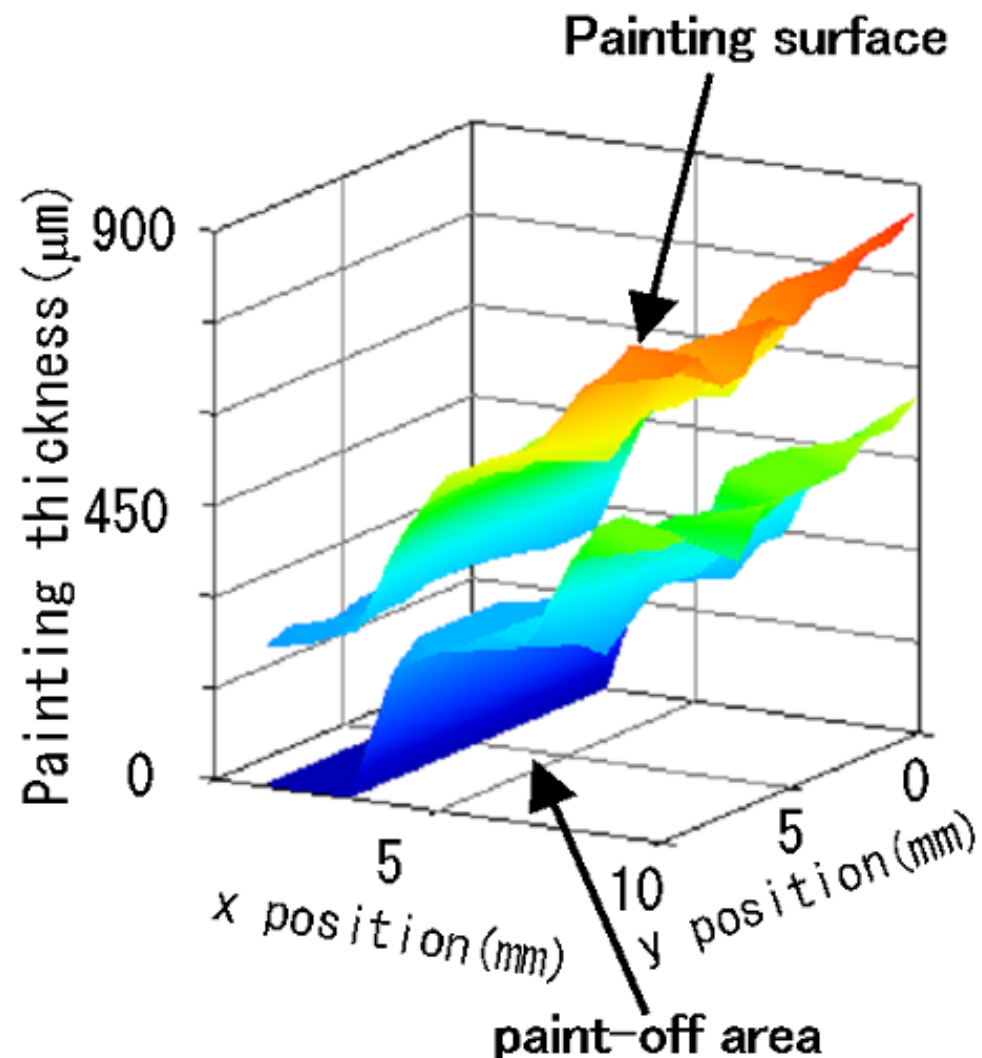
THzパルスエコーの時間波形



塗装膜の剥離検出



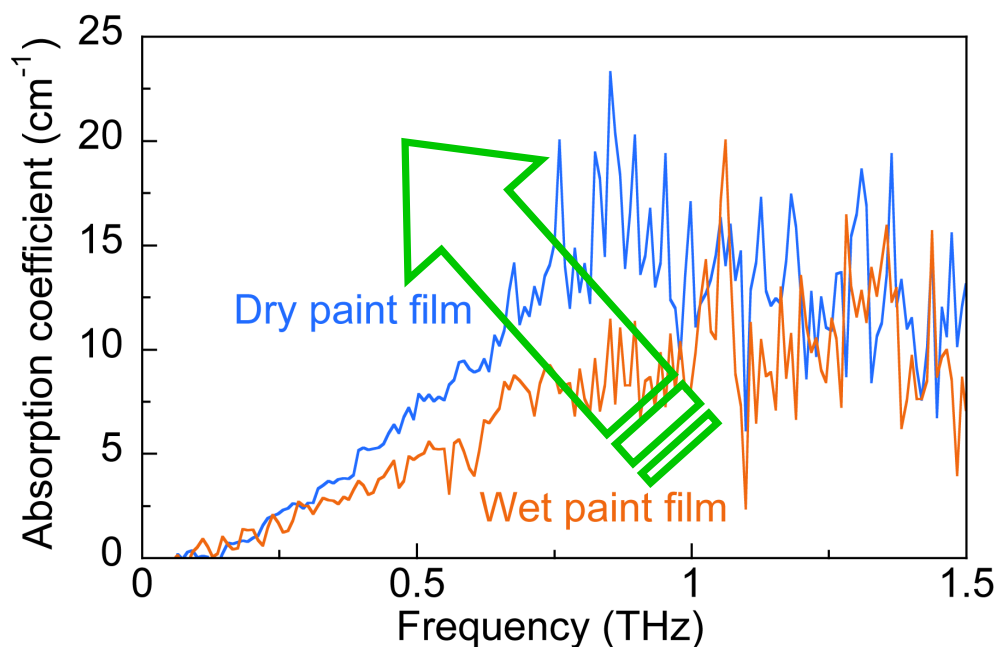
サンプル



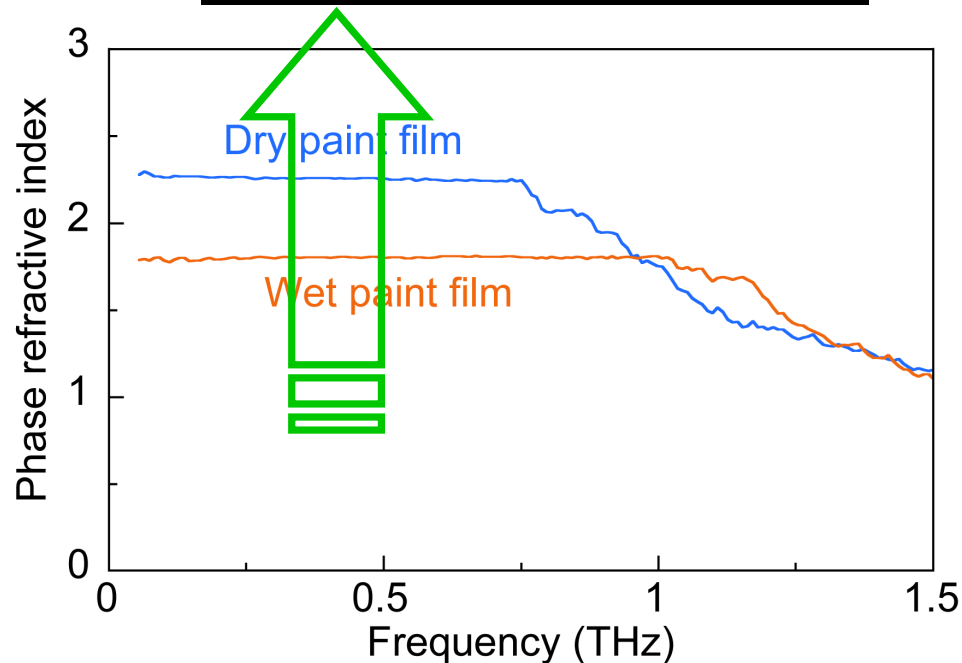
Max paint-off thickness: $555 \mu\text{m}$

塗装膜のTHz分光特性

吸収スペクトル



屈折率スペクトル



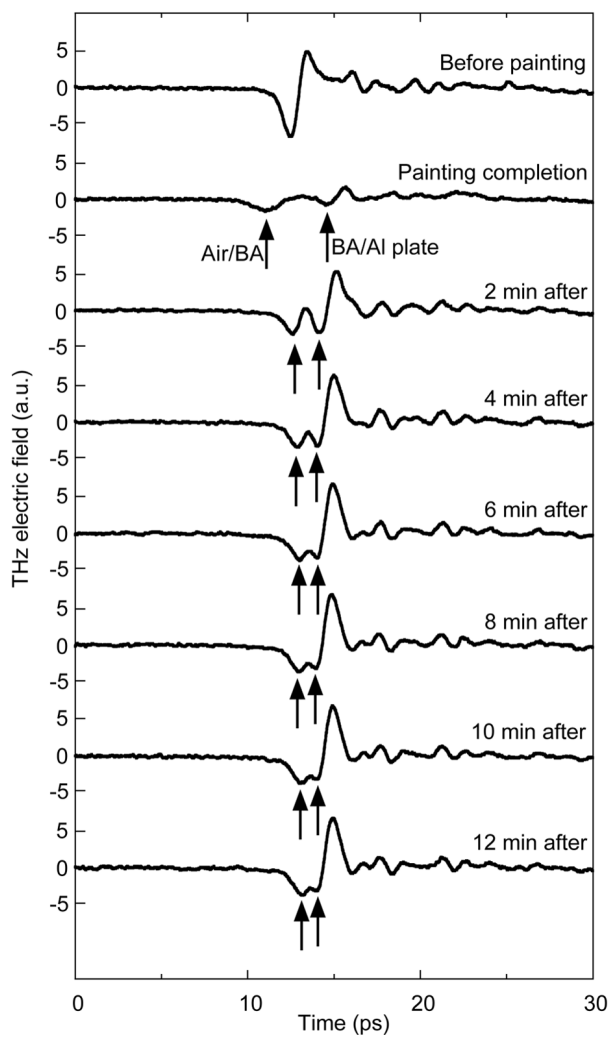
乾燥に伴うTHz分光特性の変化



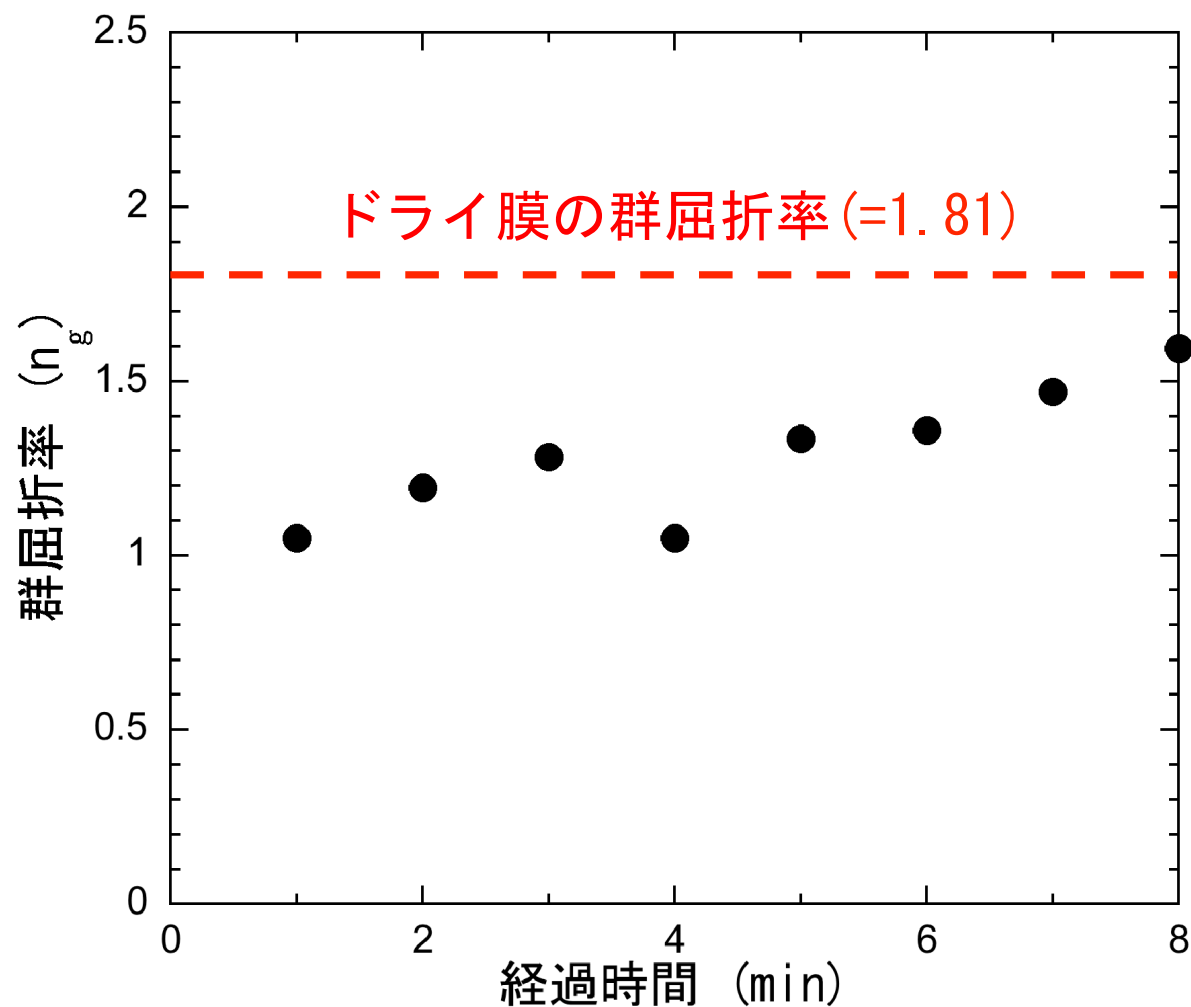
乾燥状態に依存してTHzエコー信号が変化

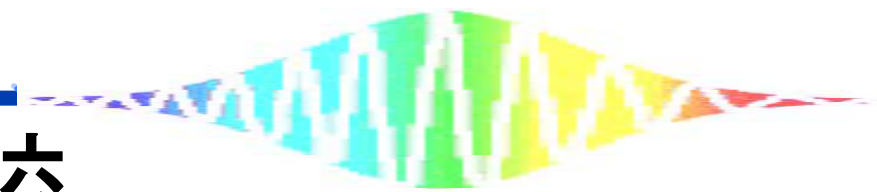
乾燥状態モニタリング

乾燥に伴うTHzパルス
エコーの時間変化



重回帰分析により抽出した
群屈折率 (n_g) の変化



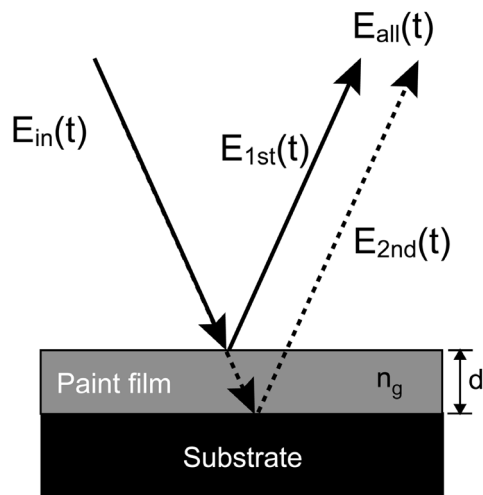


性能比較

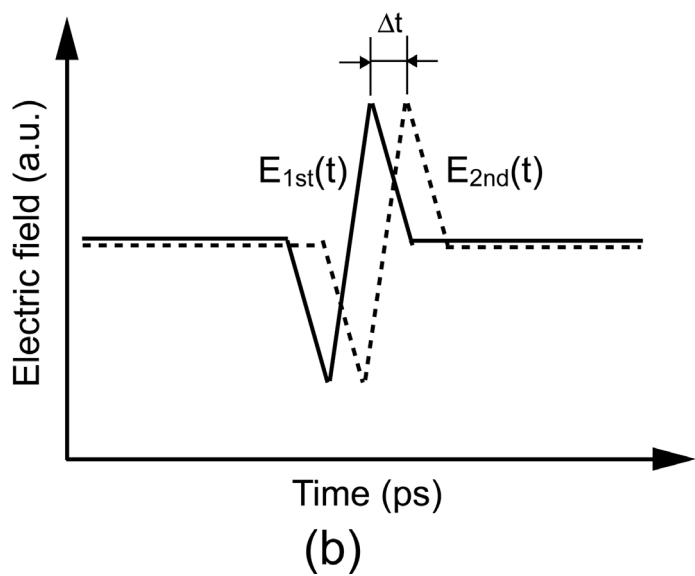
Requirements for in-process paintmeter	Ultrasonic testing	Eddy-current testing	Electromagnetic testing	THz paintmeter
(a) non-contact and remote measurement	no	no	no	yes
(b) suitability for various paint films and substrates	yes	partially	partially	yes
(c) high precision for thickness determination	yes	yes	yes	insufficient
(d) individual thickness determination for multi-layered paint	partially	no	no	yes
(e) detailed mapping of thickness distribution	no	no	no	yes
(f) detection of painting defect	no	no	no	yes
(g) monitoring of wet-to-dry transformation	no	no	no	yes

膜厚分解能の向上①

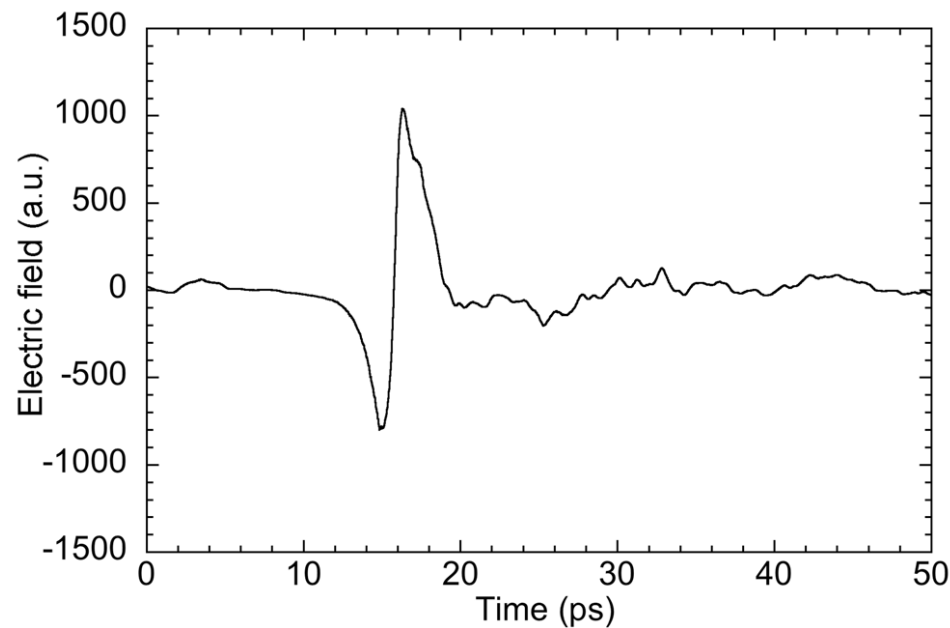
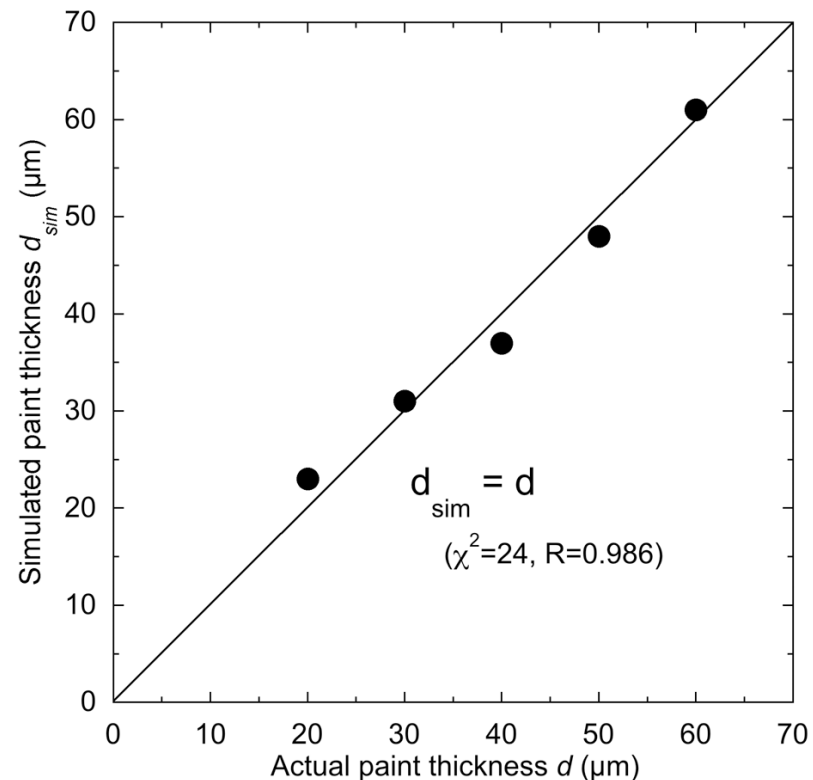
信号波形解析の適用



(a)



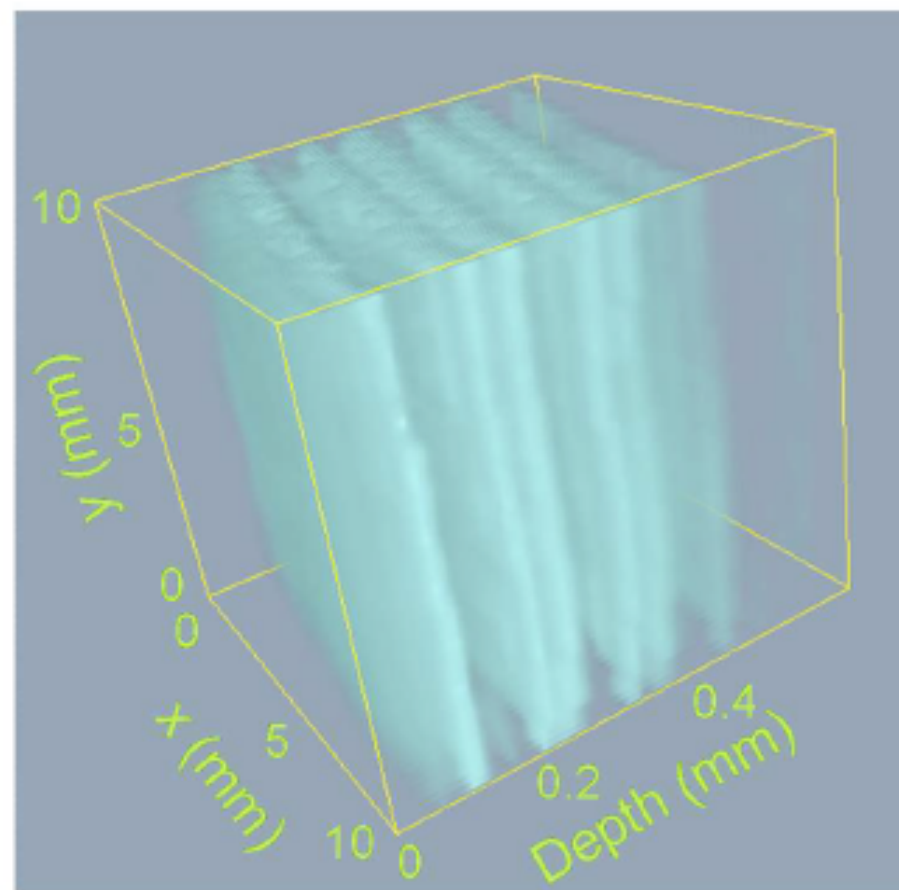
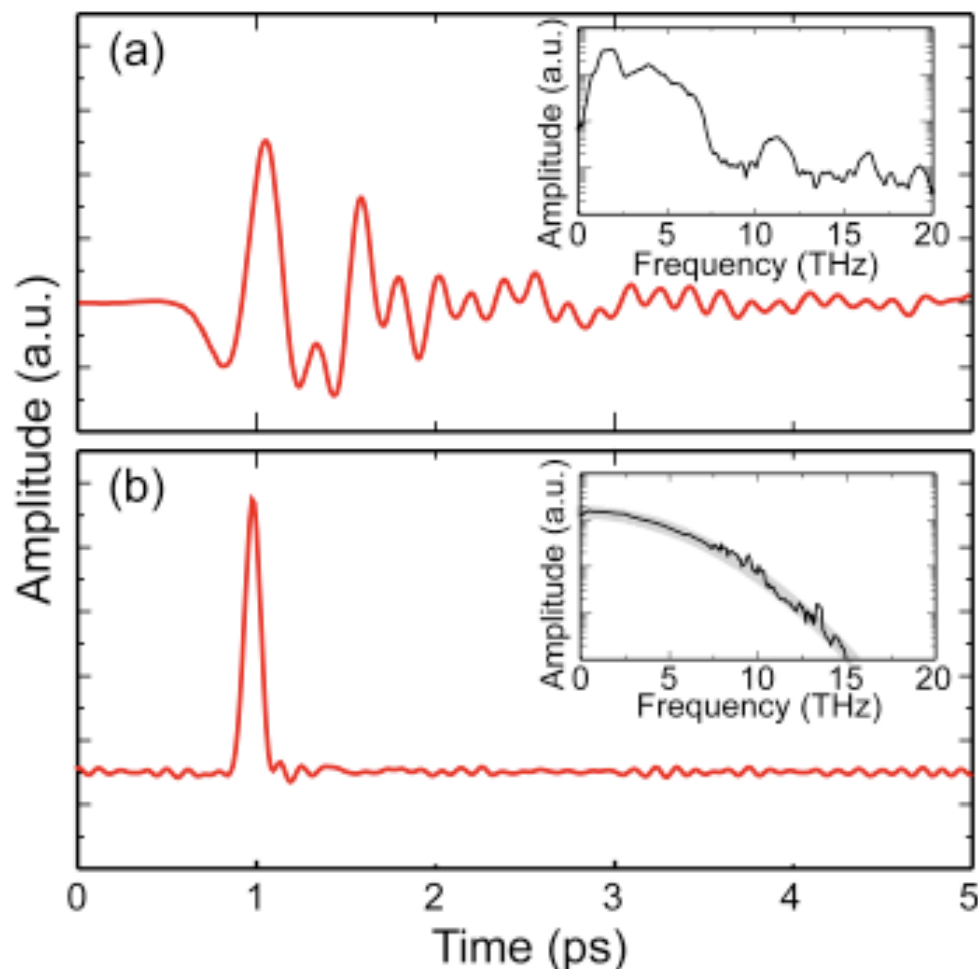
(b)



膜厚分解能の向上②

THzパルス幅の狭窄化

3枚に重ねた紙



数 μm の膜厚分解能が可能

ref) *Optics Express*, Vol. 17, Issue 9, pp.7549-7555 (2009)