

フレクソエレクトリック液晶素子を用いた 高性能レーザ超音波検査システム

東京理科大学 理学部第二部 化学科
教授 佐々木 健夫

2023年9月25日

従来技術とその問題点

既存のレーザー超音波計測装置では、干渉計を用いているので、測定環境の振動に弱く、装置の小型化も難しかった。

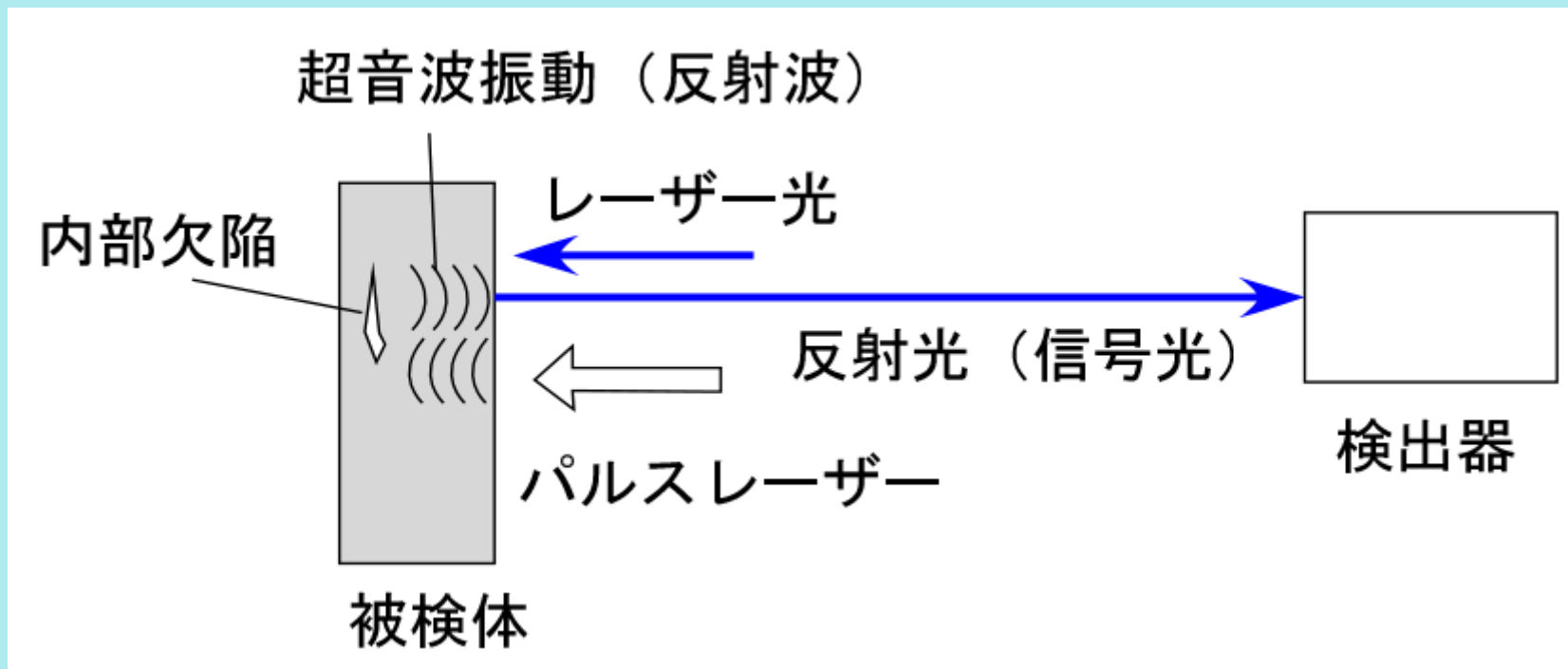
また、無機結晶や高分子フォトリフラクティブ材料を用いた場合では、応答が遅いためにノイズフリーな計測は行えなかった。

新技術の特徴・従来技術との比較

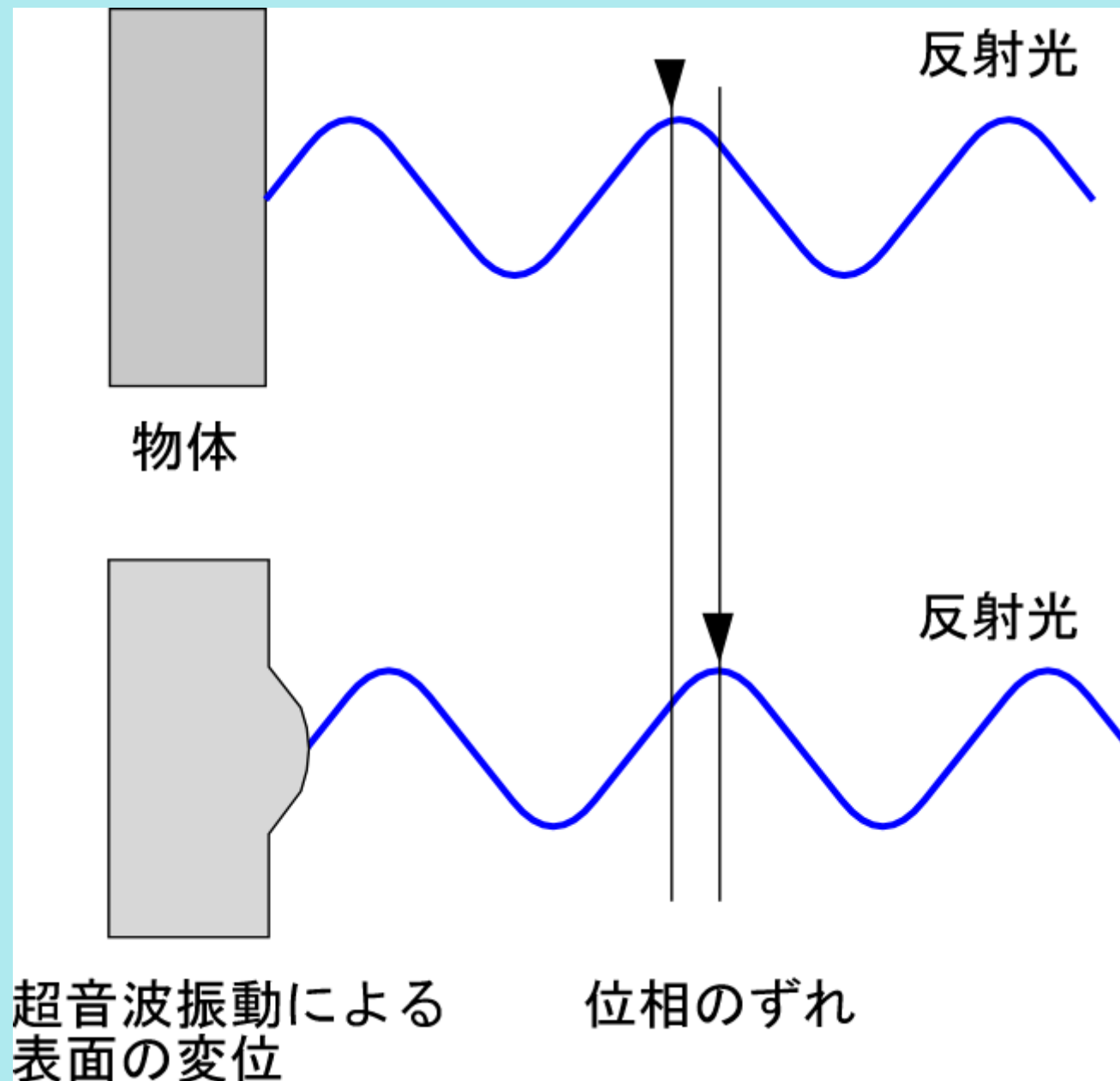
- フォトリフラクティブ液晶を用いることで高感度かつノイズフリーな計測を可能にした。
- 従来の干渉計とは異なり、レーザー光を空間中を伝搬させる必要が無いので装置の小型化が可能である。

Laser ultrasonics

レーザー超音波法



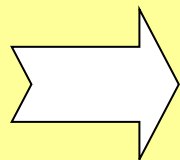
物体の形状や内部構造を非接触で検査できる。



Photorefractive Effect

フォトリフラクティブ効果

光導電性



電気光学効果

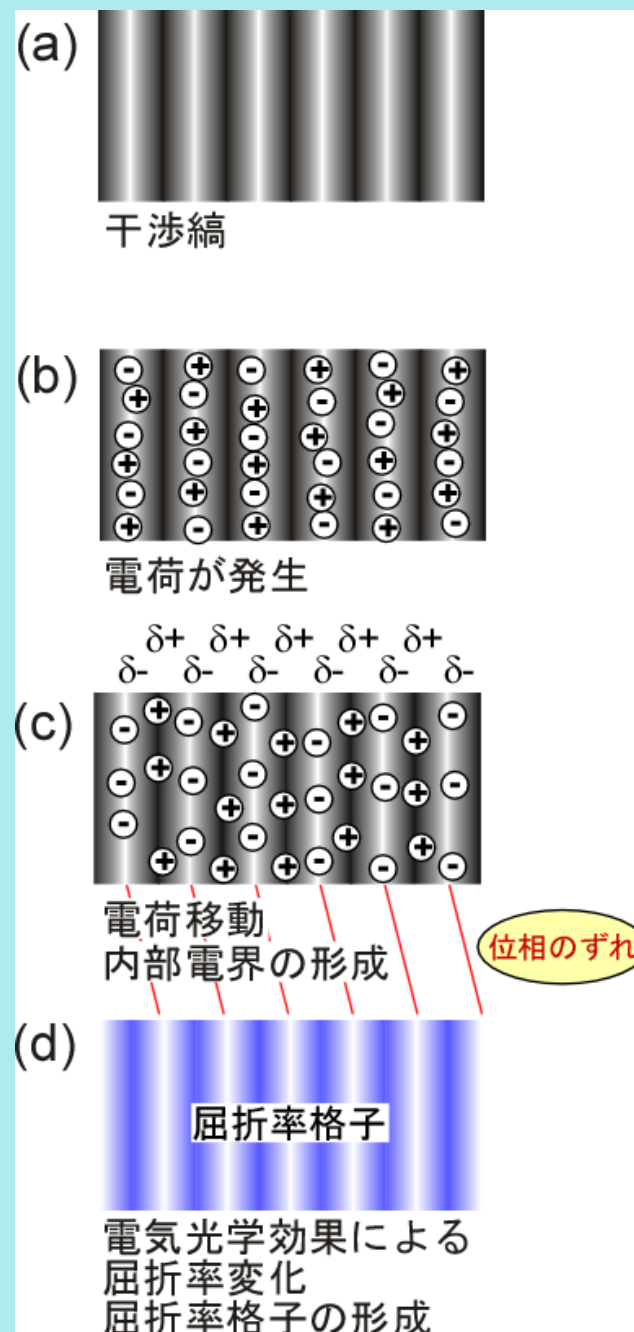
フォトリフラクティブ効果

フォトリフラクティブ液晶

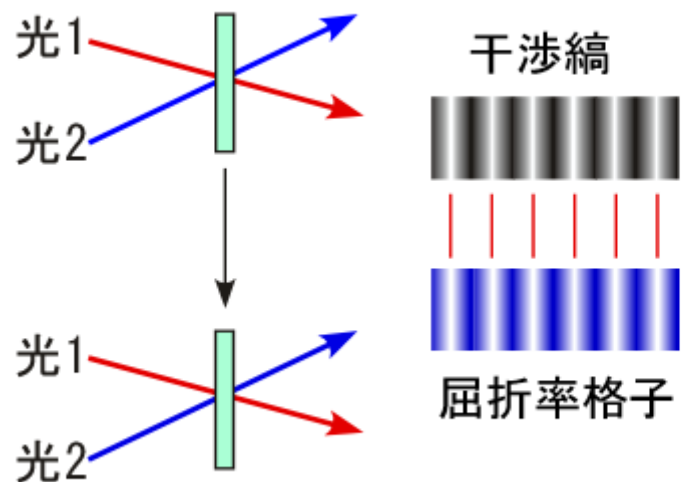
- 光導電性化合物
- 電荷捕捉剤
- 液晶

フトリフラクティブ液晶

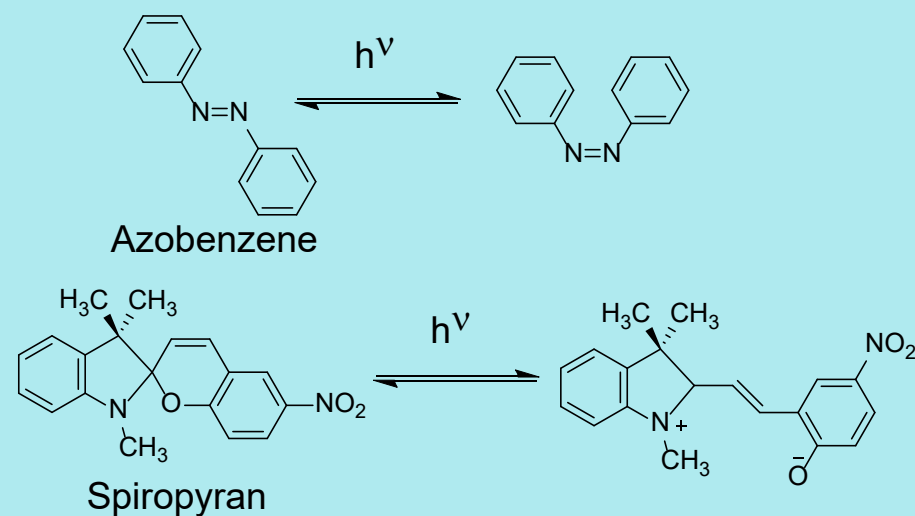
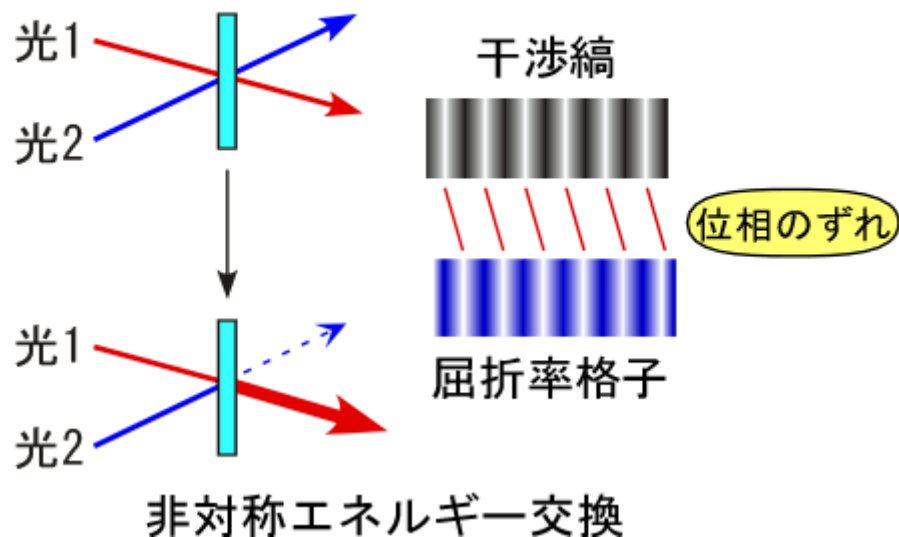
光導電性化合物
電荷捕捉剤
液晶



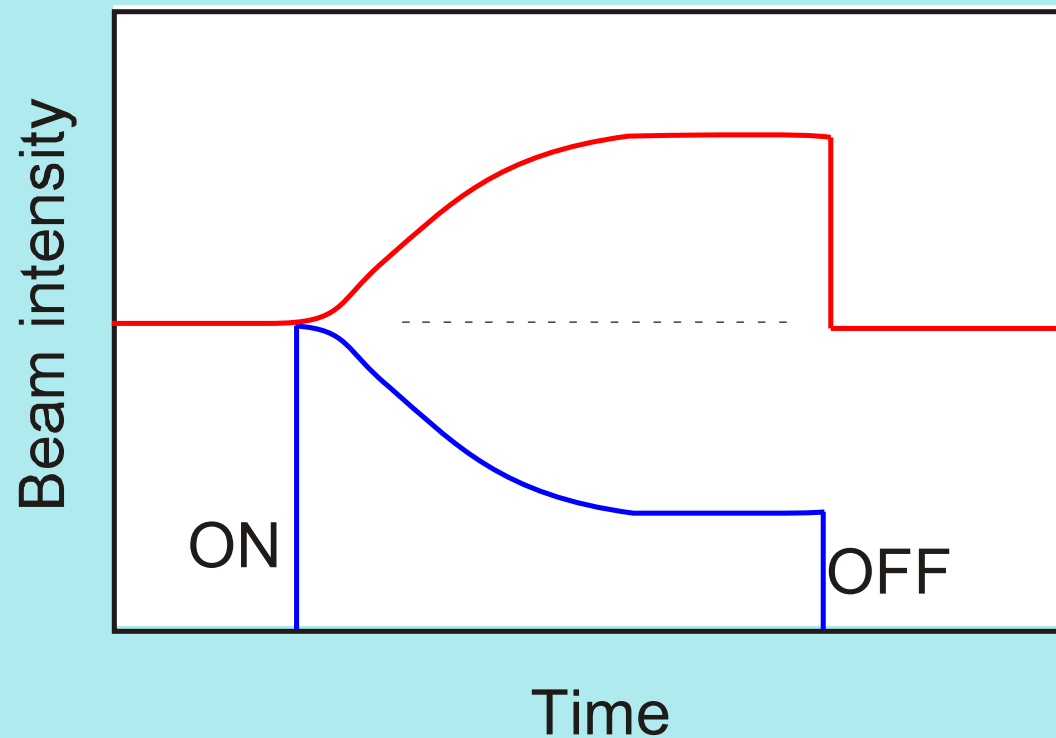
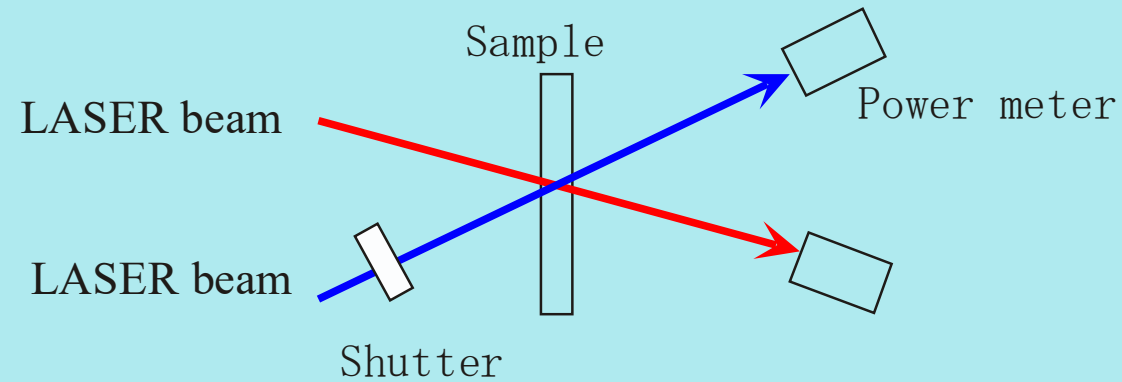
(a) 光化学反応による一般的なホログラム



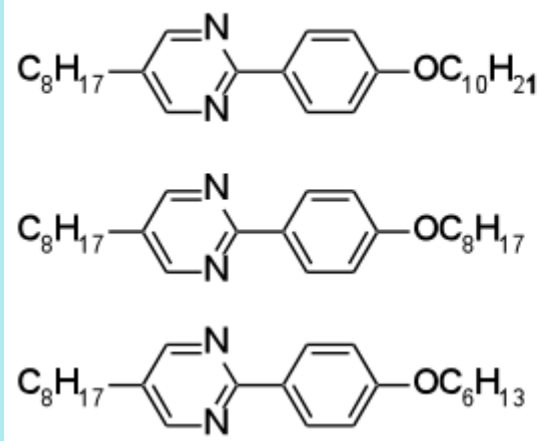
(b) フォトリフラクティブ効果



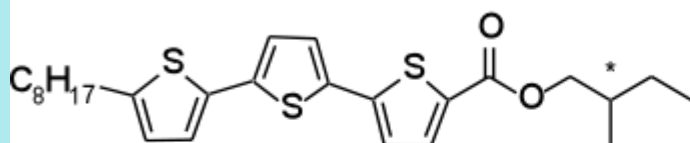
Two-beam coupling experiment



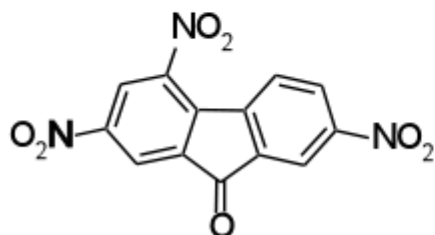
フトリフラクティブ液晶ブレンド



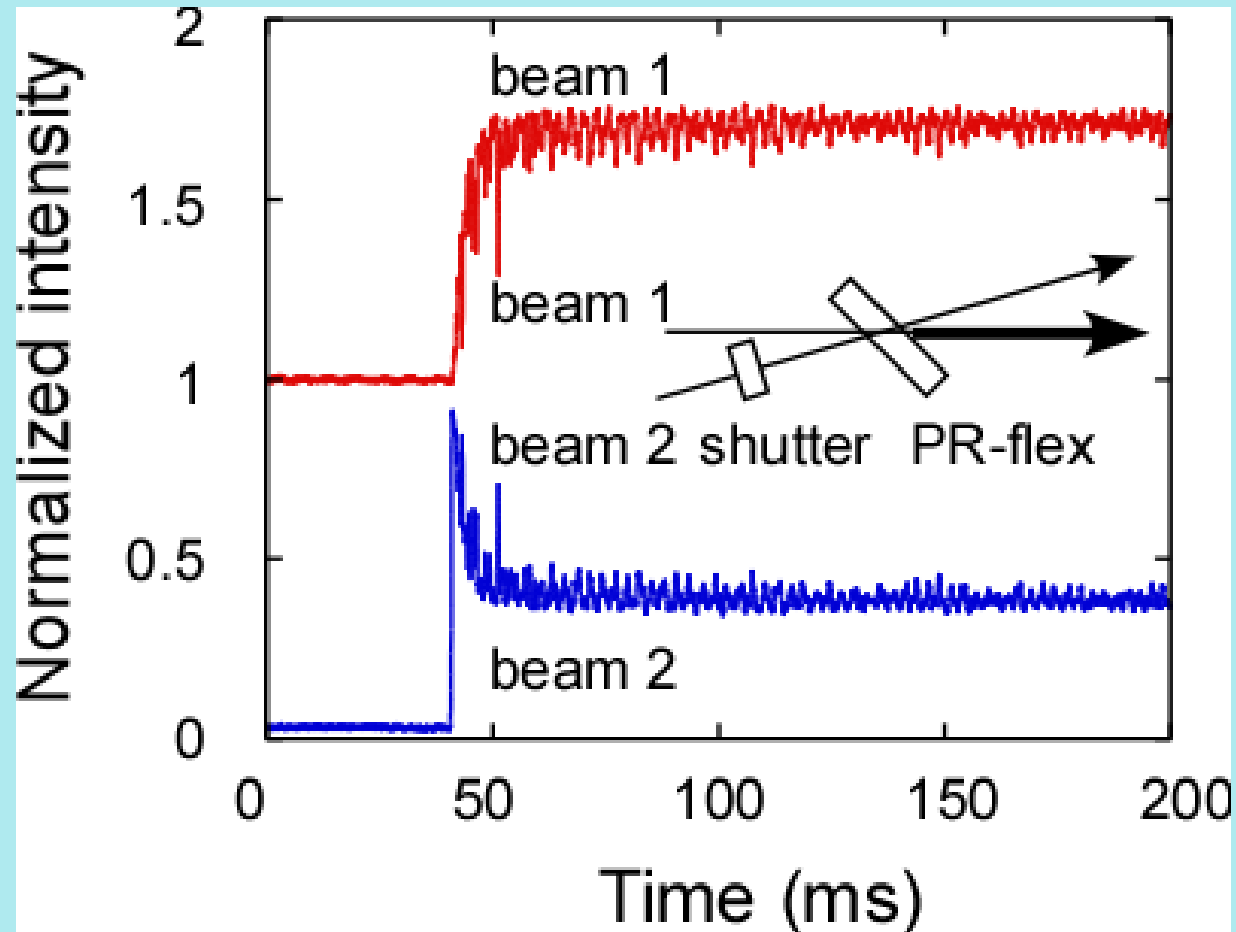
スメクチック液晶混合物
混合比1:1:2 89.9 wt%



光導電性キラル色素 (3T-2MB)
10 wt%



電荷捕捉剤 0.1 wt%

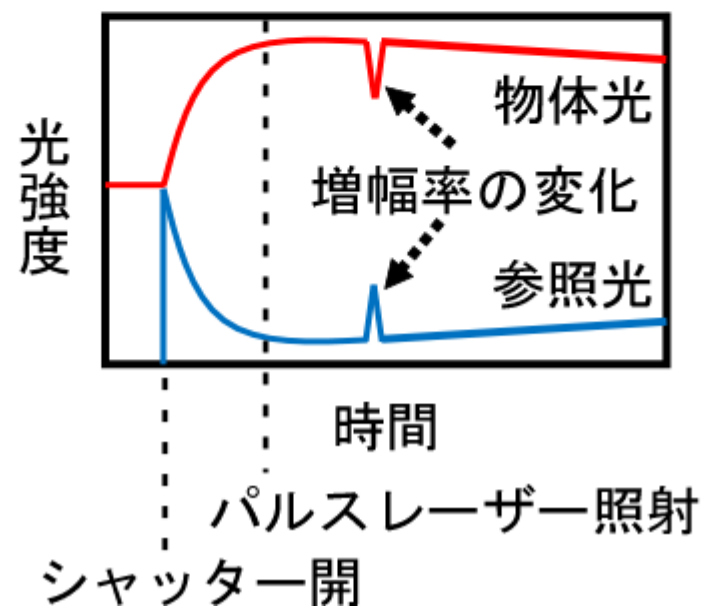
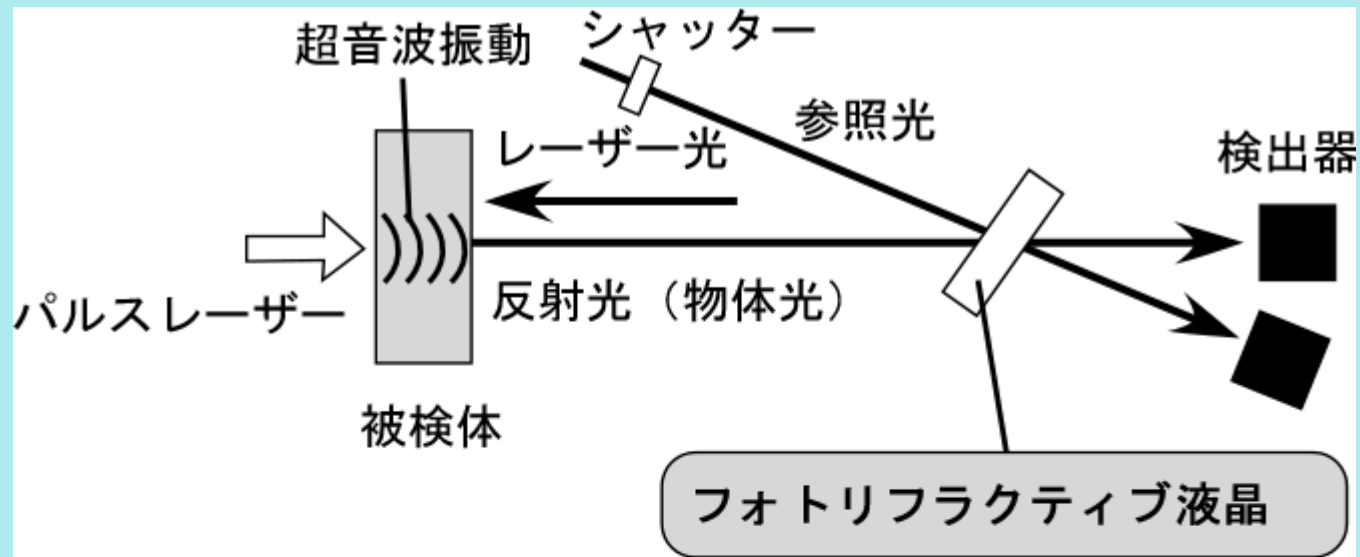


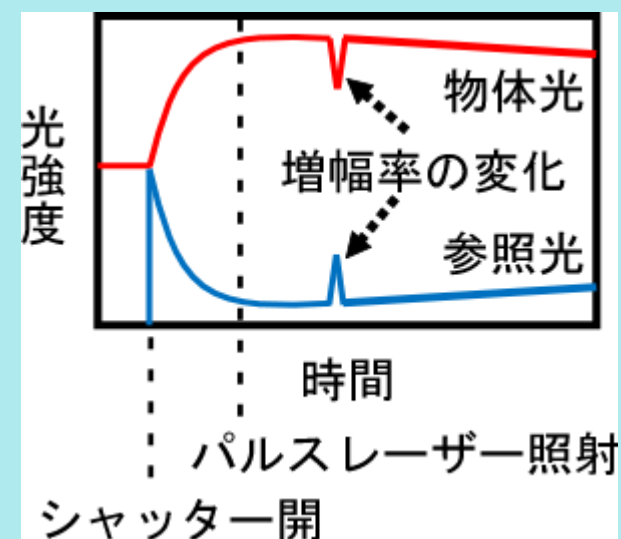
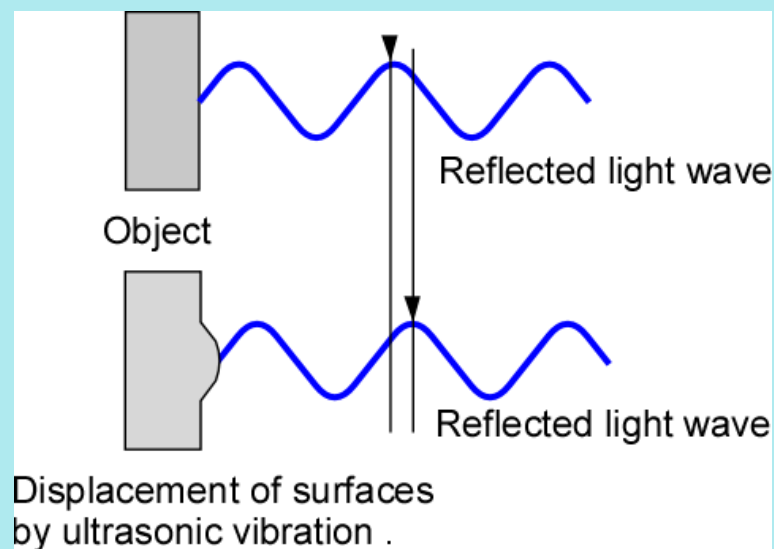
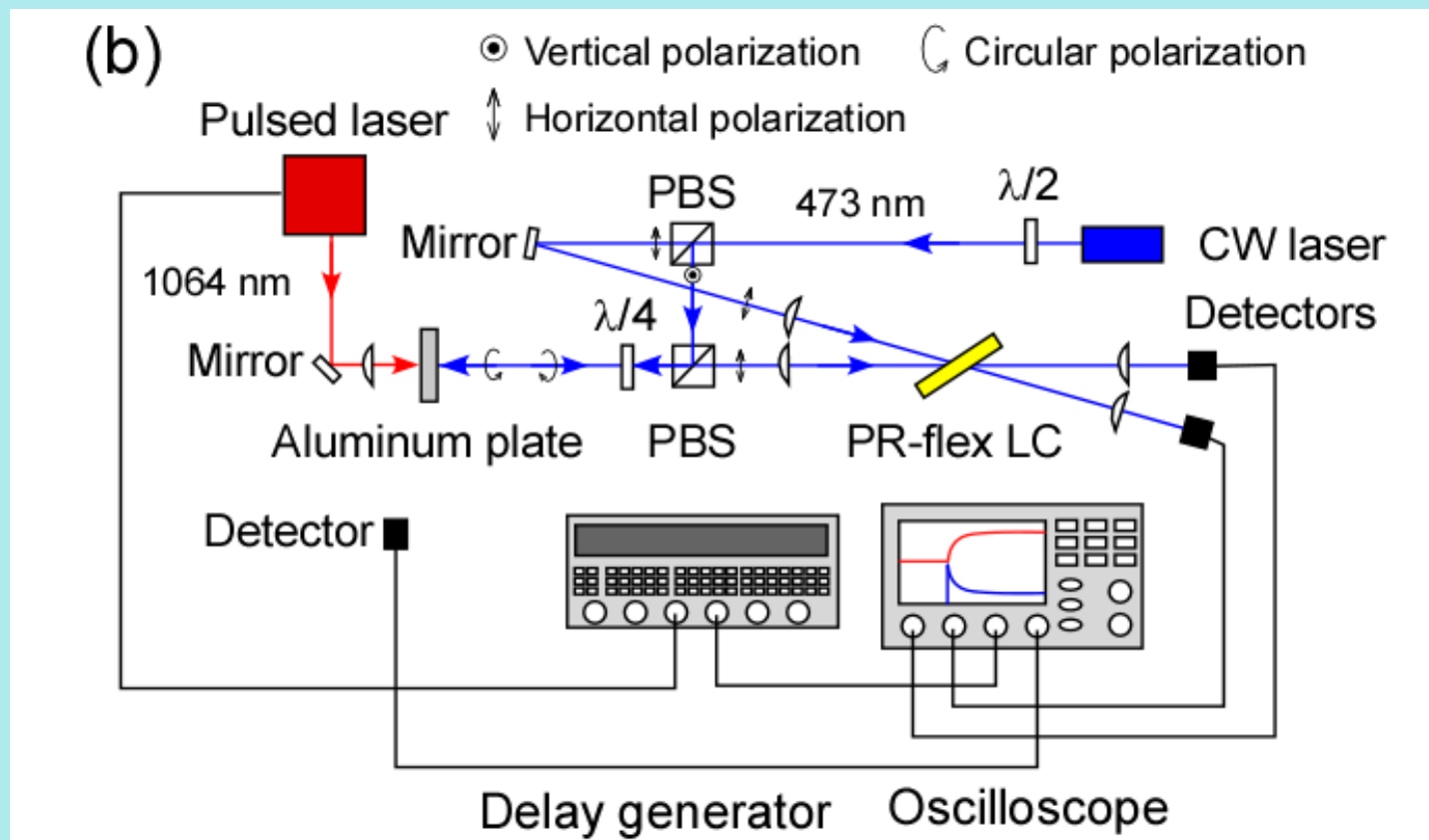
Gain coefficient Γ

$$I = I_0 e^{\Gamma L}$$

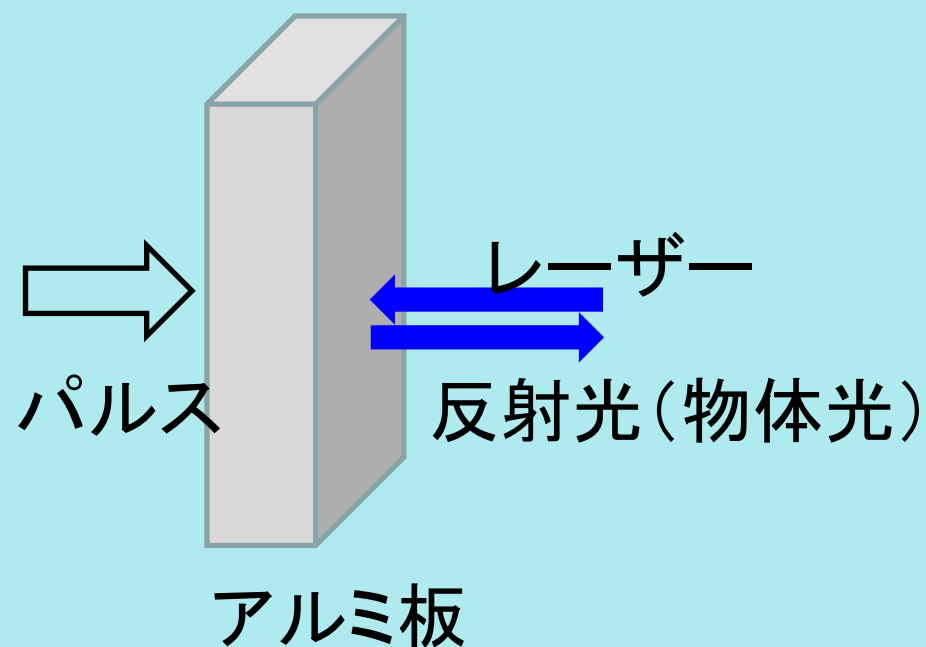
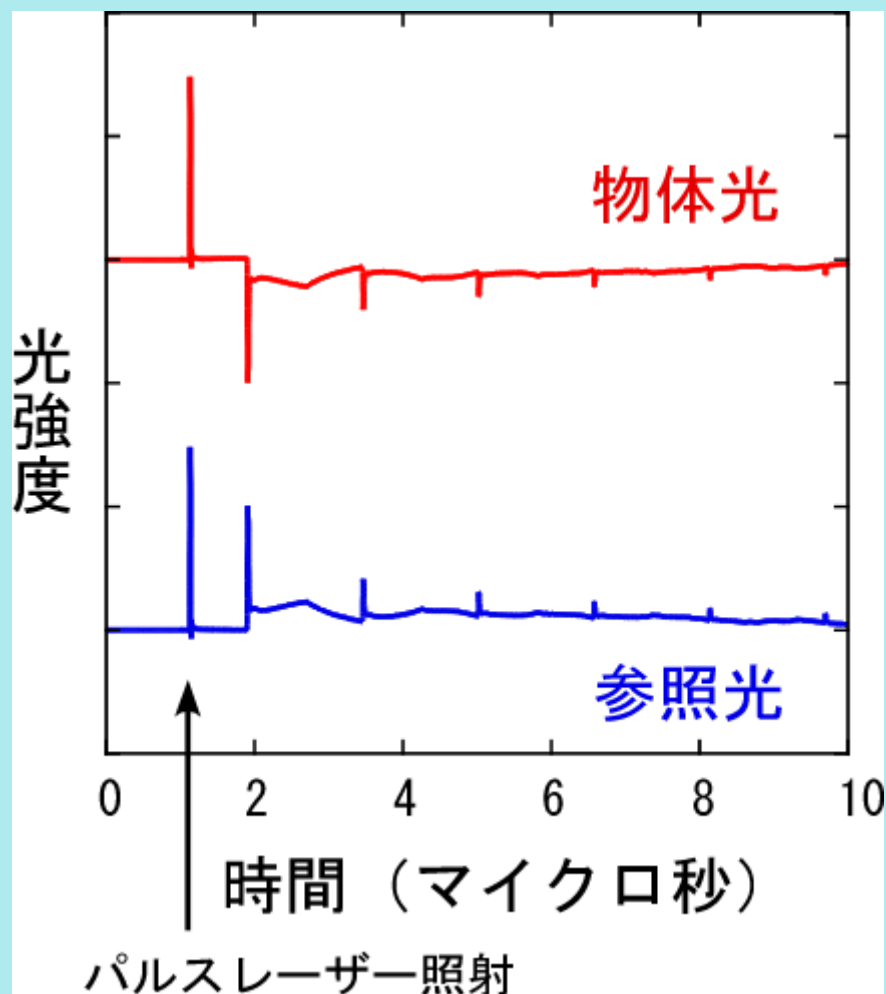
Response time τ

$$\lambda(t) - 1 = (\gamma - 1)[1 - \exp(-t/\tau)]^2$$





アルミ板についての測定結果



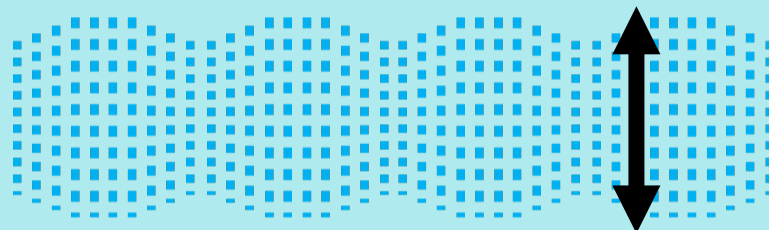
① 縦波



6420 m/s



② 横波



3040 m/s

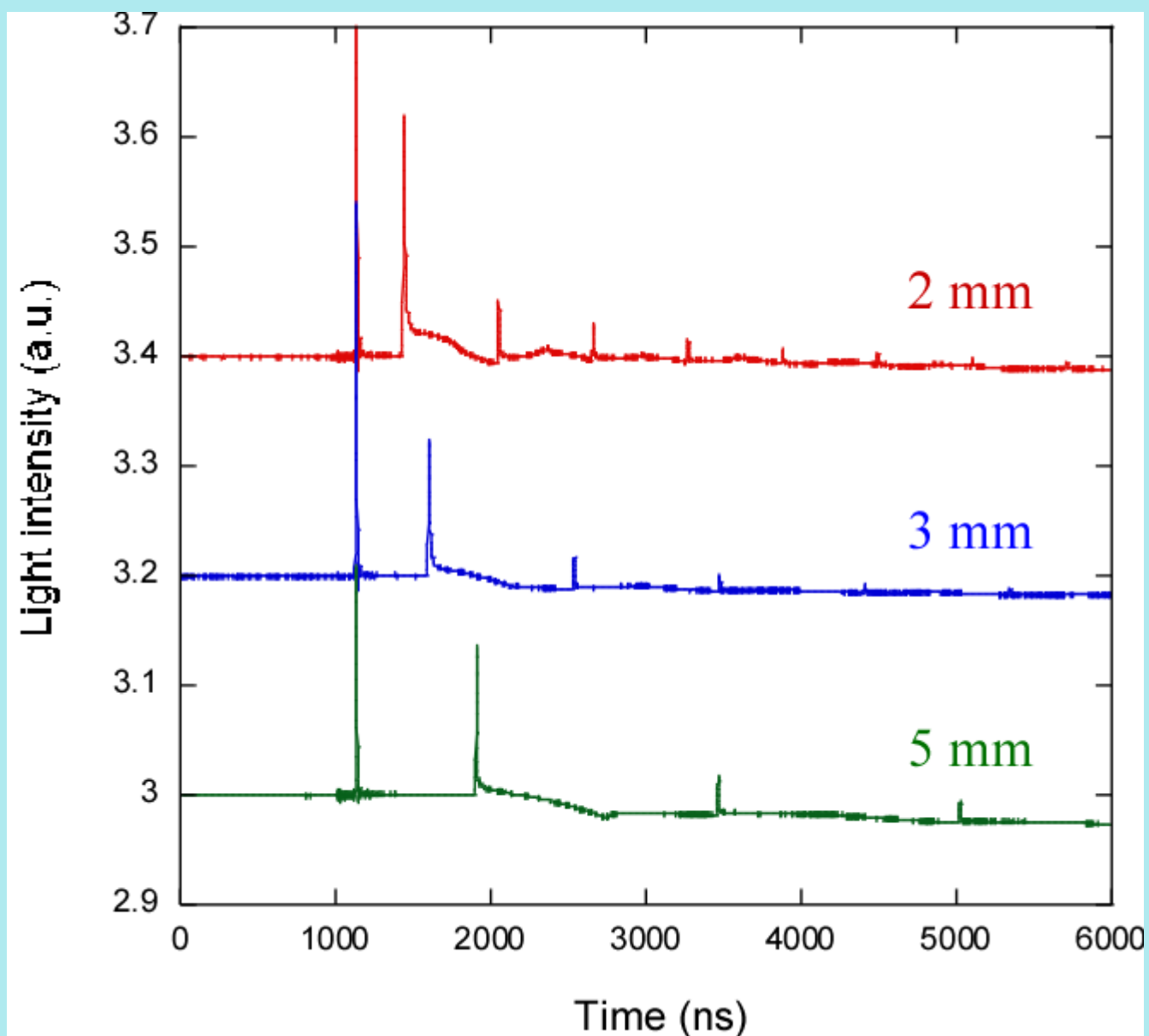
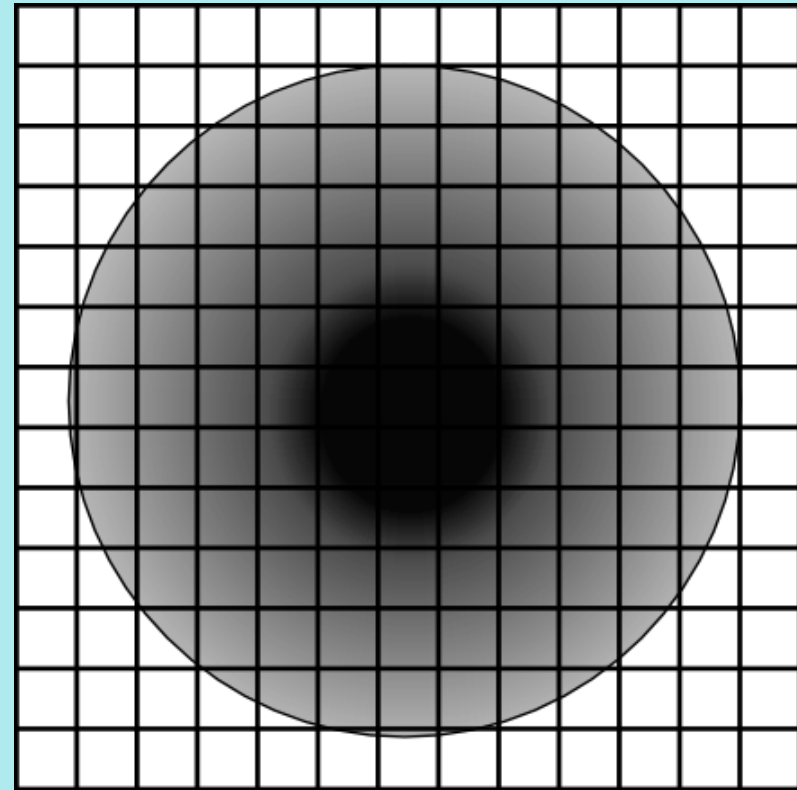


Table 1. Measured thickness of aluminum plates

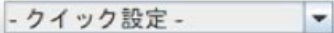
Thickness of aluminum plate (mm)^a	Measured value using longitudinal wave (mm)	Measured value using transverse wave (mm)
1.97	1.99	2.09
2.99	2.99	3.07
4.99	5.01	5.02

^aMeasured by digital micrometer.



2D scan

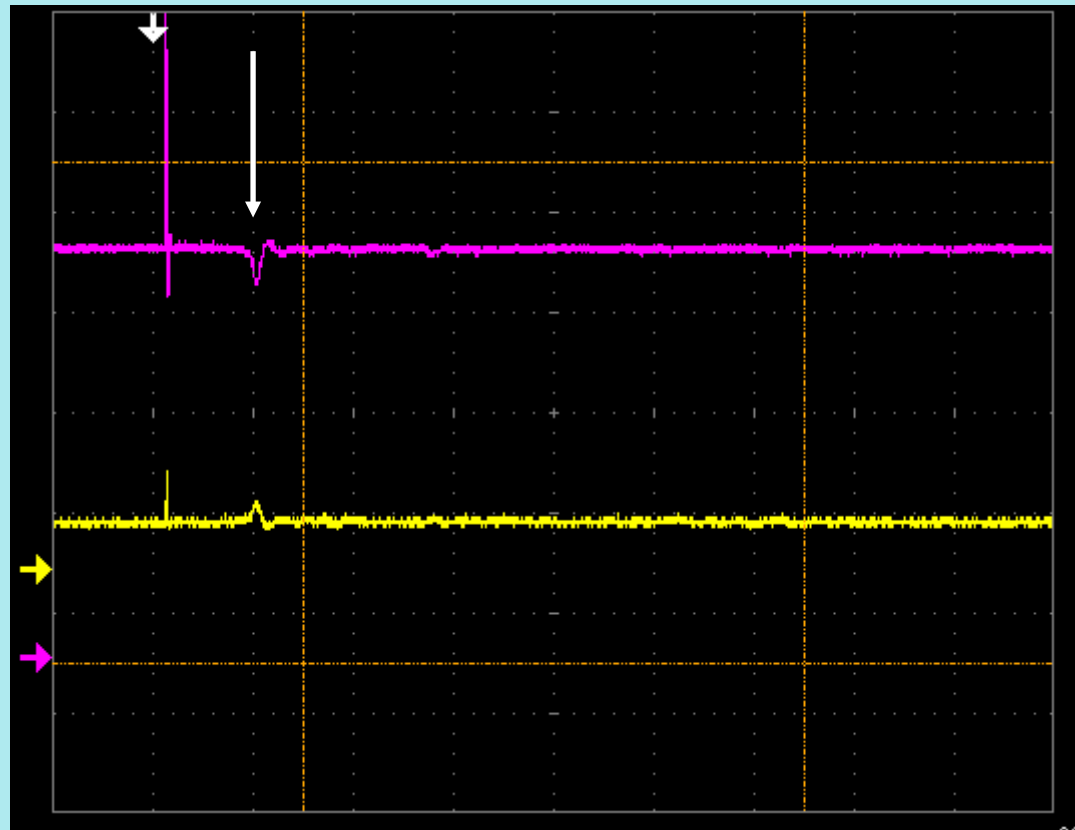
13 points $\times$ 13 points = 169 points



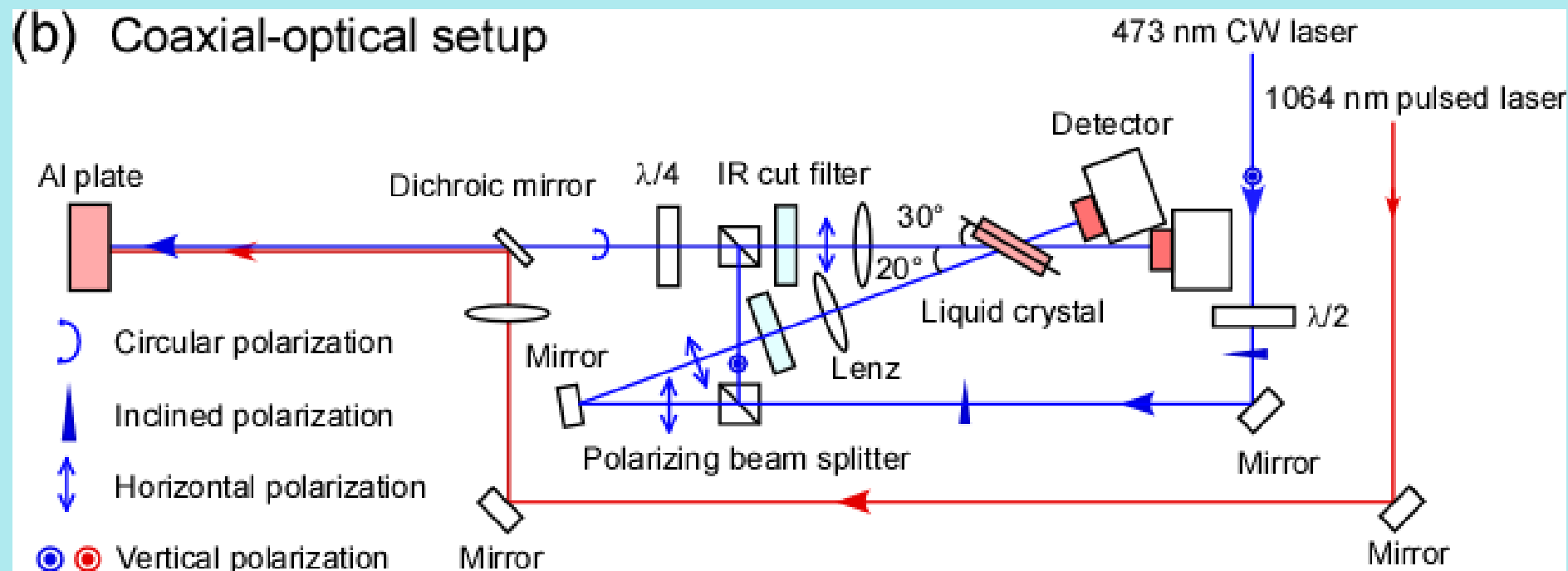


石材

音速: 5000 m/s 程度



(b) Coaxial-optical setup



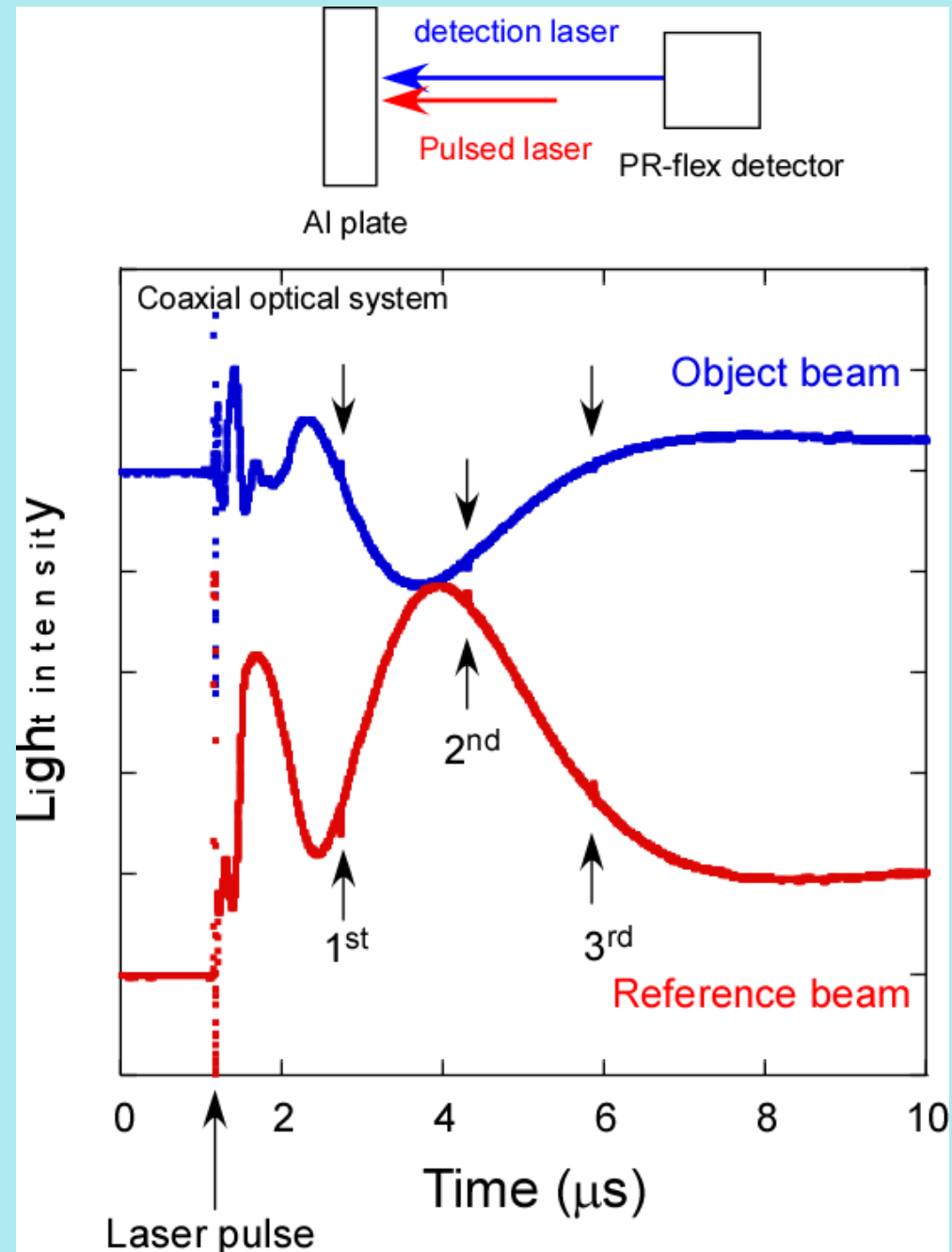
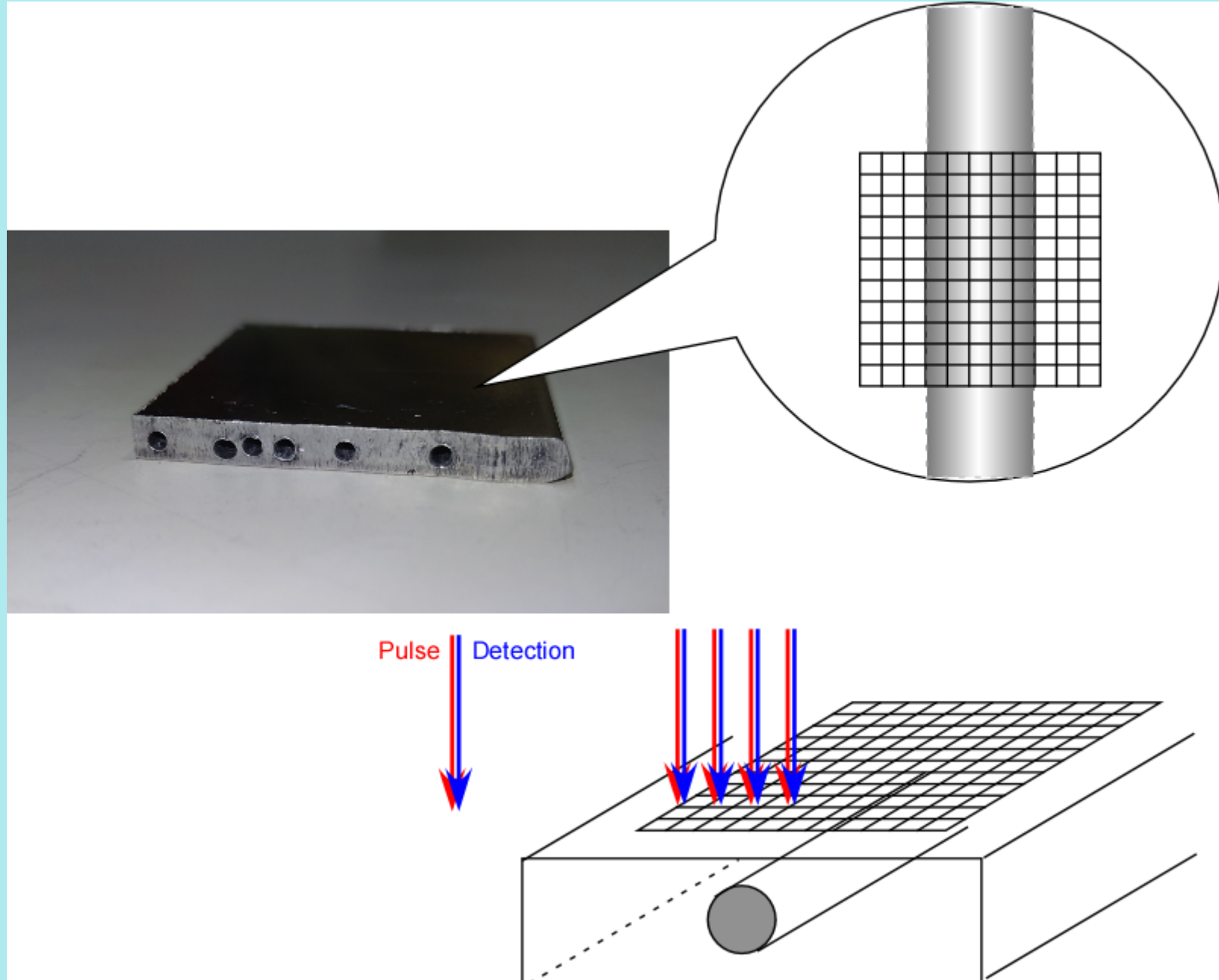
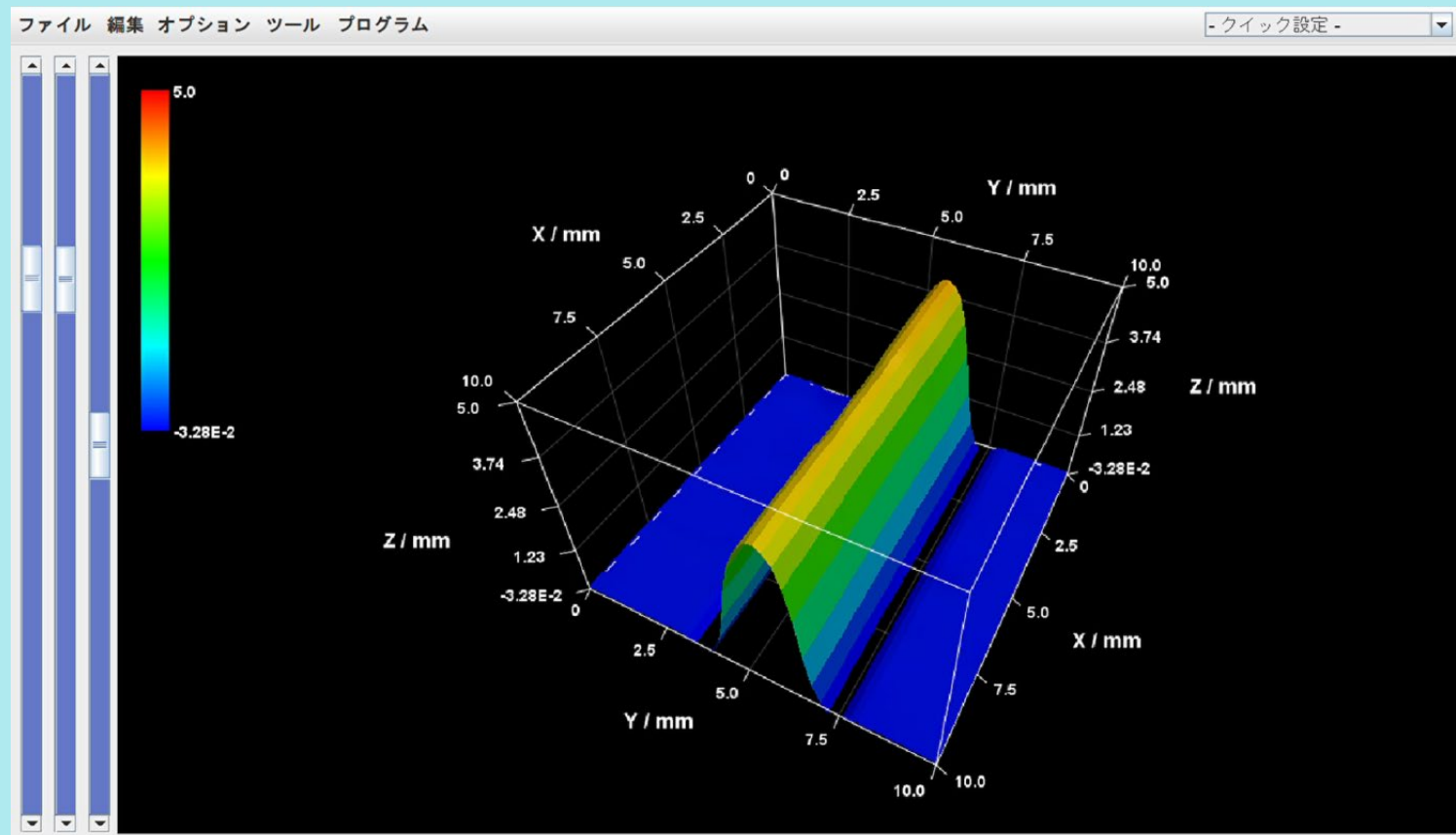
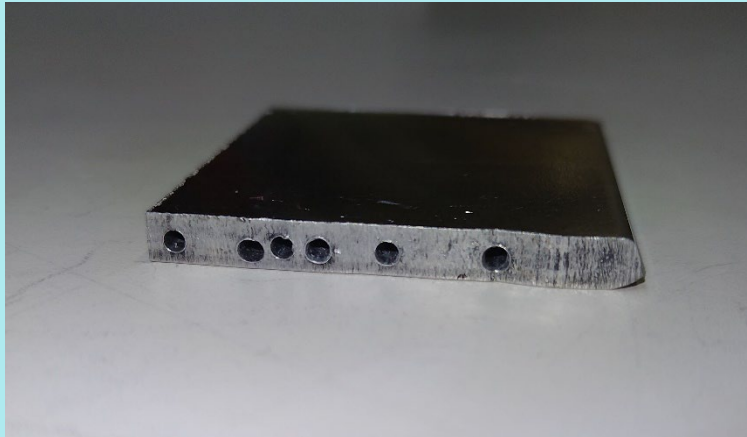


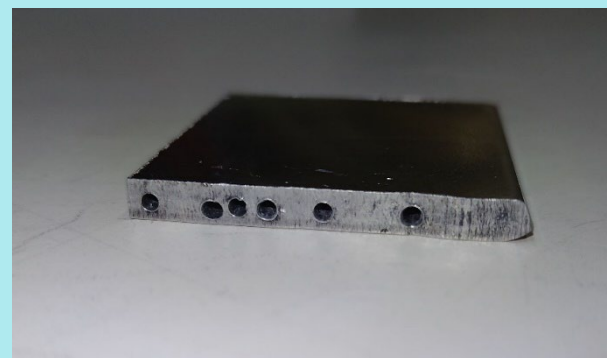
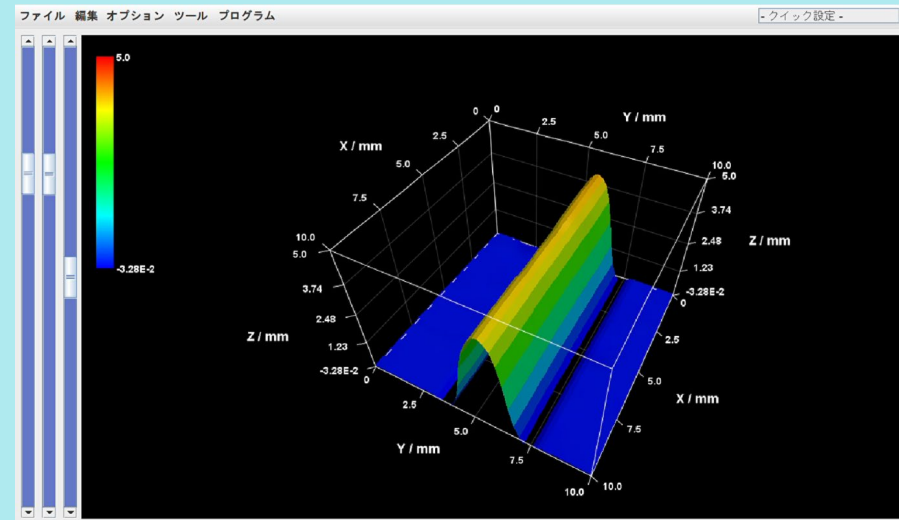
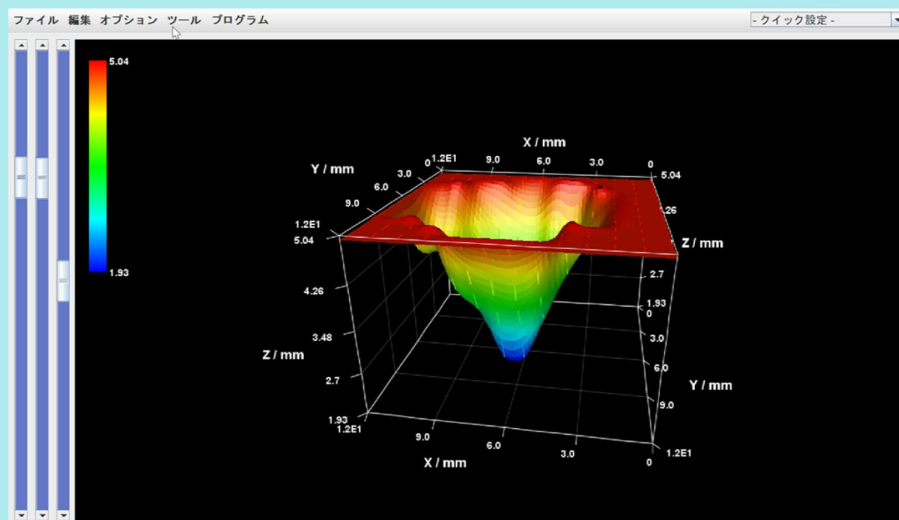
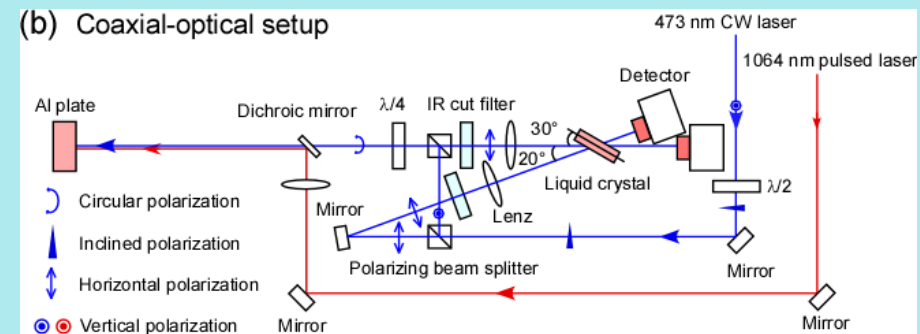
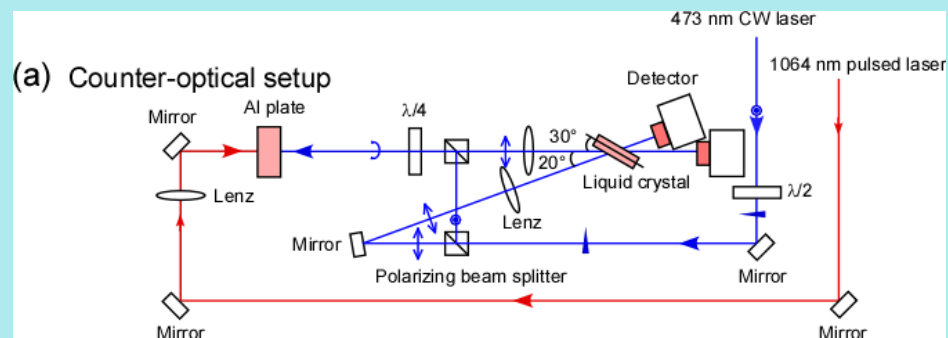
Table 2. Observed times of signals and calculated thicknesses of the aluminum plate

	Time (ms)	Propagation time (ms)	Thickness of the aluminum plate (mm)
Pulsed laser irradiation time	1.147		
1st signal	2.270	1.573	5.049
2nd signal	4.293	1.573	5.049
3rd signal	5.868	1.575	5.056

The thickness of the plate measured by digital micrometer = 5.045 mm







従来技術とその問題点

既存のレーザー超音波計測装置では、干渉計を用いているので、測定環境の振動に弱く、装置の小型化も難しかった。

また、無機結晶や高分子フォトリフラクティブ材料を用いた場合では、応答が遅いためにノイズフリーな計測は行えなかった。

新技術の特徴・従来技術との比較

- フォトリフラクティブ液晶を用いることで高感度かつノイズフリーな計測を可能にした。
- 従来の干渉計とは異なり、レーザー光を空間中を伝搬させる必要が無いので装置の小型化が可能である。

想定される用途

- 製造現場での製品のインライン検査を非接触で行える。製品形状、内部欠陥、厚さ、塗膜検査、フィルム接着検査、溶接検査など
- ポータブル装置にできるので建設・建造などの現場で使用できる。
- ドローンに搭載してインフラの検査などに使用できる。
- 歯科検査

実用化に向けた課題

- 液晶の温度範囲の調整。
- 液晶の高感度化。
- 光学系の最適化。
- 装置の小型化。
- 光ファイバーを用いた光学系の構築。
- マルチチャンネルディテクターの使用。

企業への期待

- このレーザー超音波システムの実用化には、液晶の最適化と配向処理、光ファイバーを用いた光学系の構築、光ディテクターや信号処理系の最適化、小型レーザーの最適化などが必要である。
- 液晶技術、光学、電子工学の技術がある企業との共同開発を望んでいる。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : フレクソエレクトリック液晶組成物、液晶素子、レーザ検査システム及び被検体の分析方法
- 出願番号 : 特願2021-123643
- 出願人 : 東京理科大学
- 発明者 : 佐々木健夫、中 裕美子、
レバンコア、谷上高明、石井行広

お問い合わせ先

学校法人東京理科大学
産学連携機構

TEL 03－5228 － 7440

FAX 03－5228 － 7442

e-mail ura@admin.tus.ac.jp