

ノイズ評価に適した光磁気計測に関する研究 (第2報)

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 (2nd Report)

Kazuhiro KIJIMA, Akio SHIMIZU, Hiroshi KONO, Hirokazu HORI^{*1} and Eiko TORIKAI^{*1}

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 25 年度は、前年度試作した電気光学結晶を用いた磁界センサについて改良をおこない、磁界の検出実験を行った結果、 $40 \mu \text{ A/m}$ 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が望ましい。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と思われる。

また、高精度に位置を特定するためにはループコイルの空間分解能が高い必要があるが、これを向上させるにつれ、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¹⁾や光学的な手法を用いたプローブ²⁾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 25 年度は、昨年度試作した非線形光学結晶を用いた測定法について改良を施し検討を行った。

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 クリスタル製 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 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 R-4737 誘電体厚 1.6mm 銅箔厚 $35 \mu \text{ m}$) 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。昨年度と比較して光学結晶とエレメント部の接合方法を変更した。試作したセンサの写真を図 1 に示す。

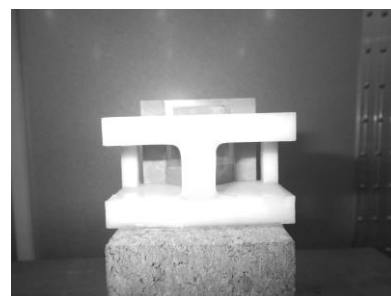


図 1 試作したセンサ

*1 国立大学法人山梨大学

2-2 磁界の検出実験

試作したセンサを用いて磁界の検出実験を行った。ガラスエポキシ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。実験概略図を図 2 に、用いた試験装置を表 1 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光を入射している。偏光面は 1/2 波長板により調整できる様になっている。

半導体レーザは波長 785nm のものを使用しており、波長安定化のため温度を制御している。レーザ出力は、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の出射時は 1mW 程度になっている。

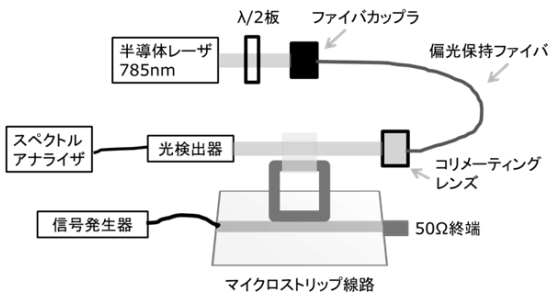


図 2 実験概略図

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	アドバンテスト R3261A
半導体レーザ	THORLABS LTC100
光検出器	浜松ホトニクス C5658

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 3 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。

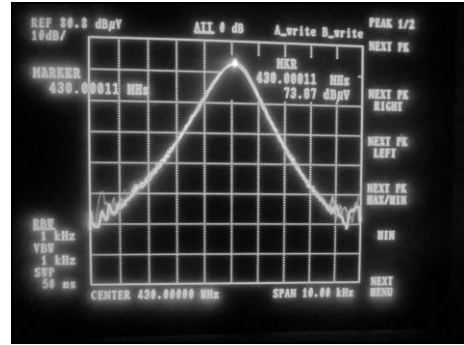


図 3 観測されたスペクトル例
(430MHz 信号発生器出力 16dBm)

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 1kHz 設定されている状態で、信号発生器出力は 16dBm に設定して実験を行った。最大感度周波数において、受信信号とノイズレベルの差から求めた感度は 48dB 程度であった。

検出可能な磁界強度を推定するために、既存の磁界プローブ (CP-2S 日本電気硝子製) を用いて、マイクロストリップ線路に 16dBm の電力を給電した際の、基板表面の磁界測定を行い、その値を元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周辺の磁界分布および線路上の電流分布を計算した。磁界分布計算結果を図 4 に、その際マイクロストリップ線路に流れる電流値分布計算結果を図 5 に示す。

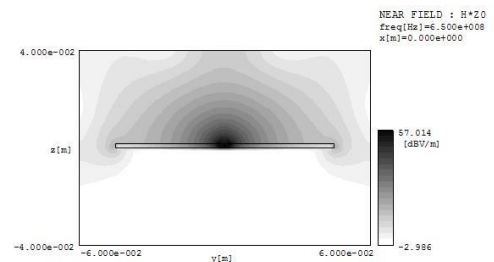


図 4 磁界分布計算結果

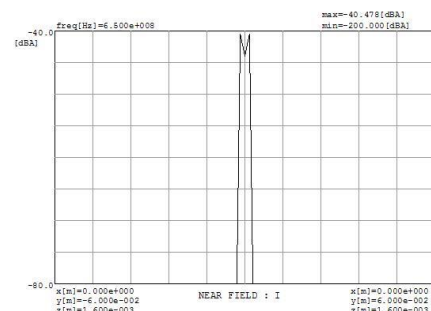


図 5 電流値分布計算結果

磁界プローブの測定では、基板上では $125\text{dB } \mu\text{A/m}$ の磁界が発生していた。それを元にした FDTD 計算結果には、 16dBm 給電時には、およそ -40dB A (10mA) の電流が発生しているものと推定された。

電流推定値と測定された感度から、最高感度周波数では最大感度周波数で $40\text{ } \mu\text{A}$ 程度の電流が発生する磁界まで測定可能であると考えられる。

実際のノイズ対策では、状況により $10\text{ } \mu\text{A}$ 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が発生する⁶⁾。今回の試作品の感度は実際のノイズ測定でも使用できる見込みが出てきたものと考えられる。

今回はスペクトラムアナライザの分解能帯域幅を 1kHz に設定し実験を行ったが、スペクトルアナライザの分解能帯域幅をより狭く設定することでさらなる感度の向上は可能である。

現在は、高感度となる周波数帯域が狭いことが課題であり、実際の測定に供するためにはさらなる広帯域化が必要であると思われる。

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 25 年度は、前年度試作した電気光学結晶を用いた磁界センサについて改良おこない、磁界の検出実験を行った結果、 $40\text{ } \mu\text{A/m}$ 程度の磁界まで検出できることが確認された。

本研究で検討した技術は、効率的なノイズ対策のためのノイズ測定に応用することが可能であると考えられる。

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**, P19-24. (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**, P19-24. (2005)
- 6) C.R.Paul: EMC 概論, ミマツデータシステム (1996)