

# 微弱電界強度の測定法に関する研究 (第2報)

木島 一広・河野 裕・阿部 治・鳥養 映子\*<sup>1</sup>・堀 裕和\*<sup>1</sup>

## Study on the Measuring Method for Weak Electric Field Strength (2nd Report)

Kazuhiro KIJIMA, Hiroshi KONO, Osamu ABE, Eiko TORIKAI\*<sup>1</sup> and Hirokazu HORI\*<sup>1</sup>

### 要 約

不要輻射測定の測定精度の向上を目指して、光電界センサを活用し広帯域にわたり高い感度を持つ電界計測システムに関する研究を行った。平成20年度は、電界センサの改良と電界計測システムの構築を行った。その結果、市販品と比較して光学結晶への導波路形成等のプロセスが不要で、アンテナエレメント交換が可能な電界センサを作成し、エレメント形状による周波数特性の差異に関する知見を得るとともに300MHz～1GHzの範囲においてより広帯域に受信感度を持つエレメントを見出した。また、全体で約15dBの感度向上を図った。

### 1. 緒 言

電子機器を設計・製造する上で重要な放射妨害波測定において、その測定周波数は、情報機器の高速・高周波化に伴って広帯域化が進んでいる。

現在、放射妨害波測定に広く使用されている広帯域アンテナでは、信号伝送に金属製の同軸ケーブルが用いられているが、このような伝送方式では、伝送周波数が高周波化した際に引き起こされる同軸ケーブルによる信号損失の増大や、あるいは引き回されているケーブルでの電磁波の反射による電磁界の擾乱等が問題となっている。

これらの問題を克服する方法として、様々な方面で光電界センサの開発が行われている。光電界センサは、受信信号により位相、振幅変調させた光により、測定器との接続を行う為、従来の同軸線伝送と比較し、同軸線での電磁波反射、信号減衰など測定値に変動を与える要因が少なく、高精度な電界測定が期待できる。しかし現状では、感度の面で課題があり、通常のアンテナのように電子機器の放射妨害波測定に供するには、より改良を加えなければならないのが現状である。

そこで、本研究では、光電界センサを活用した放射妨害波測定を可能とするような、広帯域にわたり高感度を持つ電界計測システムを開発することを目的として研究を行った。

平成19年度は、電界計測システムの基礎として、電界センサ部分の検討を重点的に行った。

平成20年度はその結果をふまえてセンサ感度向上のための改良と計測システムの構築を行ったので報告する。

### 2. 実験方法

#### 2-1 センサの改良

昨年度試作した電界センサを改良し、感度の向上を図った。昨年度までの電界センサでは、電気光学結晶であるニオブ酸リチウム(NELクリスタル製 Yカット 両面ミラー 厚さ0.5mm)に、真空蒸着器(日本電子製)により金蒸着を行い、電極を形成していた。今年度は、金蒸着工程を排除し、アンテナエレメントを装荷する構造とした。このことにより、アンテナエレメントが交換可能となったため、エレメント部を交換することによって、受信特性を変化させることが可能となっている。これらの電界センサを用いて、受信特性の測定を行った。実験に使用した機材を表1、昨年度の電界センサの写真を図1、今年度改良した電界センサの写真を図2に示す。今回の実験では、既存の電界センサにより、電界センサ設置位置において、1V/mの電界が発生するように送信電力の調整を行い、その後、試作した電界センサと置換することで、受信特性の測定を行った。

表1 使用機材

半導体レーザ	B&W Inc. BNW-780-5E/5642 780nm 5.5mW
EMIレシーバ	ローデ・シュワルツ ES1B26
プリアンプ	ミリコム MA-0106A
信号発生器	WAYNE KERR PSG-1000B
パワーアンプ	Amplifier Research Model100W1000M3
電界センサ(参照用)	Amplifier Research FP2000
電界モニタ(参照用)	Amplifier Research FM2000
送信アンテナ	シュワルツベック UHALP9107

\*1 山梨大学

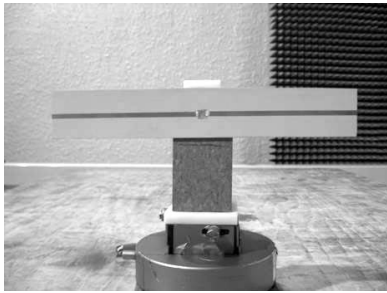


図1 昨年度の電界センサ

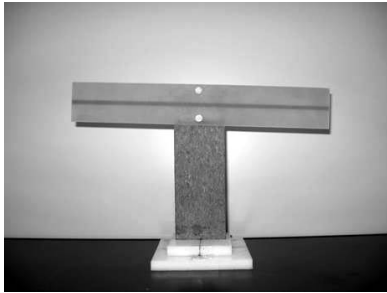


図2 改良した電界センサ

### 2-2 計測システムの構築

光源として用いるレーザ光源、及び受光素子の検討を行い、計測システムの構築を行った。システムの評価実験に用いた機材を表2、評価実験風景を図3、実験配置の概略図を図4に示す。システムの評価実験においても、センサの受信特性測定と同様に、既存の電界センサにより、電界センサ設置位置において、1V/mの電界が発生するように送信電力を調整し、その後、試作した電界センサと置換することで、システムの評価実験を行った。

表2 使用機材

半導体レーザ	THORLABS LTC100
EMIレシーバ	ローデ・シュワルツ ESIB26
信号発生器	WAYNE KERR PSG-1000B
パワーアンプ	Amplifier Research Model100W1000M3
電界センサ(参照用)	Amplifier Research FP2000
電界モニタ(参照用)	Amplifier Research FM2000
送信アンテナ	シュワルツベック UHALP9107



図3 実験風景

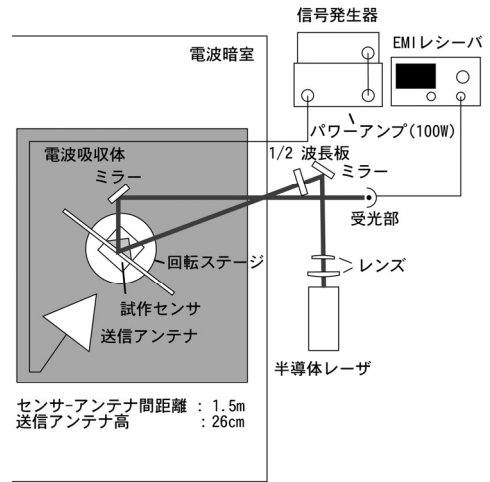


図4 実験配置の概略図

## 3. 実験結果および考察

### 3-1 変調の実験

センサ特性測定における試作センサからの出射光のプロファイルを図5に、また、アンテナエレメントを狭帯域用のものと広帯域用のもので変化させたときの受信信号スペクトルの例を図6および図7に示す。この際、入射光はTM偏光となっている。

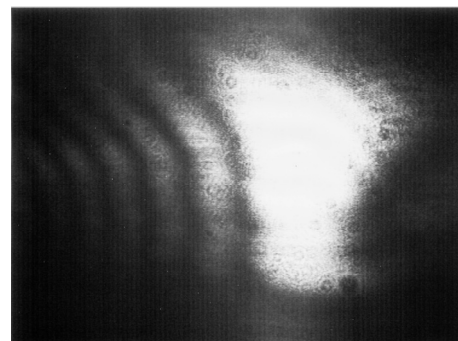


図5 出射光プロファイル

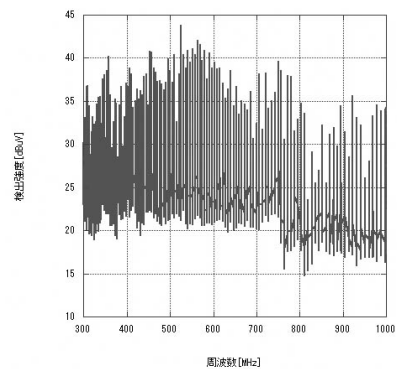


図6 検出信号のスペクトラム(狭帯域エレメント使用時)

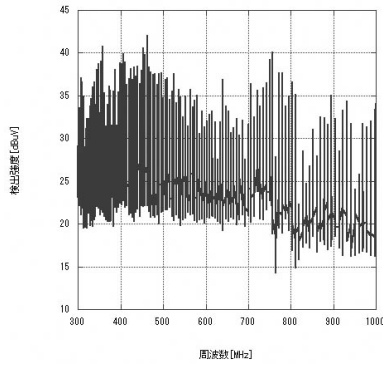


図7 検出信号のスペクトラム (広帯域エレメント使用時)

試作した電界センサでは、干渉光学系および偏光板などの検光子を用いずに、直接強度変調した信号が得られた。狭帯域用エレメントと広帯域用エレメントの測定結果を比較すると、受信特性が変化していることが確認できている。また、広帯域エレメントにおいては、より低周波側での感度が向上していることが確認できた。

### 3-2 計測システムの検討および構築

光源となる半導体レーザの出力および波長を変化させてシステムの評価を行った実験結果を図8および図9に示す。測定結果は、使用する半導体レーザの雑音レベルを差し引いたものとなっている。光検出器にはアバランシェフォトダイオードモジュールを用いた。

レーザ出力依存については、波長を785nmに固定し、5mWおよび20mWのレーザ出力時の受信強度で比較した。受信感度としてはおおよそ10dBの感度向上が見られている。

波長依存は785nmと850nmの半導体レーザを用いて、出力を20mWに設定して測定を行った。850nmの半導体レーザ使用時の受信強度が低くなっている原因としては、用いた半導体レーザの雑音レベルが、785nmのものでは15dB程度であったのに対して、850nmのものでは25dB程度の雑音レベルを有していたことに起因している。

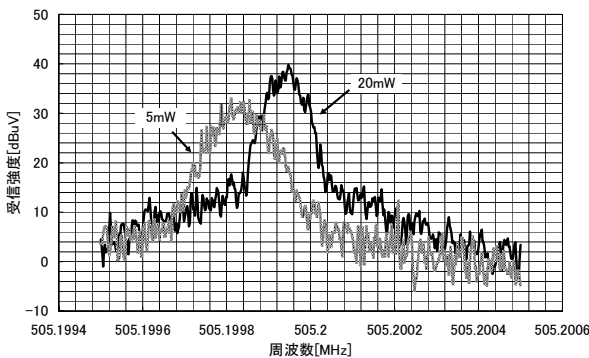


図8 受信強度の半導体レーザ出力による変化 (使用波長785nm)

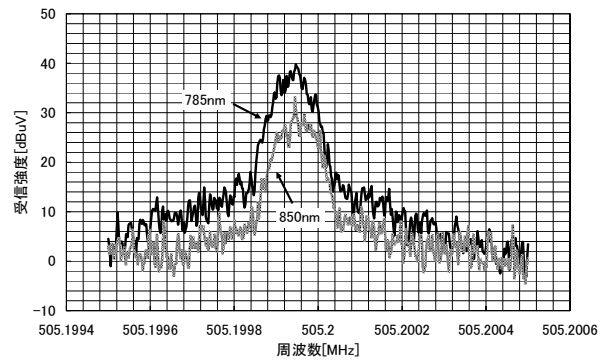


図9 受信強度の半導体レーザ波長による変化 (半導体レーザ出力 20mW)

これらの検討に基づいてシステムの構築を行った結果、昨年度の感度と比較して、最終的に約15dBの感度向上を図った。

## 4. 結 言

不要輻射測定の測定精度の向上を目指して、光電界センサを活用し、広帯域にわたり高い感度を持つ電界計測システムに関する研究を行った。今年度は、

- 電界センサの形状検討および改良を行った結果、市販されるものと比較して、光学結晶への導波路形成等のプロセスが不必要なセンサを試作した。
- アンテナエレメント交換が可能な電界センサを試作し、アンテナエレメントの形状を検討し受信特性の比較を行った。その結果受信周波数帯域の広帯域化が図られた。
- レーザ素子及び受光素子について検討を行い、電界計測システムの構築を行った。このことにより、全体で約15dBの感度向上を図った。

現状のシステムでは、数mV/m程度までの電界強度が受信出来る感度となっている。引き続き検討を行い、感度の向上を図ってゆく。また、平成21年度以降の研究「光電界強度測定の活用に関する研究」で応用に関する検討を行ってゆく。

## 参考文献

- 1) 西原浩, 春名正光, 栖原敏明: 光集積回路, オーム社 (1993)