

LPDA 型光電界センサの感度と入力光の偏光状態の関係

電子技術部	電子システムチーム	土屋明久
電子技術部		日高直美
電子技術部	電子システムチーム	菅間秀晃
		臼井亮
電子技術部		小林賢修
青山学院大学	理工学部	橋本

我々はマイクロ波帯域において、従来の光電界センサに比べ高感度、広帯域の特性を示す LPDA 型光電界センサの開発を行っている。今回、LPDA 型光電界センサの感度と入力光の偏光状態の関係について明らかにするため、入力光の偏光状態をかえて感度特性の測定を行った。その結果、LPDA 型光電界センサの感度は、入力角度 $\varphi=45^\circ$ 、出力側偏光子の角度 $\theta=0^\circ$ で最大になることがわかった。また円偏光と直線偏光の比較より、両者に明確な違いは見られなかった。この結果より、入力側の 1/4 波長板をはずしても、従来と同じ感度を示すことができる。

キーワード：LPDA, 光電界センサ, マイクロ波, 高感度, 広帯域

1 はじめに

近年、電波法の改正に伴い、携帯電話、無線 LAN 等のマイクロ波を利用した無線通信システムが飛躍的に普及し始めている。しかし、マイクロ波の利用が増加するに従い、通信障害などの問題も増加する傾向にある。マイクロ波は、低周波領域での電磁波の振る舞いと異なり、金属等の障害物による影響を受けやすい。このため従来の金属製アンテナを用いた電磁波計測では、アンテナの周りに同軸ケーブルなどの金属部分が多く、正確な測定を困難にしている。

このような現状を踏まえ、神奈川県産業技術センターでは現在 LPDA (Log-Periodic Dipole Antenna Array) 型光電界センサを (株)ノイズ研究所、青山学院大学と共同開発している。

LPDA 型光電界センサはマイクロ波帯域での電磁界測定に対する有効性が期待されている。LPDA 型光電界センサは従来のアンテナに比べ以下の特徴を持つ；アンテナ以外の部分はすべて非金属であるため金属製アンテナに比べ周囲電界を乱しにくい¹⁾、1 GHz から 12 GHz の広帯域で高い感度を持つ¹⁾、同様の周波数帯で使用するアンテナに比べ小型であるため空間分解能が高い。

前回までに作成した LPDA 型光電界センサは、バルク型光変調器の理論を基に、入力光の偏光状態を円偏光としていた。LPDA 型光電界センサの場合において入力光の偏光状態と感度の関係は明らかになっていない。今回我々はこの関係を明らかにするため、LPDA 型光電界センサの入力光の偏光状態を直線偏光とし、偏波面の角度を変えて周波数特性を測定し、円偏光を入力した場合との比較を行った。

2 測定条件

LPDA 型光電界センサの概略図を図 1 に示す。光源から出力された光はパンダファイバ（偏波面保持ファイバ）を伝播し、ニオブ酸リチウム結晶に形成された光導波路に入力される。光導波路は y カット z 伝播とした。光導波路を中心に金薄膜で形成されたダイポールアンテナアレイが対数周期的に配置されている¹⁾。前回までに作成した LPDA 型光電界センサは、入力光を円偏光にするため、パンダファイバとニオブ酸リチウム結晶の間に 1/4 波長板を装着していた²⁾。今回作成した LPDA 型光電界センサは 1/4 波長板をはずし、直線偏光を光導波路に入力した。ニオブ酸リチウム結晶の基板形状は、文献 1 と異なり、各アンテナエレメントの先端部分に合わせてカットされている。

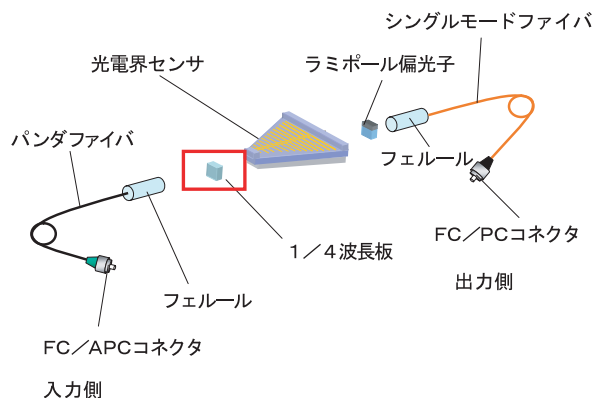


図1 LPDA 型光電界センサ

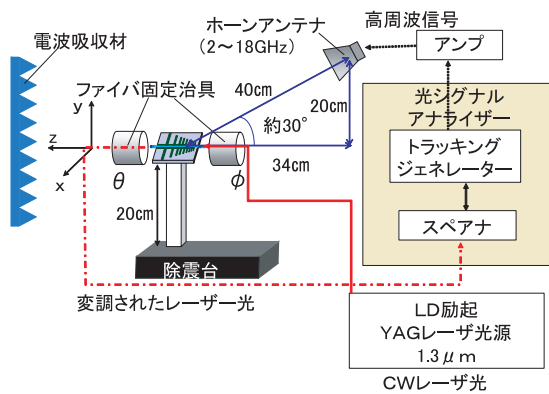


図2 測定系

測定系の概略図を図2に示す。マイクロ波はLPDA型光電界センサの入力側からホーンアンテナを用いて水平偏波で照射されている。トラッキングジェネレーター出力は -10 dBm, アンブ利得は 30 dBである。スペクトラムアナライザーに入力する光の強度を 2 dBmとした。光の波長は $1.31 \mu\text{m}$ を用いている。入力した直線偏光の偏波面の角度 ϕ を 0° から 90° まで変化させて測定を行った($\phi=0^\circ$ の時 入力光はTEモード)。出力側の偏光子の角度 θ は入出力のファイバを向かい合わせた時, $\phi=0^\circ$ の直線偏光を透過する角度を $\theta=0^\circ$ とした。

円偏光と直線偏光の比較を行った周波数特性は, より詳細な振る舞いを見るために, 両者とも 3 mの電波暗室で測定を行った。測定系は, 文献1の図6に示したのと同じである¹⁾。

3 測定結果

出力側の偏光子の角度は, $\theta=0^\circ$ とした場合の各入力角度における周波数特性を図3に示す。複数の降伏点が見られているが, これは主にファイバ固定治具等の回りからのマイクロ波の反射による影響である。測定の結果より, 感度が最も大きくなる入力角度は $\phi=45^\circ$ であった。

円偏光と直線偏光の周波数特性を図4に示す。直線偏光を入力するLPDA型光電界センサのファイバは, 最大の感度を示す入力角度 $\phi=45^\circ$, 出力角度 $\theta=0^\circ$ に紫外線硬化樹脂を用いて接着固定をした。直線偏光を入力した場合の周波数特性は, 円偏光を入力した場合と同じような振る舞いを示した。また感度の値にも大きな違いは見られなかった。

4 考察

LPDA型光電界センサにおいて, 円偏光と直線偏光に大きな違いは見られなかった。このことから, 偏光状態の違いが感度に与える影響に比べ, アンテナ電極からの電界強度と位相による影響が支配的である事を示唆している。

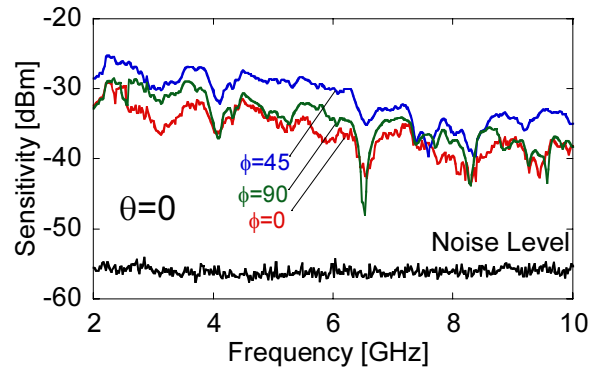


図3 入力光角度別の周波数特性

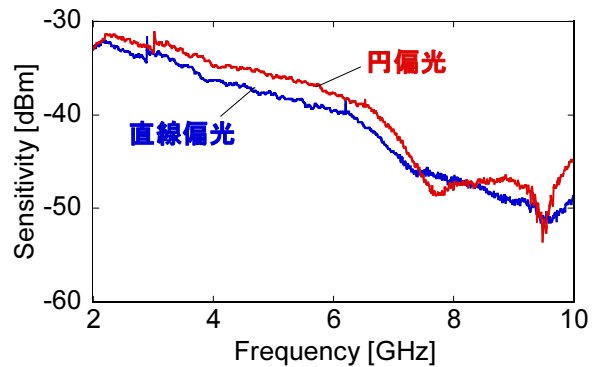


図4 円偏光と直線偏光の周波数特性

5 まとめ

直線偏光を入力した時の周波数特性の測定を行った結果, 入力角度 $\phi=45^\circ$ 出力側の偏光子の角度 $\theta=0^\circ$ で感度が最大になることがわかった。また直線偏光と円偏光の入力した場合の感度特性を比較した結果, 同程度の感度を示し, 同じような周波数特性を示す事がわかった。この結果より, LPDA光電界センサは, $1/4$ 波長板をはずした場合においても高い感度を示すことができる。今後この結果を基に, シミュレーションとの比較を行っていく予定である。

文献

- 1) Naomi Hidaka et.al ; *IEICE Trans. Electron.*, **E88-C**(1), 98-104 (2005).
- 2) 田邊義博, 日高直美, 小林賢, 菅間秀晃, 白井亮, 橋本修 ; “カットZ伝搬 LiNbO_3 を用いたLPDA型光電界センサ”, 2004年電子情報通信学会ソサエティ大会概要(2004).