

PEM

第2回 光応用電磁界計測研究会

—電界センシング・磁界センシング技術
とその雑音計測への応用　・　一般—

PEM2018-5～7

2018年 7月26日(木)

於：機械振興会館

主 催：電子情報通信学会
光応用電磁界計測特別研究専門委員会

第 2 回 光応用電磁界計測研究会

プログラム

テーマ：「電界センシング・磁界センシング技術とその雑音計測への応用 ・ 一般」

2018年 7月 26日（木） 12時45分～14時00分

12:45-13:10 PEM2018-5

〔一般講演〕 アルカリ金属を用いた光学式磁界センサによる交流磁界分布の投影
～ 信号源位置推定に向けた検討 ～

田上周路（高知工科大）・豊田啓孝（岡山大）

13:10-13:35 PEM2018-6

〔一般講演〕 光電界センサ/光電圧プローブによる ESD 評価

大沢隆二（精工技研）

13:35-14:00 PEM2018-7

〔招待講演〕 光プローブ高周波磁界計測における変調方式に関する検討

石山和志（東北大）

場 所： 機械振興会館

主 催： 電子情報通信学会 光応用電界計測特別研究専門委員会

（ <http://www.ieice.org/~pem/> ）

本予稿集に掲載された論文等の著作権は著者に帰属します。

発行年月日：2018年7月26日

発行所：(一社)電子情報通信学会

光応用電磁界計測(PEM)特別研究専門委員

アルカリ金属を用いた光学式磁界センサによる交流磁界分布の投影 — 信号源位置推定に向けた検討 —

田上 周路[†] 豊田 啓孝[‡]

[†] 高知工科大学システム工学群 〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口 185

[‡] 岡山大学大学院自然科学研究科 〒700-8530 岡山県岡山市北区津島中 3-1-1

E-mail: [†] taue.shuji@kochi-tech.ac.jp, [‡] toyota@okayama-u.ac.jp

あらまし 機器から発生する電磁界を空間的に分解して取得することで、信号成分やノイズ成分の直感的な評価が可能となる。また、得られた空間分布情報から逆問題を解くことで、発生源の位置が推定できる。我々は、これまでアルカリ金属蒸気をガラスセルに封入してセンサヘッドとして用いる光学式磁界センサを構築し、交流磁界計測への適用を検討してきた。構築したセンサは、印加される交流磁界によってセンサを透過する光が強度変調される。このため、センサヘッド内に分布する交流磁界成分を透過光で投影することができる。透過光の空間分解にはミラーアレイデバイスを用い、直径 10 mm の円領域を 0.3 mm 以下の分解能で画像化した。本研究では、センサヘッドに張り付けた金属細線に交流電流を流すことで生じる交流磁界分布を取得し測定結果とした。次に、細線を流れる電流から生じる磁界分布のうち、センサの感度方向成分を計算によって求めた。これらの測定結果と計算結果を比較することで信号源の位置推定を行った。比較結果から、センサに対する信号源の深さは、実際の 1.25 mm に対して 1.41 mm と推定され、非常に近い値となった。本検討により、投影された交流磁界分布の取得による信号源位置推定の高精度化が示唆される。

キーワード アルカリ金属, 磁界計測, 磁界分布, ミラーアレイデバイス, 位置推定

Optical projection of AC magnetic field by using alkali metal atoms — Analytical investigations for signal source estimations —

Shuji TAUE[†] and Yoshitaka TOYOTA[‡]

[†] School of system engineering, Kochi University of Technology

185 Miyanoguchi, Tosayamada-cho, Kami-shi, Kochi, 782-8502 Japan

[‡] Graduate school of natural science and technology, Okayama University

3-1-1 Tsushima-naka, Kita-ku, Okayama, 700-8530 Japan

E-mail: [†] taue.shuji@kochi-tech.ac.jp, [‡] toyota@okayama-u.ac.jp

Abstract Spatially-resolved measurements of electro-magnetic waves and fields realize to visualize their distributions. Obtained distributions are helpful for spatial evaluations and applicable to signal source estimations by solving inverse problems. From our previous study, we reported optical detections of AC magnetic fields by using an alkali-metal atomic magnetometer. And we proposed optical projection of the field in 10 mm diameter area where is inside of the sensor. The light passed through the sensor was resolved into below 0.3 mm by a digital micro-mirror device. In this report, we investigate an analysis of signal source estimations using obtained field image and calculated result. The experimental signal-source was AC magnetic field from a thin wire attached to the sensor. The calculated field distribution was modified to reflect the field only in sensitive direction of the sensor. The obtained and the calculated distributions were compared to estimate the position of the signal source. As a result, the depth position of the signal source was estimated to 1.41 mm that is nearly value with the real wire depth-position of 1.25 mm. This measurement technique has a potential to estimate precise positions of signal sources.

Keyword Atomic magnetometer, AC magnetic field, Digital micro-mirror device, Optical projection, Imaging

アルカリ金属を用いた光学式磁界センサによる 交流磁界分布の投影 ～信号源位置推定に向けた検討～

田上周路¹, 豊田啓孝²

¹高知工科大学 システム工学群
²岡山大学大学院 自然科学研究科

研究背景

測定にはコイルの電磁誘導を利用した磁界センサを利用

問題点 **配線やコイル自体による電磁界への影響**
測定周波数に応じた設計が必要

コイルを用いない磁界センサ・・・

アルカリ金属を用いた光学式交流磁界センサ

目的: Csを用いた1光軸系での高感度化
磁気シールドを用いない測定

※光軸に45°で印加される静磁界 B_0 に比例した周波数で磁気共鳴を起こし、その周波数の交流磁界を高感度に測定できる

光学式交流磁界センサの原理 (Mx type magnetometer)

- ① 光ポンピング**
レーザ光 (円偏光) → Cs D2: 852 nm スピン偏極
- ② 静磁界 B_0 を印加**
静磁界でスピンのLarmor歳差運動
 $\omega = \gamma B_0$
 ω : 角周波数
 γ : 磁気回転比 (Cs: 3.5 GHz/T)
- ③ 交流磁界との共鳴**
印加交流磁界で歳差運動の位相が揃う、透過光強度が変調される。

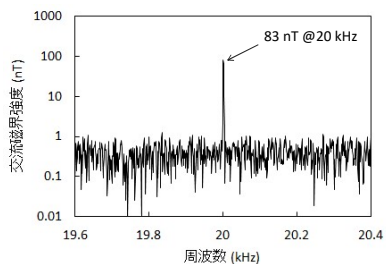
これまでの実験①

田上周路, 藤原 優, 豊田啓孝, 藤本和博, 近野秀樹, 「アルカリ金属を用いた交流磁界の光学検出 ～市販の磁界テストとの比較と永久磁石を用いたフローブ化の検討～」, 電子情報通信学会和文論文誌 B, Vol. 3100-B, No. 3, pp158-165, 2017.

市販の交流磁界テストとの比較

線形な出力特性・低いノイズレベル

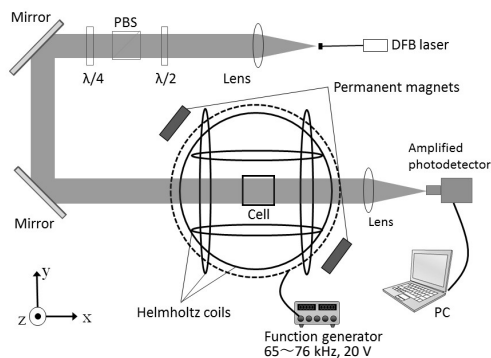
センサの出カスペクトル



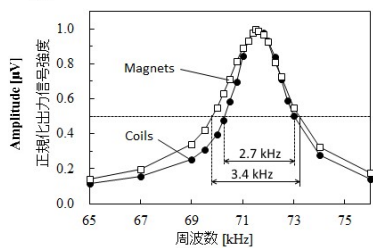
ノイズレベルは約0.4 nT@20 kHz

これまでの実験②

田上高路, 篠原 優, 豊田啓孝, 藤森和博, 深野秀樹. 「アルカリ金属を用いた交流磁界の光学検出 ～市販の磁界メータとの比較と永久磁石を用いたフロープロバの検出～」, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J100-B, No. 3, pp158-165, 2017.



静磁界の印加方法による出力信号特性の違い (実験)



ヘルムホルツコイルと比較すると永久磁石の使用で
信号強度 81%
感度帯域 126%

交流電磁界分布の光学検出と画像化

- 電気・磁気光学結晶上を光スキャン
M. Takahashi et al., IEICE Trans. Commun., 2005
- 0.3 × 0.3 × 0.3 mmの磁気光学結晶を利用
Y. Kato and Y. Suzuki, EMC-17-77, 2017
- アルカリ金属(Cs)のラビ振動を利用 (センサを走査)
M. Kinoshita and M. Ishii, IEEE Trans. Instrum. Meas., 2017
- アルカリ金属をスピニング偏極利用して渦電流測定 (ターゲットを走査)
A. Wickenbrock et al., APL, 2016, C. Deans et al., APL, 2016
- アルカリ金属の蛍光を利用して磁気微粒子検出 (CCD, CMOS)
V. Dologovskiy, et al, APL, 2016

センサやターゲットを走査せずにターゲット信号のみを高感度に検出できる測定系

本研究の目的：測定領域内における磁界分布の投影+画像化

磁界分布の投影イメージ

撮影デバイス

アルカリ金属封入ガラスセル

◎ 10 Msamp/sec
 × ~100 frame
 × ¥ 30,000,000

Shimadzu Hyper Vision HPV-X2

○ 608 × 684 array
 ◎ ¥ 80,000
 △ Scanning mirrors

Texas Instruments DLP3000

ミラーアレイデバイスを用いた画像化

ミラーアレイの動作イメージ

マイクромリラーアレイ

ガラスセルを透過した光

ミラー (OFF状態)

ミラー (ON状態)

カメラ

ミラーアレイによる画像化イメージ

ミラーアレイデバイス

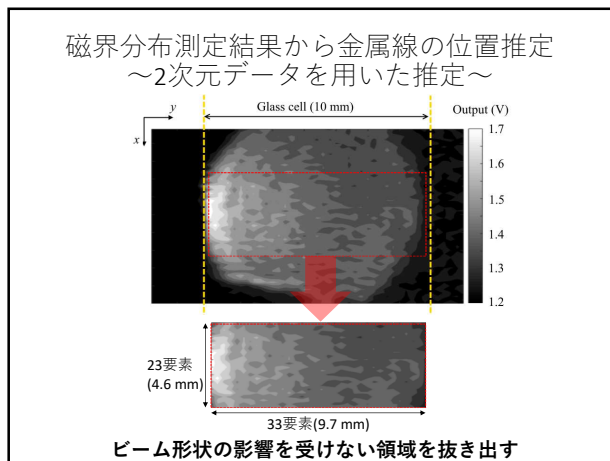
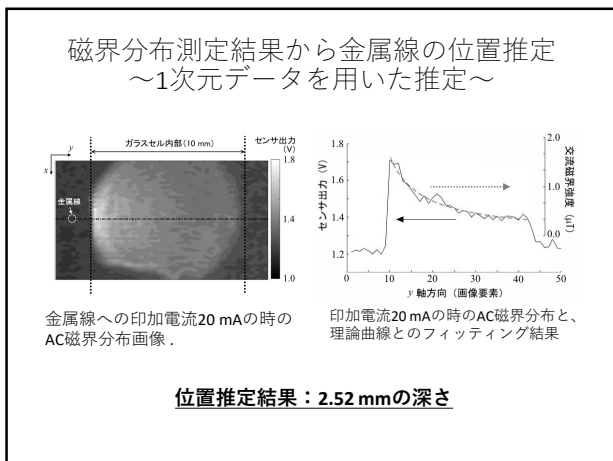
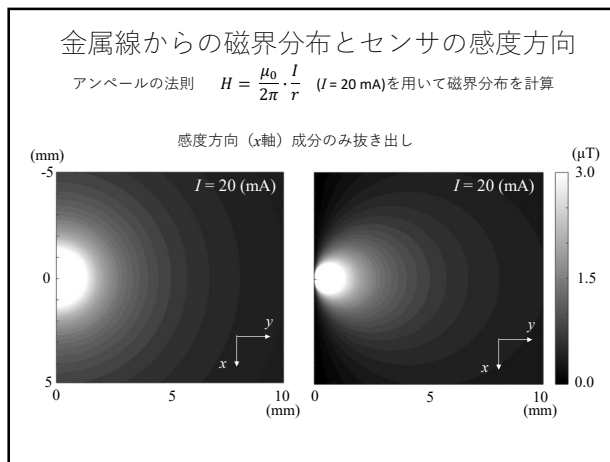
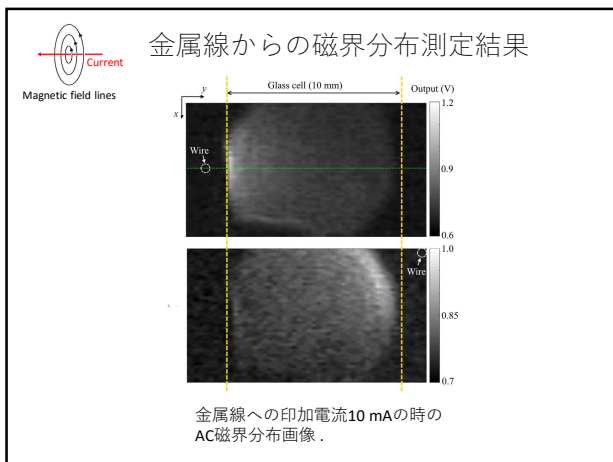
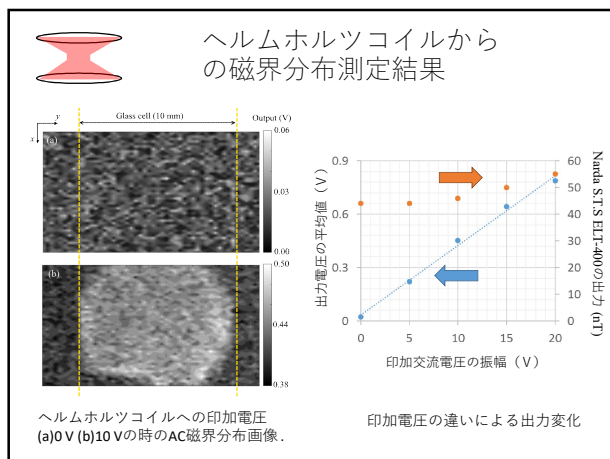
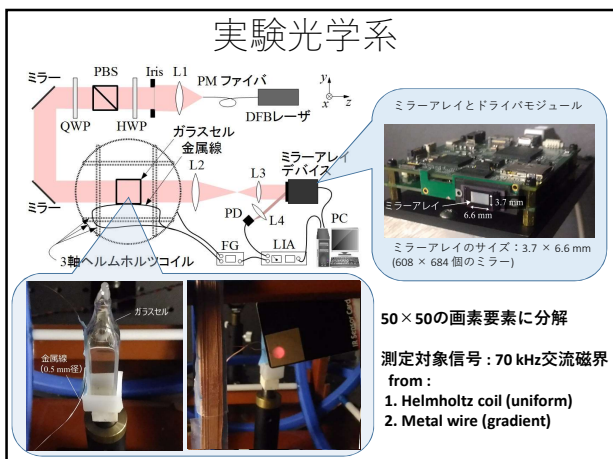
画像要素領域

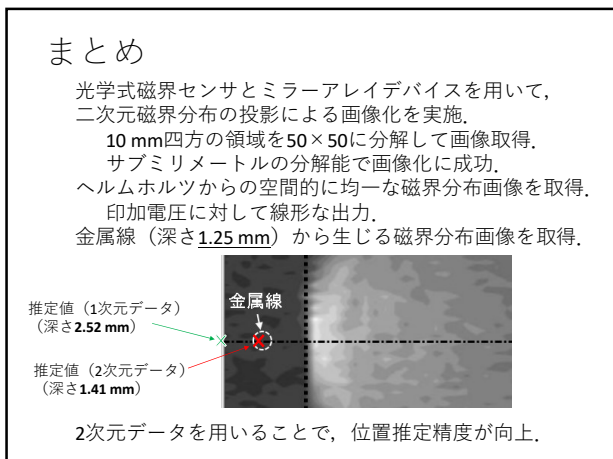
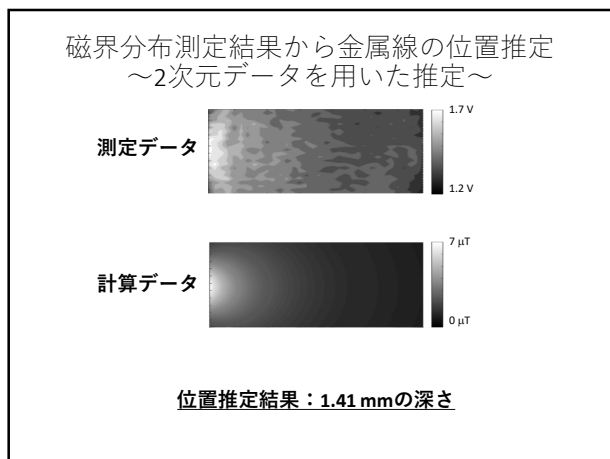
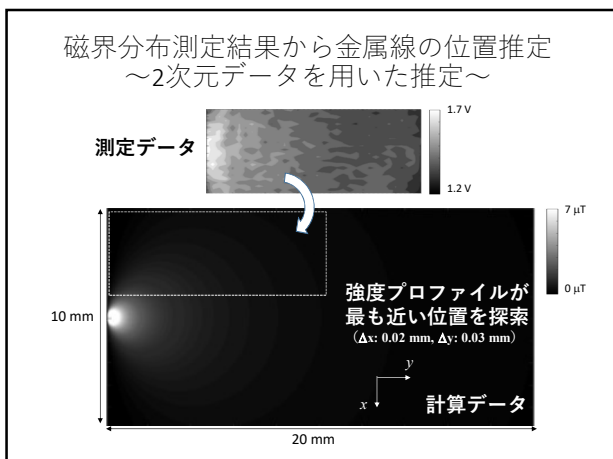
カメラ

レーザー光

アルカリ金属封入ガラスセル

各画像要素でlock-in検出が可能!





謝辞

本研究は

JSPS 科研費 JP18K04166
平成29年度 電気通信普及財団 研究調査助成
平成29年度 コニカミノルタ科学技術振興財団

の助成を受けたものです。

PEM 研究会 一般講演 光電界センサ/光電圧プローブによる ESD 評価

大沢 隆二[†]

[†] 株式会社精工技研市場開拓室 〒270-2214 千葉県松戸市松飛台 296-1

E-mail: [†] ryuji.osawa@seikoh-giken.co.jp

あらまし 静電気放電 (Electro-Static Discharge) によるイミュニティ試験について、国際的に IEC 61000-4-2 で試験方法が規定されている。この規格またはこれに類する規格によって多くの機器が破壊・誤動作の有無またはその程度によって耐性分類を行っている。この ESD 評価について、MZ 型光導波路を持つ光電界センサおよび光電圧プローブを使用することにより、新たな知見を得ることができた。まだ検討を始めたばかりであるが光導波路を使ったセンシングについて新たな用途を示唆するものと考えられる。本報告ではそれらの中の3つの用途①試験対象のグラウンドが異なる場合の ESD 電界の測定、②間接放電試験法における発生電界分布測定、③ロボット誤動作を起こすノイズ電圧信号の測定について報告する。

キーワード 光電界センサ、光電圧プローブ、IEC61000-4-2、ESD、誤動作、MZ 型光導波路、間接放電試験法

ESD evaluation by Optical E-field Sensor and Optical Voltage Sensor

Ryuji OSAWA[†]

[†] Market Development Department, SEIKOH GIKEN Co.,Ltd.

296-1, Matsuhidai, Matsudo-shi, Chiba, 270-2214 Japan

E-mail: [†] ryuji.osawa@seikoh-giken.co.jp

Abstract For the immunity test by ESD (Electro-Static Discharge), the test method is internationally specified in IEC61000-4-2. Many instruments are classified as tolerance depending on the presence or absence of destruction or malfunction or the extent thereof depending on this standard or similar standards. For this ESD evaluation, we could obtain new findings by using Optical E-field Sensor and Optical Voltage Probe with MZ type optical waveguide. It is thought that this is suggesting a new use for sensing using optical waveguide, although it is just starting to study. In this presentation we will report on three applications among them. 1) Measurement of ESD electric field when the test ground is different.

2) Measurement of generated E-field distribution in indirect discharge test method. 3) Measurement of noise voltage signal causing robot malfunction.

Key word Optical E-field Sensor, Optical Voltage probe, IEC61000-4-2, malfunction, MZ type optical waveguide, Indirect discharge test method

イミュニティ試験例

| 規格No. | 項目 | 対応範囲 |
|---------------|------------------|-------------------|
| IEC61000-4-2 | 静電気放電 | 試験電圧、接触放電/気中放電 |
| IEC61000-4-3 | 放射無線電磁界 | 周波数範囲、電界強度、変調条件 |
| IEC61000-4-4 | ファストトランジェント・バースト | 試験電圧 |
| IEC61000-4-5 | サージ | 試験電圧 |
| IEC61000-4-6 | 無線周波電磁界伝導 | 試験周波数範囲、試験電圧、変調条件 |
| IEC61000-4-8 | 電源周波数磁界 | 磁界強度、周波数 |
| IEC61000-4-9 | パルス磁界 | パルス磁界レベル |
| IEC61000-4-11 | 電圧ディップ/瞬時停電 | 入力電圧 |

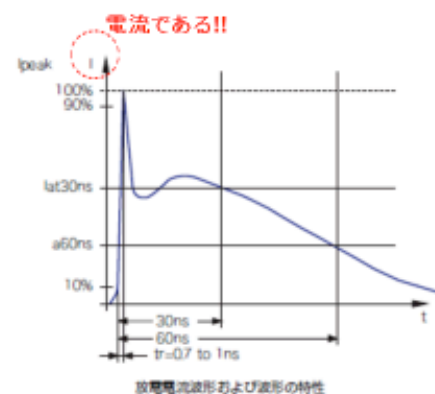
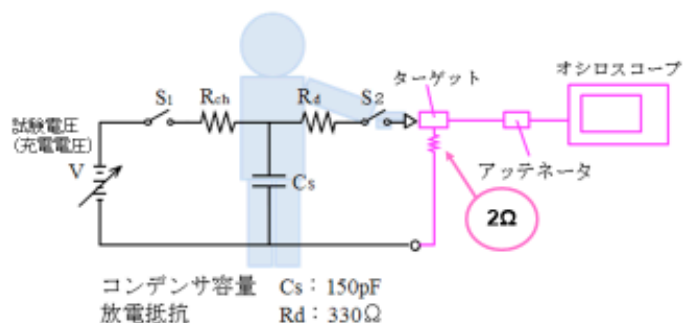
※静電気放電試験の試験電圧は、試験器の充電電圧であり実際に被試験体に印加される電圧ではない。

静電気放電(ESD)試験規格

～充電電圧は放電電圧ではない～

| レベル | 試験電圧 (接触放電) | 試験電圧 (気中放電) |
|-----|-------------|-------------|
| 1 | 2kV | 2kV |
| 2 | 4kV | 4kV |
| 3 | 6kV | 8kV |
| 4 | 8kV | 15kV |
| X | Special | Special |

※ X はオーブクラスで製造者とユーザーとの合意により設定

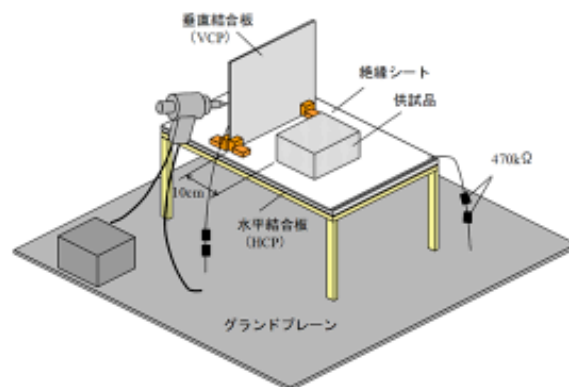


IEC 61000-4-2

直接放電試験



間接放電試験



光電界センサの利点

- ・広帯域周波数特性(100k~10GHz)・・・忠実な放電電界波形観測※1
- ・非侵襲性(乱さない・乱れない)※2・・・・・・電気光学効果+光ファイバ伝送
- ・空間分解能極小(1.5~2mm)・・・・・・微小ダイポールアンテナ

※1 DC~100kHzの情報が得られないため、忠実な測定には限界があります。

※2 僅かにダイポールアンテナ・電極に金属薄膜を使用しています。理論的には金属薄膜により僅かに影響が考えられます。

放電状態・放電電界パルスの計測用として、十分にメリットがある。
(タイムドメインとしての計測)

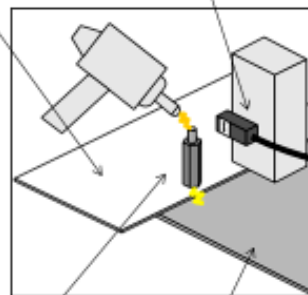
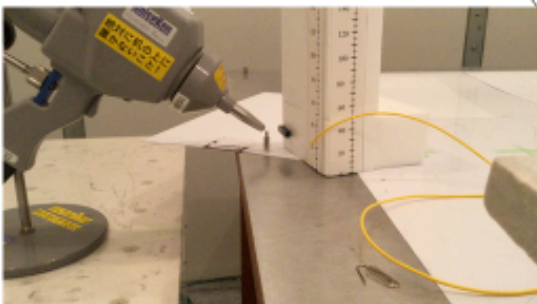
ESD電界測定(気中放電)

■ 絶縁シート上の放電(二次放電)

20kV 空間放電

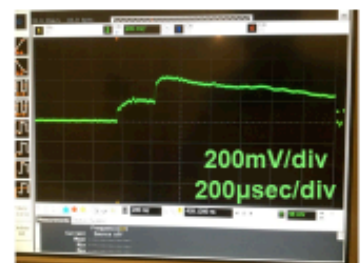
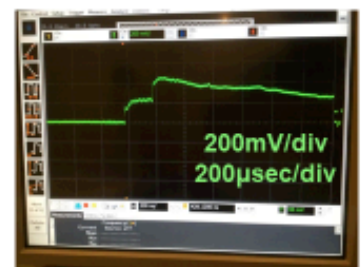
絶縁シート

光電界センサヘッド
CS-1403



金属六角スペーサ

水平結合板

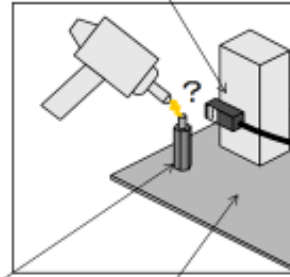


概ね同様な波形を観測

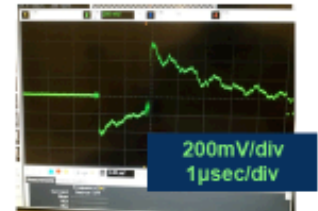
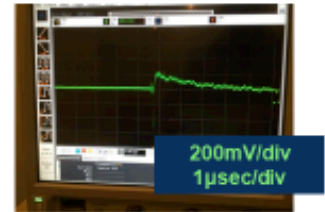
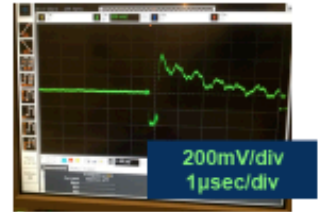
■ 接続不良のGNDに接触



光電界センサヘッド
CS-1403



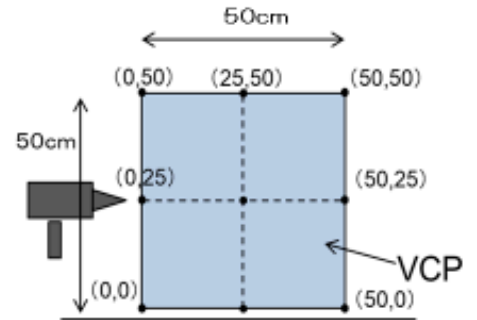
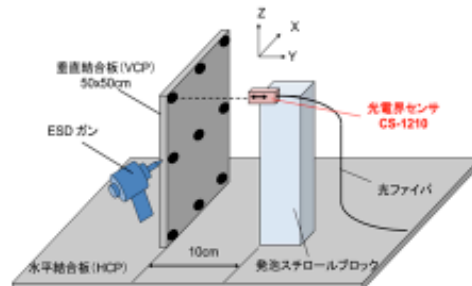
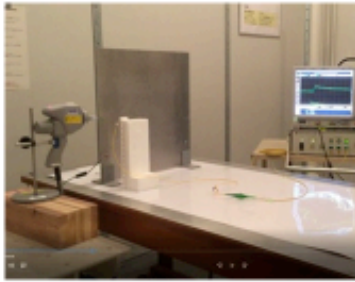
金属六角スペーサ 水平結合板



毎回異なる波形を観測
GND不備による帯電の影響？

間接放電試験

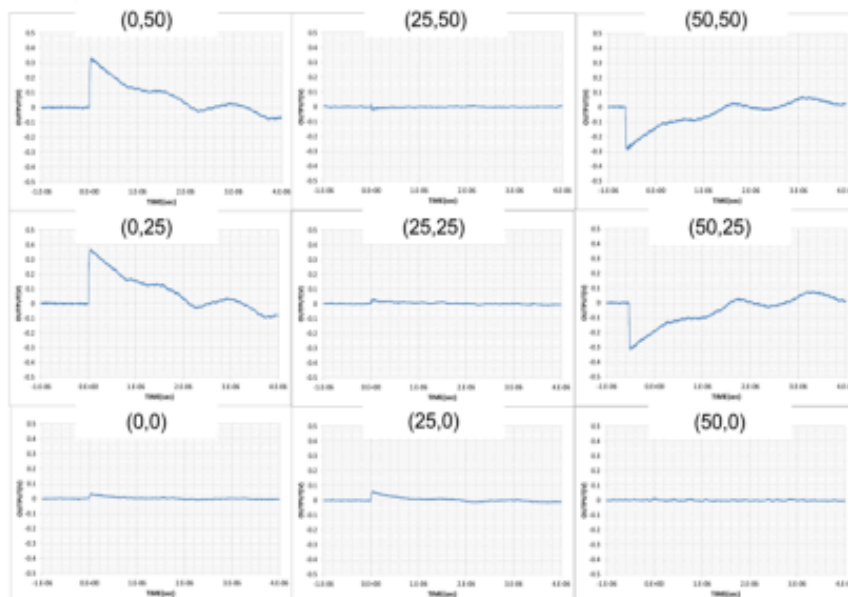
測定風景と測定ポイント



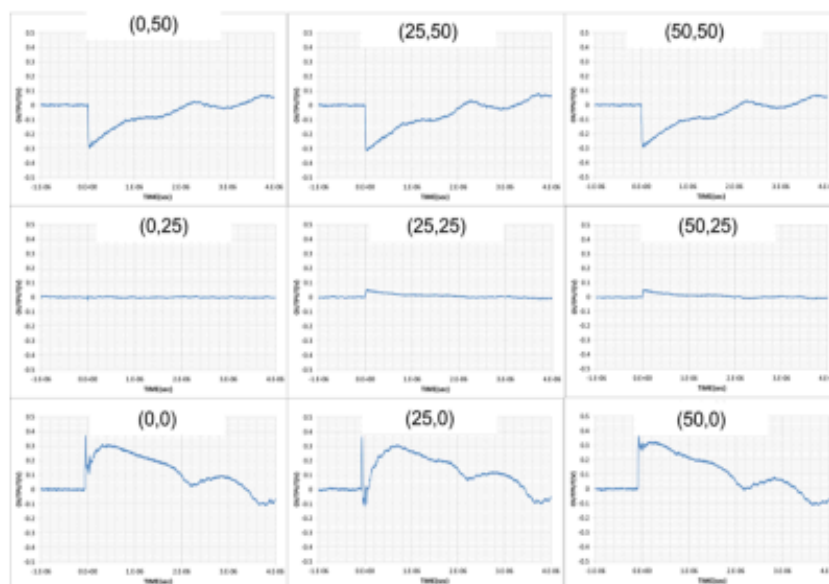
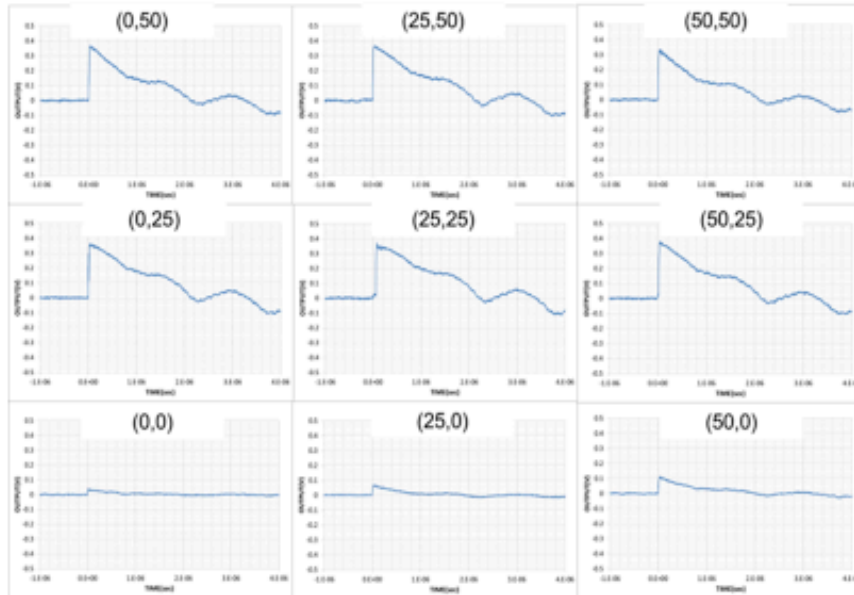
測定風景

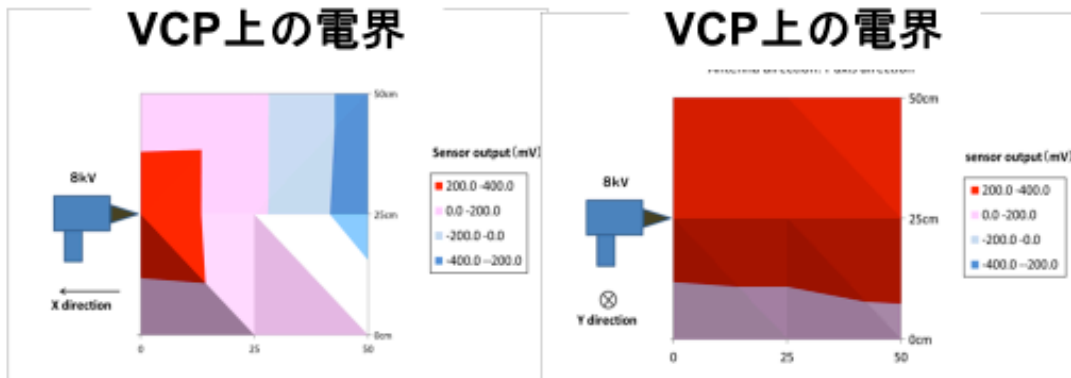
ESD設定電圧 +8kV
垂直結合板 (VCP) から10cm
位置の平面上の電界を測定

測定ポイント



オシロ
(2.5GHz)
-0.5~+0.5[V]
-1~+4[μsec]



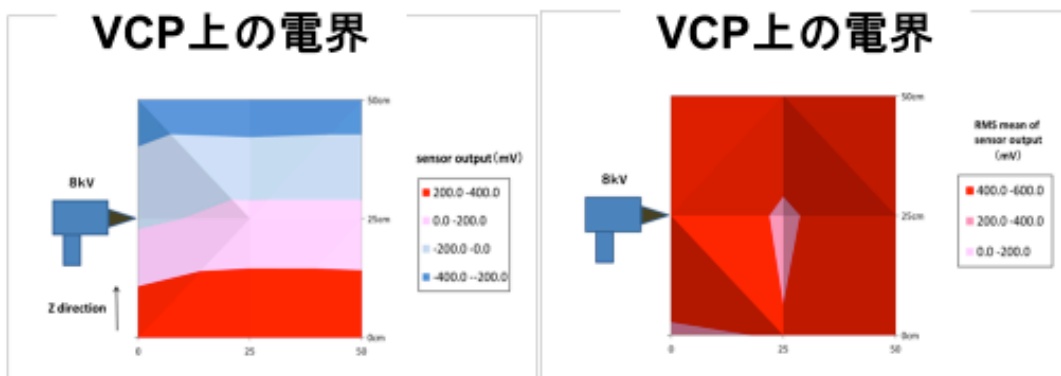


X軸偏波

赤: プラスパルス
青: マイナスパルス

Y軸偏波

赤: プラスパルス
青: マイナスパルス



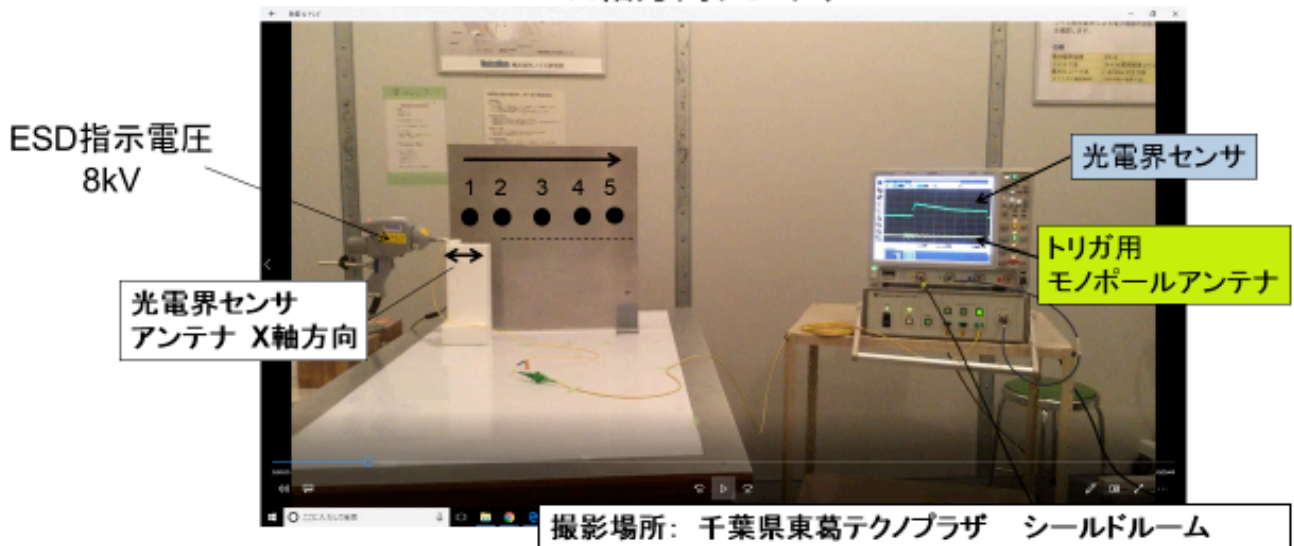
Z軸偏波

赤: プラスパルス
青: マイナスパルス

3軸合成

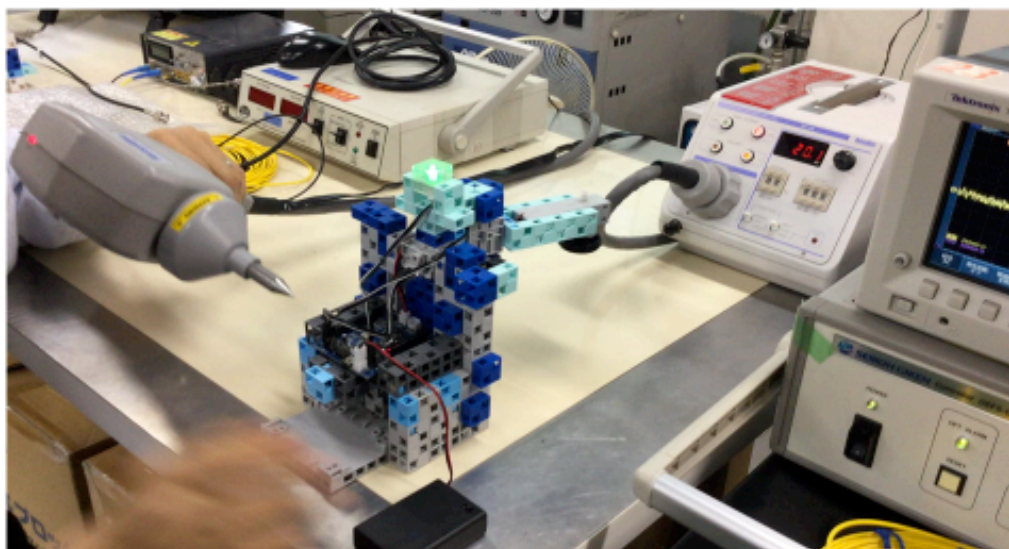
赤: プラスパルス
青: マイナスパルス

参考動画 : 位置を変えた時のESD波形の変化
～X軸方向アンテナ～



ロボット誤動作試験

ESDによるロボット誤動作



リセットノイズの測定

正常動作

リセットボタン ON

IC3 リセットピン動作条件
VCC(3.3V)⇒0.3V以下誤動作
(リセット)

ESDノイズ

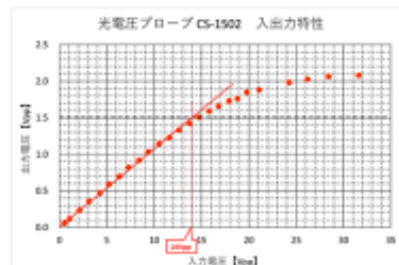
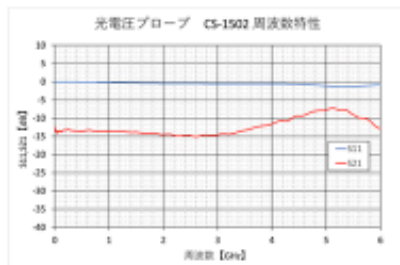
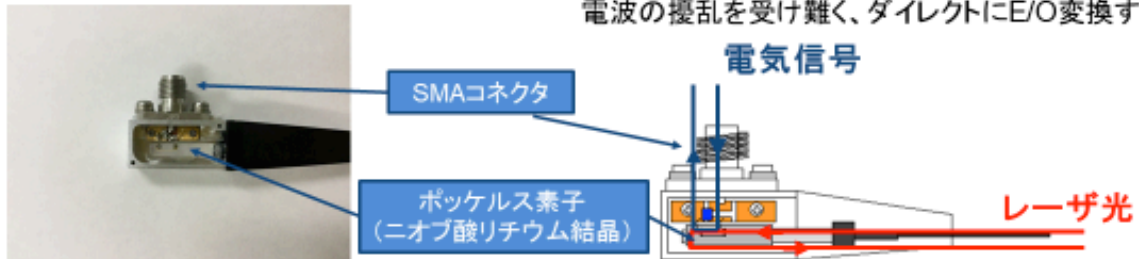
IC3 リセットピン動作
VCC(3.3V)⇒0.3V以下確認できるか？

リセットピンの信号(ノイズ)電圧モニタリング

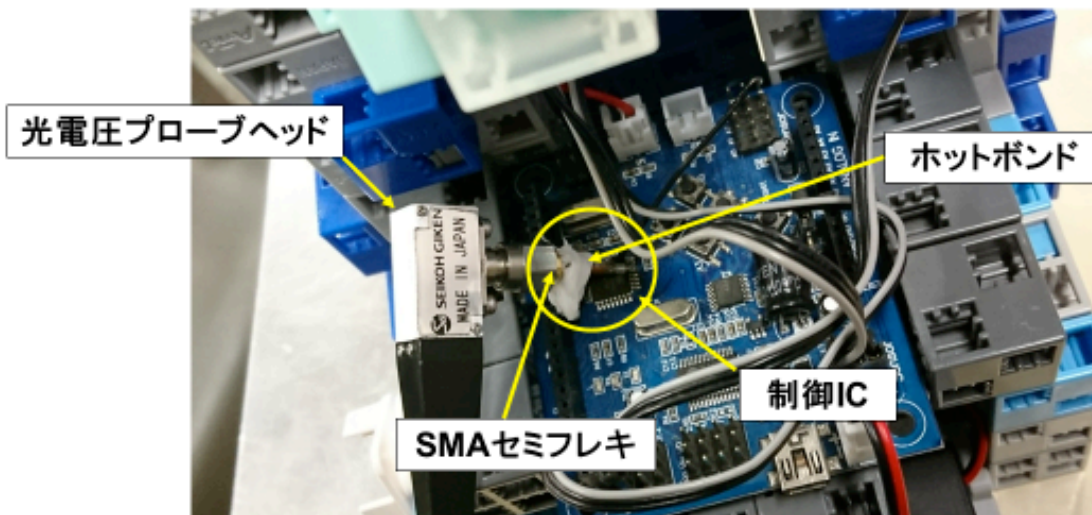
※光電圧プローブのRFアンプは100kHz以下をカットしているため、DC成分は出力されない。

光電圧プローブの構造と特性

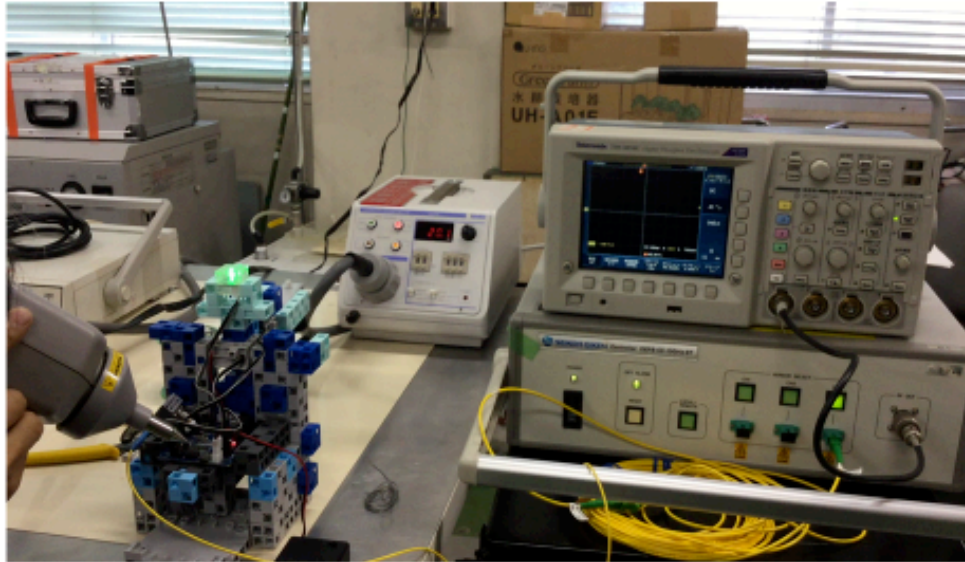
電気光学効果を利用したパッシブな動作。
電波の擾乱を受け難く、ダイレクトにE/O変換する。



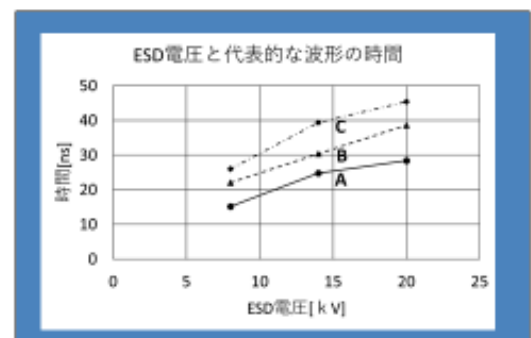
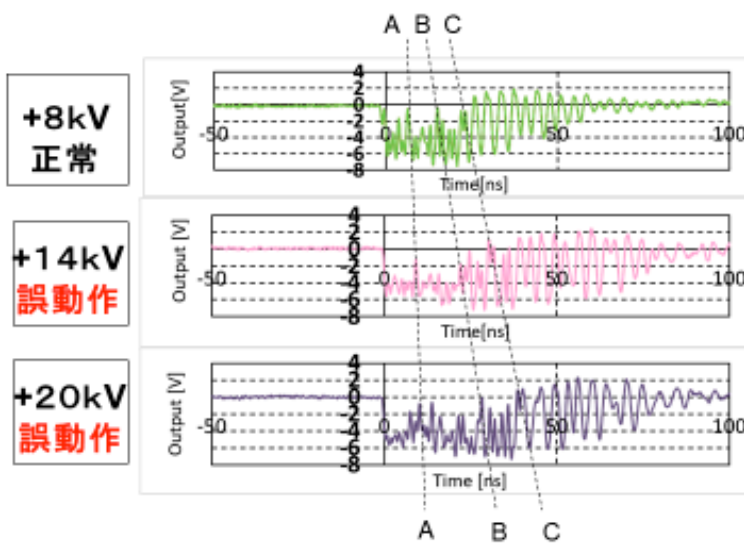
回路基板と光電圧プローブのプロービング



光電圧プローブ測定



測定結果



ESD電圧大 ⇒ 波形 伸

リセット信号 ⇒ 規定パルス長

まとめと考察

- ◆ESDガンによるノイズが制御ICに入力される電圧が測定できた。
 - ⇒ **ノイズ対策**に対する**効果の可視化**が可能となる

- ◆ESDガンの設定電圧を増加すると下記内容を確認した。
 - 1) ピーク電圧は殆ど変化しない（制御基盤の保護回路による？）
 - 2) ESDガン設定電圧増加に従ってノイズ波形が伸びる。
 - ⇒ 誤動作(リセット)の条件(電圧・時間・周波数)の検証により**ノイズ対策の具体的な方法検討**が可能となる

本資料「ロボット誤動作評価」は、
沼津工業高等専門学校と株式会社精工技研の
共同研究として、
静電気学会春季講演会(2018/3/5)で発表した内容から
要点を抜粋したものです。

PEM 研究会 招待講演

光プローブ高周波磁界計測における変調方式に関する検討

石山 和志

東北大学電気通信研究所 〒980-8577 仙台市青葉区片平二丁目 1-1

E-mail: ishiyama@riec.tohoku.ac.jp

あらまし 高周波の近傍磁界計測は EMI の観点からも重要な技術となっている。これまで提案されている測定手法では、計測プローブが金属であることや金属ケーブルを用いていることから、被測定磁界と金属との間の誘導性結合により意図しない電圧が生じ、正確な測定ができないことが問題とされてきた。それに対して光を用いた手法は金属を排した測定が可能であることから侵襲性が極めて低いため、この問題を解決できると考えられる。ここでは、光を用いた手法の測定感度を高めるための、新しい変調手法を紹介する。これは同じ周波数で位相の異なる二つの波形をパルスレーザーのトリガ波形として準備し、特定周波数でそれらの波形を切り替えながらレーザー発行させることにより、ロックインアンプでの増幅を可能とし高い周波数での計測が可能となることを示した。これを用いることで、IC チップ周辺の高周波磁界分布の可視化に成功した。

キーワード 高周波近傍磁界計測、光プローブ、侵襲性

Modulation system for high-frequency magnetic field measurement by pulsed laser

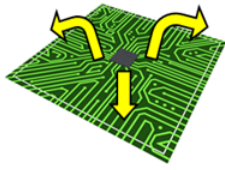
Kazushi ISHIYAMA

Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University 2-1-1 Katahira, Aoba, Sendai 980-8577 Japan

E-mail: ishiyama@riec.tohoku.ac.jp

Abstract Measuring magnetic near field is one of the key technologies against the problem of the electromagnetic interference (EMI). However the previous methods generally use metal probes and cables. Therefore the accuracy of the system is poor by the many unexpected couplings between the metals and the measuring magnetic fields. Measurements that use the magneto-optical effect can overcome this problem. The magneto-optical measurements do not use any metallic materials and cables, therefore it has very small invasive for the magnetic fields. To achieve a high resolution, a stroboscopic method that employs short laser pulses are utilized. To improve the sensitivity, a new modulation system was carried out. Two waveforms having same frequency and different phase are used for modulate the pulsed laser. By switching the waveforms, modulated signal can obtained. Therefore the measured signal can be enlarged using the Lock-in amplifier. As a result, the proposed system can visualized RF magnetic near-field around IC chips.

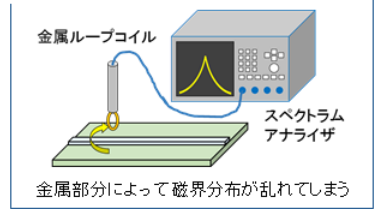
Keyword High frequency magnetic near field, optical probe, low invasive



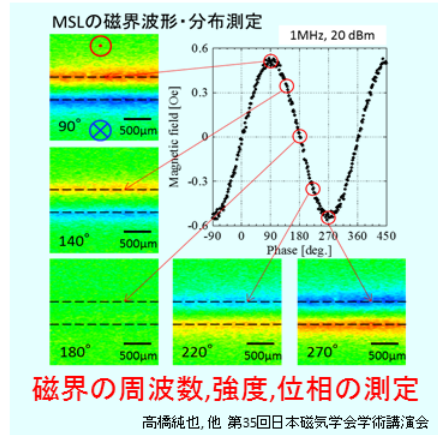
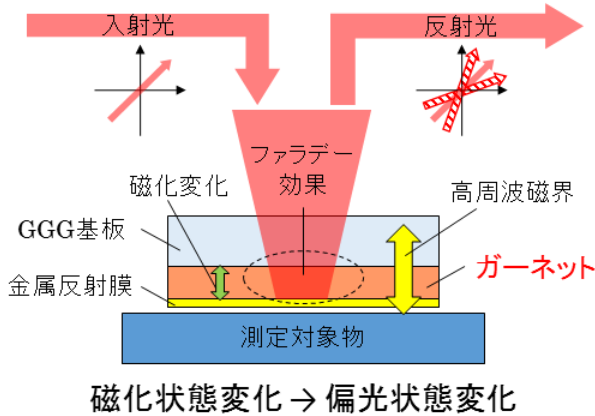
EMI問題の懸念

高い周波数の微弱な磁界を正確に測定する技術が必要

従来法の磁界検出



磁性ガーネット薄膜を用いた磁界検出



侵襲性に関する検討

・ 被測定対象にプローブが近接した際の反射特性を計測

比較するプローブ

磁性ガーネット薄膜

matesy製 Type B ガーネット

膜厚 600 μ m (うちガーネット部分 5 μ m)

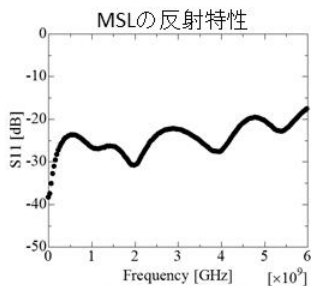
従来法の磁界検出

Frequency range: 0.1GHz~6GHz

空間分解能: 300 μ m

LANGER EMV-Technik MFA-R 0.2-6

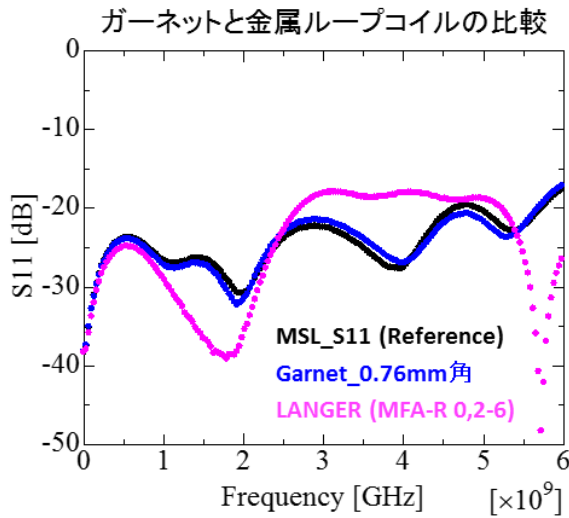
実験方法



MSLにプローブを近接させた際の反射特性の乱れを評価

侵襲性に関する検討

MSLにプローブを近接させた際の反射特性の乱れを評価



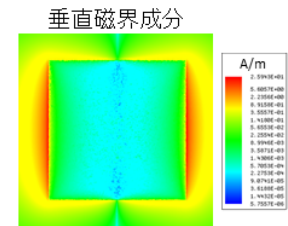
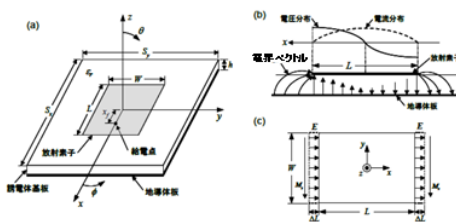
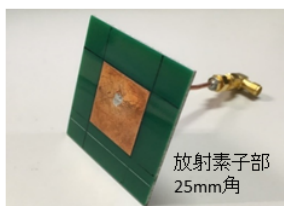
ガーネットを用いた磁界検出で
必要な直径は0.76mm以下
よって、0.76mm角ガーネットと
LANGERのプローブを比較してよい

従来法と比較し、ガーネットの方が
被測定対象の回路を伝播する信号に対し低侵襲である

侵襲性に関する検討

近傍磁界強度分布の計測

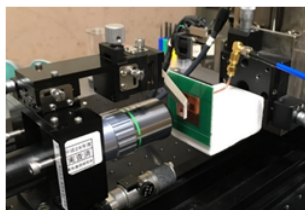
パッチアンテナの近傍磁界計測による侵襲性の評価



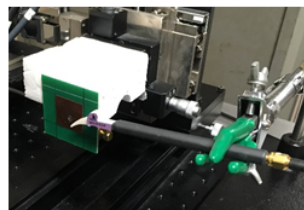
シミュレーション結果
HFSS, ver.18, ANSYS

電磁界を放射するパッチアンテナを選定

実験方法



ガーネット
光学系側に固定して評価



金属プローブ
横方向から近接させ評価

パッチアンテナ近傍磁界分布を測定
(垂直磁界成分、3.5mm×3.5mm)
推測できる磁界分布や
シミュレーション結果と比較

計測結果から侵襲性を評価

侵襲性に関する検討

パッチアンテナの近傍磁界計測による侵襲性の評価

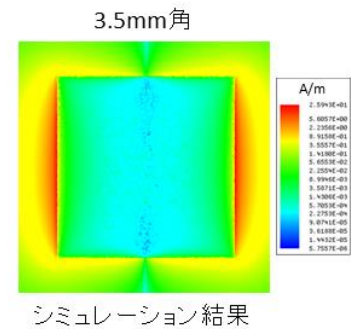
測定結果

ガーネット

ガーネット
光学系側に固定して評価

金属ループコイル

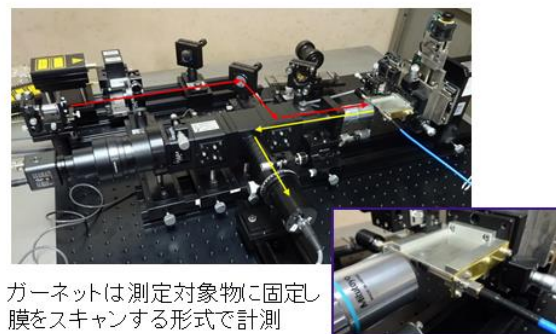
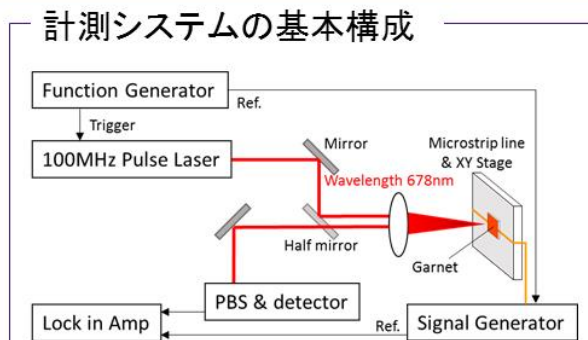
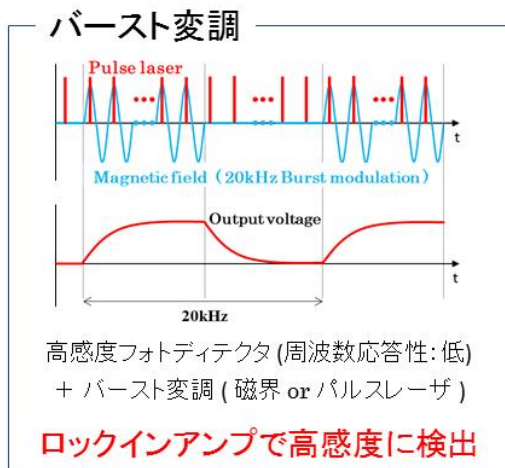
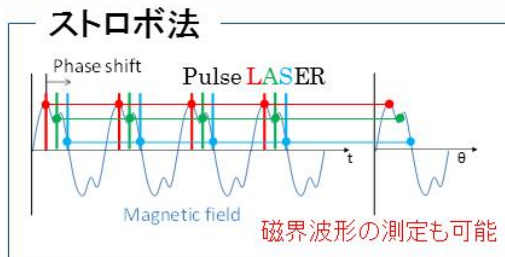
金属プローブ
横方向から近接させ評価



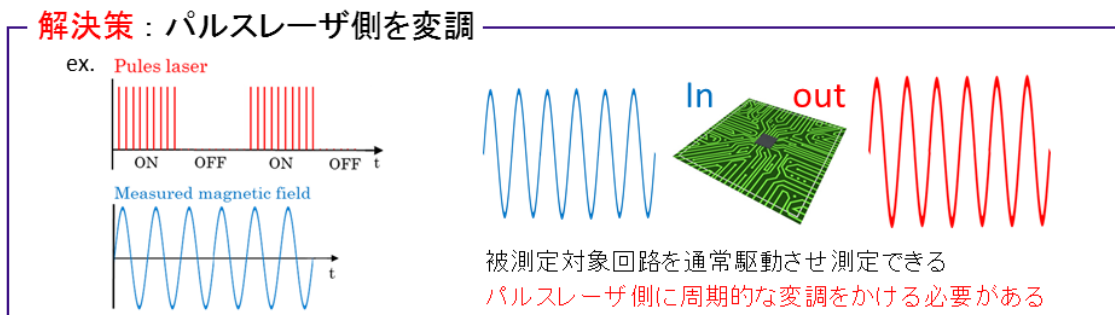
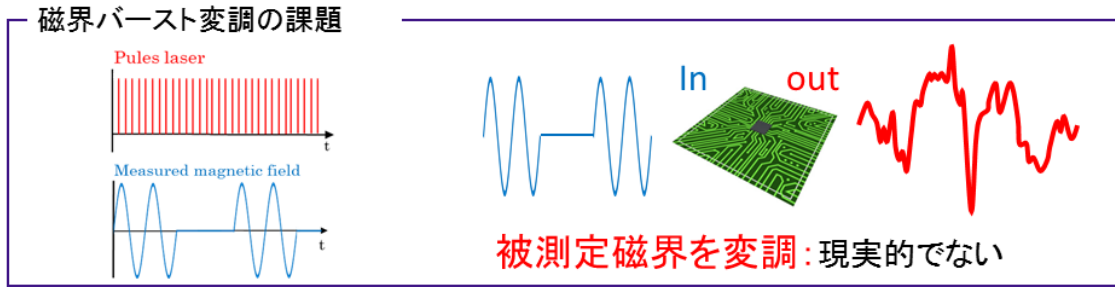
推測できる磁界強度分布やシミュレーション結果と比較すると金属ループコイルでは正確な磁界分布の計測ができていない

ガーネットを用いての計測の方が低侵襲な近傍磁界計測が可能

計測原理と構成



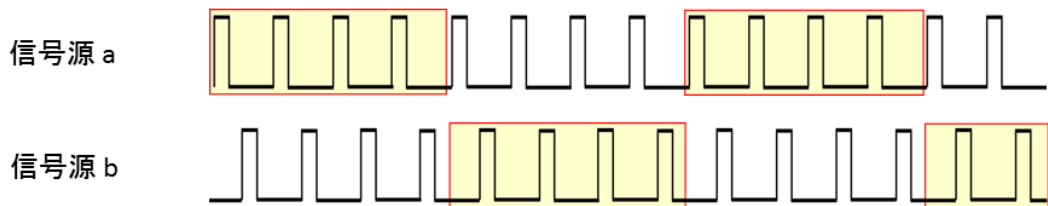
バースト変調の必要性と課題



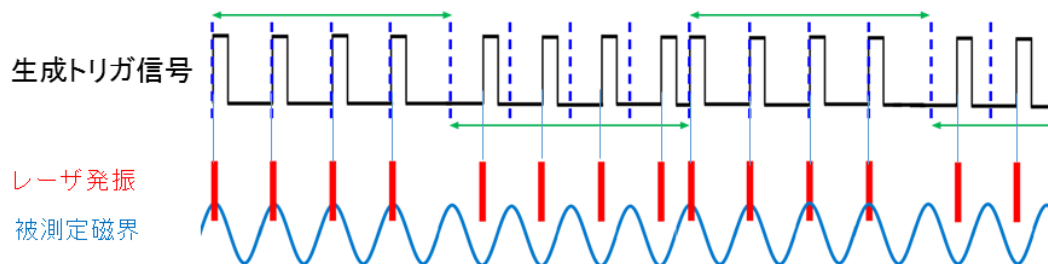
適切な変調方式の選定が必要

新しい変調方式の検討

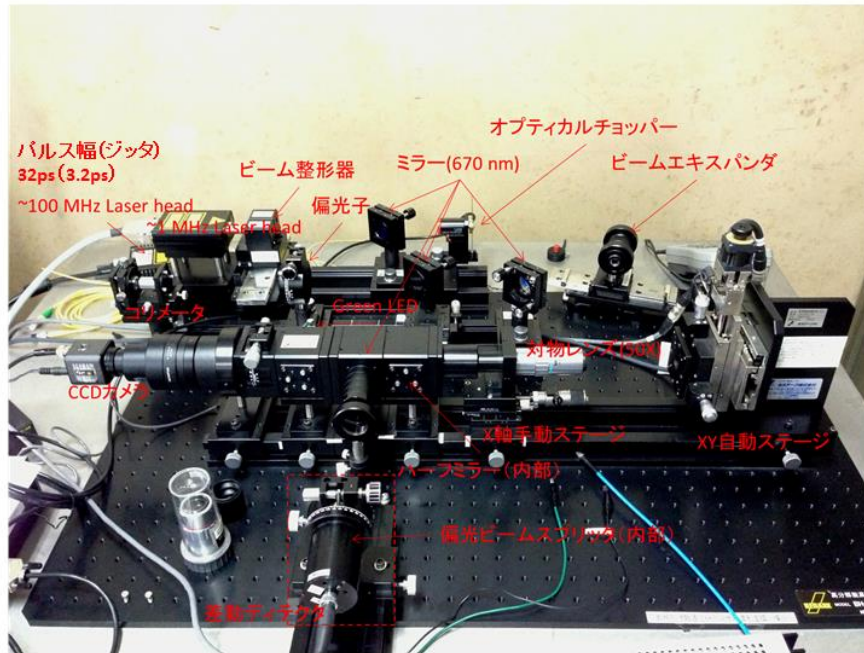
レーザ入力トリガ信号位相変調方式



相対的に位相関係がずれた2信号を半導体スイッチ (SPDT) で周期的に選択して通す

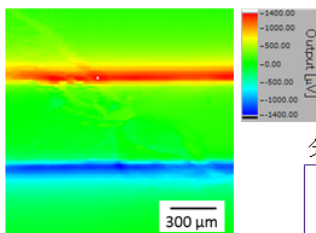
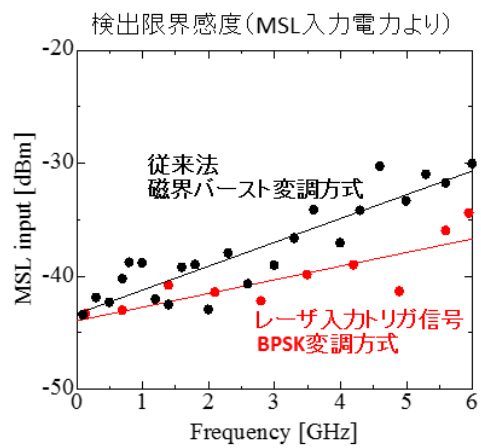
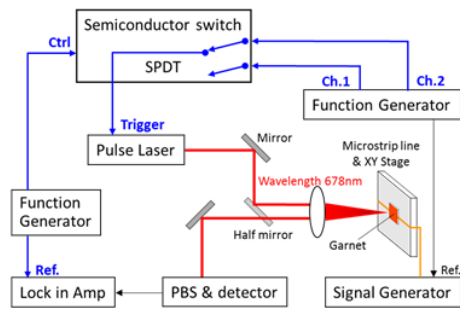


群単位で周期的に位相偏移させた信号をトリガ信号としてパルスレーザに入力し
ストロボ法の利点を残しつつ任意位相間のファラデー回転量の差だけを検出する



レーザ入力トリガ信号位相変調方式

システムの簡易模式図



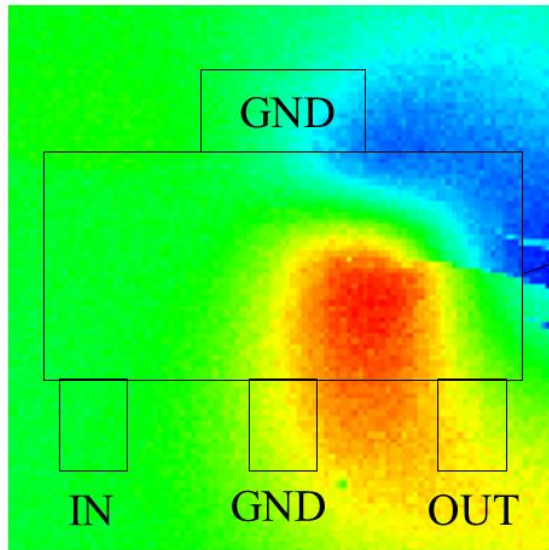
MSL磁界分布測定結果

分布測定条件

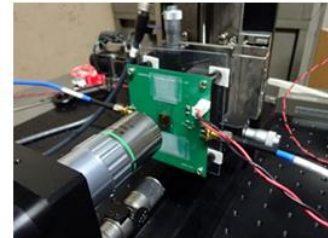
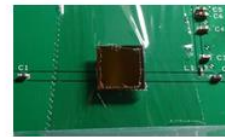
matesy製 Type B
 ガーネット膜厚 5000nm
 Switching Frequency 10kHz
 RF 1.0GHz ± 19dBm INPUT
 1500μm四方 100点×100点測定

懸念されていたスイッチングノイズは影響なく
 磁界バースト変調方式と同等の S/Nがある

パワーアンプからの漏洩磁界分布測定



パワーアンプ位置



1GHzの高周波磁界を測定

まとめ

被測定対象を変調させず、パルスレーザー側をバースト変調させて近傍磁界分布計測できることを示した。

- ・高周波回路素子の近傍磁界分布を計測できる。
- ・レーザー光の変調ジッタを減らすことで感度向上する。

謝辞

本研究の一部は総務省電波資源拡大のための研究開発「不要電波の広帯域化に対応した電波環境改善技術の研究開発」により行われた。

光応用電磁界計測（PEM）特別研究専門委員会について

電子情報通信学会 光応用電磁界計測（PEM）特別研究専門委員会は、平成 24 年 4 月に発足した新しい研究専門委員会です。

PEM 研は、急速に進化・変貌を遂げつつある電磁界環境を正確に評価・計測するために、電磁界と光・物質との多彩な応答を利用した、新しい電磁界計測技術を追究することを目標としています。アンテナや電磁両立性等の電磁界計測分野と光センサ・光デバイス等の応用光学分野の専門家がコアメンバーです。対象とする電磁界は、アンテナや高周波回路だけでなく、プラズマ電磁界、宇宙到来電磁波など、人工および自然発生電磁界全般を含みます。また、それらと関連性の深い各種の現象についても議論したいと考えています。光・電磁界・マイクロ波・アンテナ等の様々な最先端研究分野を有機的かつ横断的に結びつけた新しい研究領域を開拓して、その成果を社会へ還元することを目指しています。

<委員名簿>

| | | |
|-----------|-----------------|------------------------|
| 委員長 | 水野 麻弥 | 情報通信研究機構 |
| 副委員長 | 鈴木 敬久 | 首都大学東京 |
| 幹事（研究会運営） | 久武 信太郎 | 岐阜大学 |
| 幹事（財務） | 笹川 清隆 | 奈良先端科学技術大学院大学 |
| 幹事（総務） | 佐々木 愛一郎 | 近畿大学 |
| 幹事補佐 | チャカロタイ ジェドヴィスノブ | 情報通信研究機構 |
| 専門委員 | 石井 望 | 新潟大学 |
| | 石山 和志 | 東北大学 |
| | 市川 潤一郎 | 住友大阪セメント株式会社 |
| | 今莊 義弘 | スタック電子株式会社 |
| | 菅野 敦史 | 情報通信研究機構 |
| | 近藤 順悟 | 日本ガイシ株式会社 |
| | 齊藤 一幸 | 千葉大学 |
| | 佐藤 源之 | 東北大学 |
| | 余 元峰 | 産業技術総合研究所 |
| | セツト ジイヨン | 東京大学 |
| | 染野 薫 | バイテックグローバルエレクトロニクス株式会社 |
| | 田上 周路 | 高知工科大学 |
| | 田島 公博 | NTT アドバンステクノロジー株式会社 |
| | 土屋 明久 | 神奈川県立産業技術総合研究所 |
| | 鳥羽 良和 | 株式会社精工技研 |
| | 羽賀 望 | 群馬大学 |
| | 日景 隆 | 北海道大学 |
| | 平田 晃正 | 名古屋工業大学 |
| | 深沢 徹 | 三菱電機株式会社 |
| | 柳澤 幸樹 | 株式会社多摩川電子 |
| 顧問 | 大西 輝夫 | 株式会社 NTT ドコモ |
| | 黒川 悟 | 産業技術総合研究所 |
| | 村田 博司 | 三重大学 |
| | 陳 強 | 東北大学 |

PEM

☆ Facebook “Pem 研究会（光で電波を測る）”

Facebook に PEM 研究会のページを作りました。
PEM 研究会の活動紹介や光応用電磁界計測の情報
発信を進める予定です。
フォロー、「いいね！」をよろしくお願いします。



☆ PEM 研究会コミュニティサイト “PEM-com”

PEM 研究会のコミュニティサイト「PEM-com」を開設しました。
このサイトは、PEM 分野の技術交流活性化のための
様々な情報発信に活用する予定です。現在、チュート
リアル記事等を公開しています。

URL : <http://pem.main.jp/>

