

微弱電界強度の測定法に関する研究

木島 一広・萩原 茂・阿部 治・鳥養 映子*1・堀 裕和*1

Study of the Method for Measuring Weak Electric Field Strength

Kazuhiro KIJIMA, Shigeru HAGIHARA, Osamu ABE, Eiko TORIKAI*1 and Hirokazu HORI*1

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。今年度は、ニオブ酸リチウムの表面に、金蒸着によって電極を形成したサンプルを製作して実験を行い、光入射方法を変化させた場合の高周波変調特性を調べた。また、それらの結果を基に電界センサを試作し、電波受信によって光が変調されることを確認した。

Abstract

Aiming at improvement in the measurement accuracy of radiated disturbances, we research on the electric-field measurement system which utilizes an optical electric-field sensor and has high sensitivity over a broadband. In this period, we investigated the optical modulation using the samples which formed the Au electrode on the surface of lithium niobate. And we manufactured the optical electric-field sensors based on the result of the optical modulation experiment. As a result of the experiment of radio wave detection using those sensors, we confirmed that the sensors were enabled to sense an electric-field.

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、一般的に放射妨害波測定に使用されている広帯域アンテナでは、信号伝送に同軸ケーブルが用いられているが、この方式では、伝送周波数が高くなるにつれて引き起こされる同軸ケーブルによる信号損失の増大、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が、感度の面で課題を抱えており、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ている。今年度は、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ので報告する。

2. 実験方法

2-1 変調の実験

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）上に、真空蒸着器（日本電子製）により金蒸着を行い、電極を形成したサンプルを作成した。それを用いてサンプルへ

表1 使用機材

| | |
|----------------|--|
| 半導体レーザ | B&W TEK Inc. BWN-780-5E/5642 785nm 5.5mW |
| スペクトラムアナライザ | アドバンテスト R3361A |
| プリセレクト | アドバンテスト R3551 |
| 信号発生器 | アンリツ MG3632A |
| λ/2波長板(フレネルロム) | シグマ光機 FRH-102 |

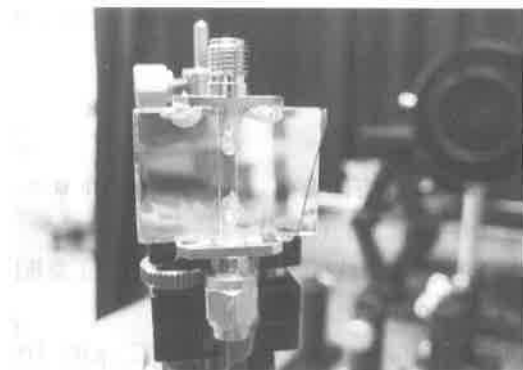


図1 サンプル写真

*1 山梨大学

の光入射方法を変化させた場合の高周波変調特性を調べた。使用機器を表1、試作したサンプルの写真を図1、実験配置を図2に示す。

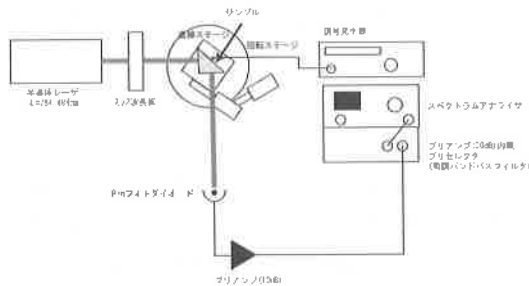


図2 実験配置

2-2 電界センサの試作

変調実験で用いたニオブ酸リチウムの変調サンプルを用いて電界センサを試作し、電波暗室内での電波受信実験を行った。用いた機材を表2、試作した電界センサの一例を図3、実験配置を図4に示す。

表2 使用機材

| | |
|---------|--|
| 半導体レーザー | B&W TRK Inc. BWN-780-5E/5642 785nm 5.5mW |
| EMIシールド | ローデ・シュワルツ ES1B 26 |
| パワーアンプ | Amplifire Reserch Model 100W1000M3 |
| 送信アンテナ | Schwarzbeck UHA1.P9107 |

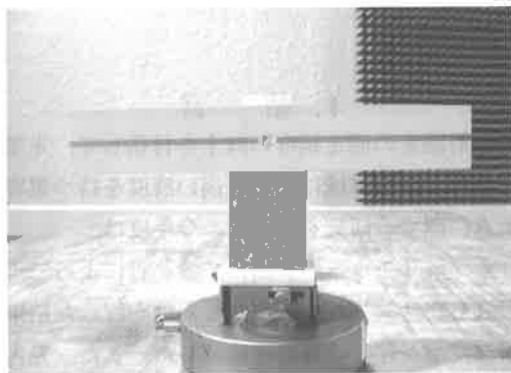


図3 試作した電界センサの一例

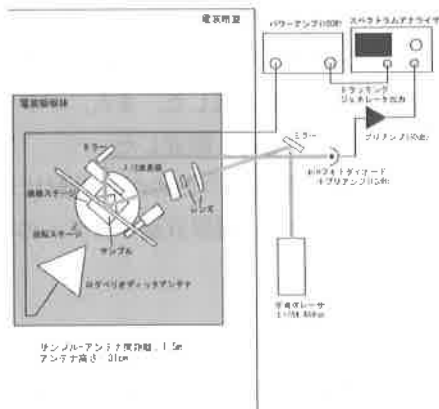


図4 実験配置

3. 実験結果および考察

3-1 変調の実験

変調実験におけるサンプルからの出射光のプロファイルを図5に、変調実験で得られたスペクトルの例を図6および図7に示す。また、受信光強度と検出電圧の関係を図8に示す。

作成したサンプルにおいては、直接強度変調した信号が得られた。

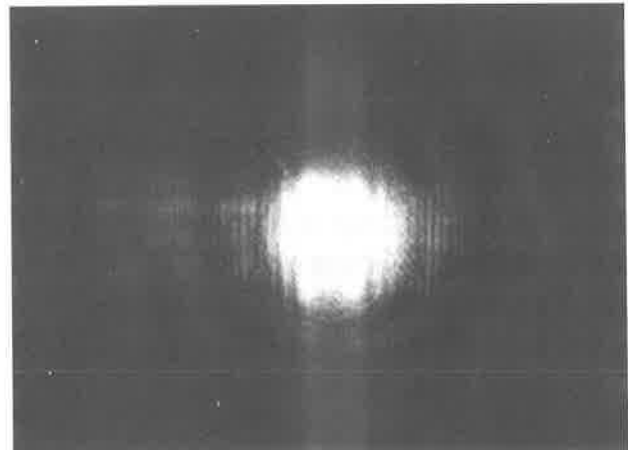


図5 出射光プロファイル

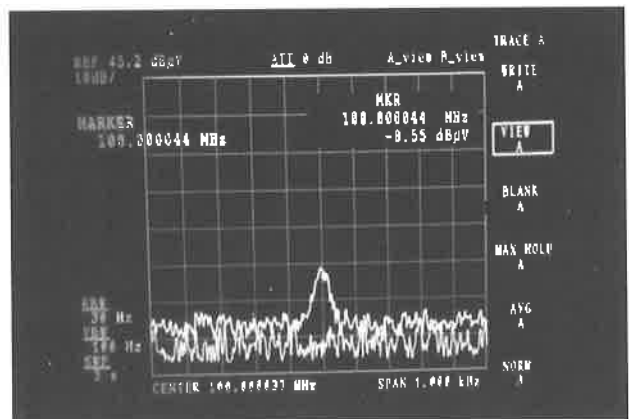


図7 検出信号のスペクトラム
(100MHz 信号発生器出力10mV)

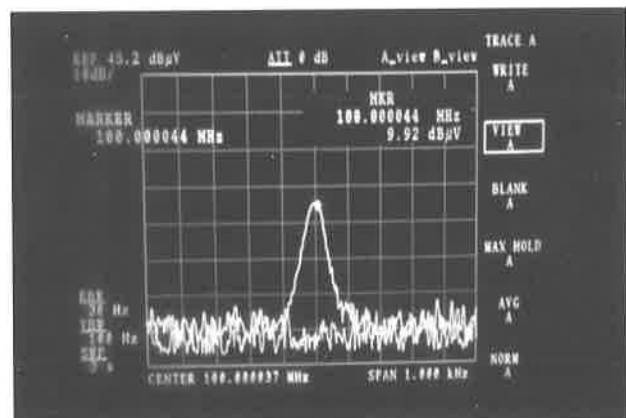


図6 検出信号のスペクトラム
(100MHz 信号発生器出力100mV)

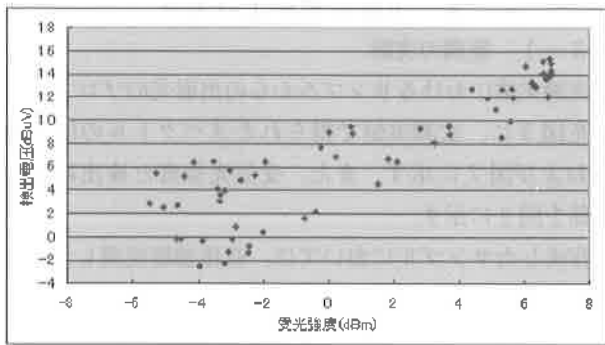


図8 受光強度と検出電圧の関係

特性としては、

- ・光の入射面に対して平行に偏った光を入射したときにより感度が得られる
- ・入射角45deg付近において最高の感度が向上する
- ・光照射位置によって感度変動が現れる
- ・受光強度と検出電圧の間に一定の相関をもつ

を見出すことができた。これらを基に引き続き検討を行っていく予定である。

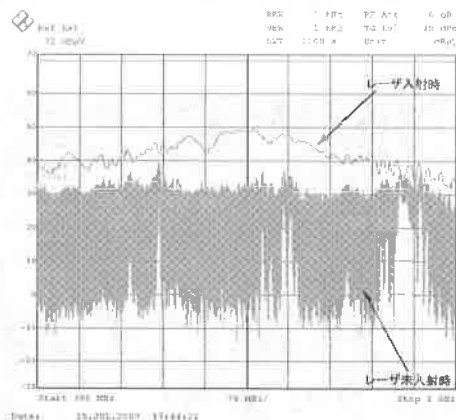


図9 センサによる検出信号スペクトラム (エレメント長 142mm)

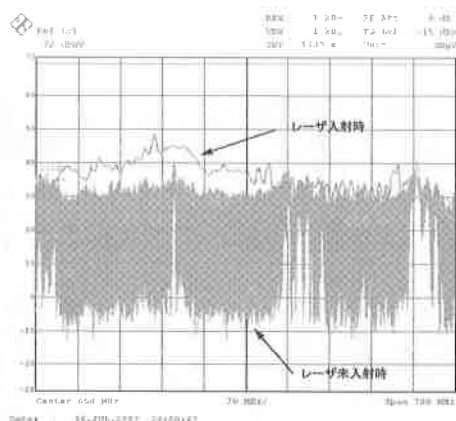


図10 センサによる検出信号スペクトラム (エレメント長 254mm)

3-2 電界センサの試作

試作した電界センサを用いた実験結果を図9および図10に示す。この際トラッキングジェネレータ出力は、-15dBmであった。高周波出力はパワーアンプで増幅され、アンテナには5W前後の出力が給電されていた。そのため、使用したアンテナの特性から、1.5mの距離では5V/mから7V/mの電界強度が発生していたものと思われる。

エレメント長を変化させた時に受信スペクトラムのピーク周波数が移動していることから、アンテナ受信電界によりレーザー光が変調され、電磁波の検出が行われていることが確認された。

現在の状況では感度が不十分である。その原因として、

- ・アンテナエレメント間に発生する電界が不十分
- ・受光デバイスの感度不足
- ・使用レーザーの相対雑音強度が大きい

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強度は、アンテナエレメントおよび電極形状の最適化により、改善することができるものと思われる。また、受光素子の感度不足に関しては、現在、シリコンPiNフォトダイオードを使用しているが、よりS/N比の高いアバランシェフォトダイオードに変更することによって感度の向上が図られるものと考えられる。

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、

- ・ニオブ酸リチウムの表面に、金蒸着によって電極を形成したサンプルを製作して実験を行った結果、高周波変調が起こることを確認した。また、光入射方法を変化させた場合の高周波変調特性を調べ、サンプル形状、光入射方向、光照射位置および偏光による受信電圧の変化を調べた。
- ・電界センサを試作し、アンテナ受信電圧によって光が変調されることを確認した。また、アンテナ形状による受信電圧の変化を調査した。

平成20年度は、感度向上のための素子形状および光入射方法の最適化、および電界計測システムの構築を行う予定である。

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)