

# ノイズ評価に適した光磁気計測に関する研究

木島 一広・清水 章良・河野 裕・堀 裕和\*1・鳥養 映子\*1

## Study on a Magnetic Field Measurement Using Magneto-Optical Devices Suitable for Electro-Magnetic Disturbance Evaluation

Kazuhiro KIJIMA, Akio SHIMIZU, Hiroshi KONO, Hirokazu HORI and Eiko TORIKAI

### 要 約

電子機器のノイズ対策を効率的に実施するために有用であると思われる、非侵襲性と高感度、高空間分解能を兼ね備えた磁気測定手法を確立するために、光学的な手法を用いた磁気計測に注目し研究を実施した。平成 24 年度は非線形光学結晶である電気光学結晶を用いた磁界センサを試作し、磁界の検出実験を行った結果、0.4A/m 程度の磁界まで検出できることが確認された。

### 1. 緒 言

電子機器設計で必須であるノイズ対策を短期間に効率的に行うためには、ノイズの種類と発生箇所を精度良く評価しノイズ放射源を特定することが非常に重要である。

現在、このようなノイズ評価には、ループコイルを用いた近傍磁界プローブが広く用いられている。これらを用いて正確にノイズ放射源を特定するためには、

- ・プローブが発生している磁界をかき乱さないこと (非侵襲性)
- ・プローブの空間分解能が高いこと

がプローブに望まれる条件となる。しかし、一般的なループコイルでは、同軸ケーブルによって測定器と接続されているため、発生している磁界をかき乱してしまう可能性が大きい。他方、ループコイルの空間分解能を向上させるには、一般的にループ径が小さくなる傾向があり、このことは測定感度の低下につながる。特に低周波領域では著しい。

これらの課題解決のため、磁気インピーダンス薄膜を利用したプローブ<sup>1)</sup>や光学的な手法を用いたプローブ<sup>2-5)</sup>などの新しいプローブが各機関で盛んに研究されている。この中で光学的な手法は、信号伝送に光を用いており、金属製の同軸ケーブルを用いる必要がないため、非侵襲性に優れており、さらに磁界をセンシングする機構として、非線形光学結晶や原子の光吸収などさまざまなものが選べる可能性があるため、感度向上の可能性も高いものと考えられる。

そこで本研究では、光学的な手法を用いた磁気計測に注目し、非侵襲性と高感度、高空間分解能を兼ね備えた磁気測定手法の確立を目指して、研究を実施した。平成 24 年度は、非線形光学結晶を用いた測定法について検討した。

### 2. 実験方法

#### 2-1 磁界センサの試作

非線形光学結晶を用いた磁界測定を検討するため、電気光学結晶を用いた磁界センサの試作を行った。電気光学結晶には、ニオブ酸リチウム (NEL クリスタル(株), Y カット 両面ミラー 厚さ: 0.5mm) を用いた。電気光学結晶は光学ガラス上に光学接着剤 (NOALAND 社, NOA63) を用いて貼付されており、その上から、ガラスフッ素樹脂基板 (松下電工(株), R-473 誘電体厚: 1.6mm 銅箔厚: 35  $\mu$ m) を用いて製作したコイル状エレメントを装荷し、センサを製作した。試作したセンサの写真を図 1 に示す。

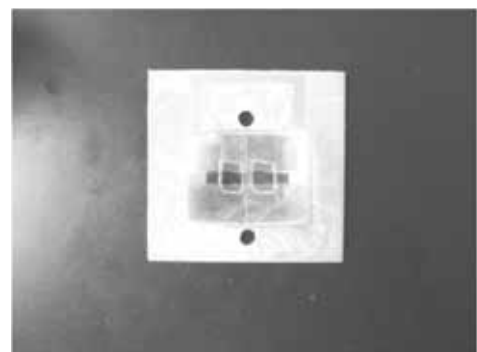


図 1 試作したセンサ

\*1 国立大学法人山梨大学

### 2-2 磁界の検出実験

製作したセンサを用いて磁界の検出実験を行った。ガラスフッ素樹脂基板で製作したマイクロストリップ線路を 50Ω 抵抗で終端したものに、信号発生器により給電し、その上に試作したセンサを接近させ磁界の検出を試みた。実験の概略図を図 2 に、用いた試験装置を表 1 に、マイクロストリップ線路の写真を図 3 に示す。

センサには、偏光保持ファイバを介して、直線偏光の半導体レーザー光を入射している。偏光面は波長板により調整できる様になっている。

半導体レーザーは波長 785nm のものを使用しており、波長安定化のため温度制御がかけられている。レーザー出力は、60mW のものを使用しているが、ファイバ結合時の損失のため、コリメーティングレンズから出射した際には 1mW 程度になっている。

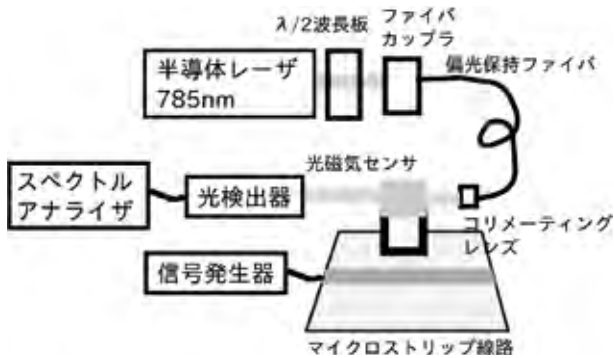


図 2 実験概略図

表 1 使用機器

信号発生器	アジレントテクノロジー E8257D
スペクトルアナライザ	アドバンテス R3261A
半導体レーザー	THORLABS LTC100
光検出器	浜松ホトニクス C5658



図 3 マイクロストリップ線路

### 3. 実験結果および考察

磁界の検出実験で観測されたスペクトルの一例を図 4 及び図 5 に示す。スペクトル取得時はセンサのエレメントはマイクロストリップ線路の中央に線路と平行して置かれており、エレメントと線路との間隔は 0mm であった。

今回の測定においては、スペクトルアナライザの分解能帯域幅は 3kHz 設定されている状態で、信号発生器出力が 0dBm 時の入力まで磁界の検出が確認された。検出可能な磁界強度を推定するために有限差分時間領域 (FDTD) 法を用いて、マイクロストリップ線路に 0dBm 給電した際の電磁界計算を行った結果を図 6 に示す。

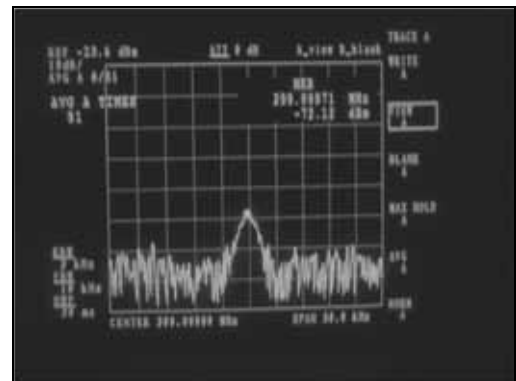


図 4 観測されたスペクトル (300MHz 信号発生器出力 16dBm)

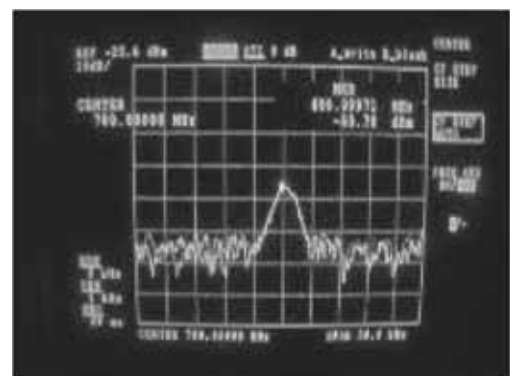


図 5 観測されたスペクトル (700MHz 信号発生器出力 16dBm)

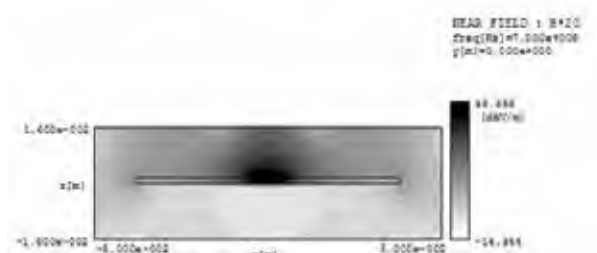


図 6 FDTD 計算結果

FDTD 計算結果において、基板表面ではおおよそ  $0.4\text{A/m}$  ( $112\text{dB}\mu\text{A/m}$ ) の磁界が発生しているものと推測された。これは基板上に  $4.4\text{mA}$  程度の電流が流れた際に発生する電流値に相当する。

実際のノイズ対策では、状況により  $10\mu\text{A}$  を下回る電流でも放射妨害波の国際規格許容値を超えるノイズを出しうる<sup>6)</sup>ことから、さらなる感度の向上が必要である。

感度の向上を図るために、スペクトルアナライザの分解能帯域幅をより狭くすることで対応が可能であるが、長い掃引時間が必要となるため実用に供することが難しい。そのため、センサ自体の改良によって、さらなる感度の向上が必要になるものと思われる。

現在、感度が不足している原因としては、

- ・アンテナエレメント間に発生する電界が不十分
- ・使用レーザの強度不足

等があげられる。これらのうち、アンテナエレメント間に発生する電界については、センサの工作精度を上げ、形状の最適化を行うことによって、改善されるものと思われる。

#### 4. 結 言

光学的な手法を用いた磁気計測に注目し、非侵襲性と高感度、高空間分解能を兼ね備えた磁気測定手法の確立を目指して、研究を実施した。平成 24 年度は、非線形光学結晶として電気光学結晶を用いた光磁気センサの試作を行い、作製したセンサを用いてマイクロストリップ線路を形成した基板上に流れる電流により発生する磁界の測定を実施したところ、 $0.4\text{A/m}$  程度の磁界の検出が確認された。

平成 25 年度は、電気光学結晶を用いた光磁気センサについて、さらに感度の向上を図っていく。また、並行してアルカリ金属の光吸収を用いた光磁気センサの検討を行っていく予定である。

#### 参考文献

- 1) 萱野 良樹, 佐々木雄紀, 丹 健二, 駒木根隆士 : 信学技報, EMCJ2006-54, p. 19-24 (2006)
- 2) 鈴木 英治, 宮川 俊哉, 太田 博康, 荒井 賢一 : 信学技報, EMCJ2002-19, p. 19-24 (2002)
- 3) 宮川 俊哉, 西川 憲次, 西田 克彦 : 信学論 (C), J87-C, No.8, p. 601-608 (2004)
- 4) 大場 裕行, 太田 博康, 荒井 賢一 : 信学技報, EMCJ-120, p. 19-23 (2008)
- 5) 岩波 瑞樹, 星野 茂樹, 増田 則夫, 岸 真人, 土屋 昌弘 : 信学技報, CPM2005-88, p. 19-24 (2005)

- 6) C.R.Paul : EMC 概論, ミマツデータシステム (1996)
- 7) 西原 浩, 春名 正光, 栖原 敏明 : 光集積回路, オーム社 (1993)