

平成 28 年 6 月 3 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25420377

研究課題名(和文) 反射板付き小型スロットアンテナの開発

研究課題名(英文) Development of compact slot antenna with a floating metal reflector

研究代表者

吉富 邦明 (Yoshitomi, Kuniaki)

九州大学・日本エジプト科学技術連携センター・教授

研究者番号：30150501

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：コプレーナガイドで給電する反射板付き小型スロットアンテナの開発した。このスロットアンテナの動作周波数はスロットの長さだけではなくスロット金属板と反射金属板の間の共振モードにも強く依存している。スロットを含むアンテナ表面の一部に長方形パッチ周期構造の人工磁気導体とすることでUWB帯の高域(7.2 GHz～9.8GHz)において約6dBiのほぼ平坦な利得を有する小型(サイズ29mm×16mm×1.6mm)の短距離インパルスレーダー用のアンテナを開発した。

研究成果の概要(英文)：A co-planar waveguide feed compact slot antenna with a reflector was developed. The operating frequency depends not only on the slot length, but also the resonance modes between the slotted conducting plate and reflector plate. By adopting an artificial magnetic conductor surface which consists of periodic rectangular conductors as a part of the top layer including the slot, a short range impulse radar antenna was developed. The antenna has a size of 29mm×16mm×1.6mm and 6 dBi constant gain over the frequency range of UWB (Ultra Wide Band) highband from 7.2 GHz to 9.8 GHz.

研究分野：電磁波工学

キーワード：小型アンテナ スロットアンテナ

1. 研究開始当初の背景

携帯電話や無線 LAN などに広く用いられるアンテナにマイクロストリップ・パッチアンテナ (図1) がある。パッチアンテナは誘電体基板の上に置かれた幅広の金属板 (パッチ) とグランド板からなる平面型アンテナである。放射特性はアンテナ平面に対して垂直方向に単方向性であり、利得も高い小型のアンテナである。パッチの長さは誘電体基板中の波長の半分程度であるため、比較的小型であるが、グランド板の大きさは空間の波長と同程度以上の大きさが必要である。

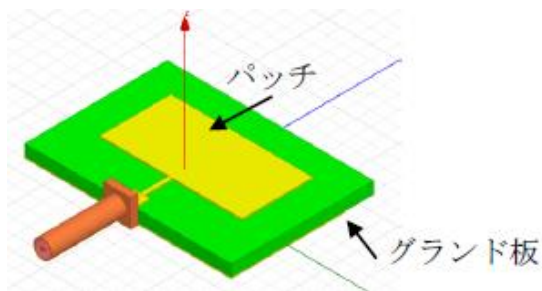


図1 マイクロストリップ・パッチアンテナ (従来の代表的な平面型単方向性アンテナ)

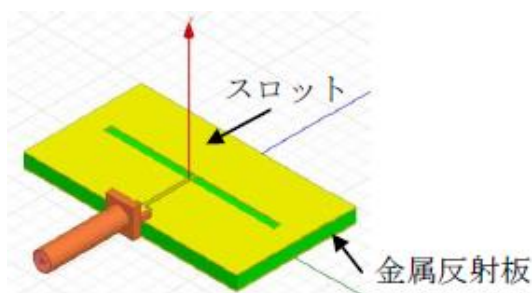


図2 反射板付きスロットアンテナ (本研究テーマの単方向性アンテナ)

これに対して、図2は申請者らが提案する反射板付きスロットアンテナである。スロットの長さは誘電体基板中の波長と同程度である。スロットにはコプレーナガイドで給電を行い、スロット金属板と金属反射板は電気的には絶縁されている。このアンテナの放射に寄与する波源は、スロット開口部およびスロット金属板と金属反射板で構成される平行平板共振器の端部 (開口部) の電界 (磁流) である。電磁波の放射はスロット金属板の面に垂直に単方向となり、反射板の裏側方向への放射は抑制される。金属反射板の大きさは空間の波長程度である。

事前の研究では UWB 帯の高域を利用する短距離インパルスレーダー用のアンテナとしてスロットのある金属面が図3に示すアンテナ1を設計試作し、8.5GHz の中心周波数と約 20dB の前後比および約 4dBi の利得が得られた。図4はアンテナへの入力パルスの周波数スペクトルである。

2. 研究の目的

単方向性の放射特性を持ち利得が高い小型のアンテナは、情報通信だけではなく電力伝送にも望ましいアンテナである。本研究では、このような特性を持つアンテナとして、反射板付き小型スロットアンテナの開発を行う。このアンテナは、小型でありながら、極めて近接して配置した小型の金属反射板の効果によって、単方向の放射特性と大きな利得を有する特徴がある。この新しいデザインのアンテナの最適設計及び動作特性の解明が本研究の目的である。

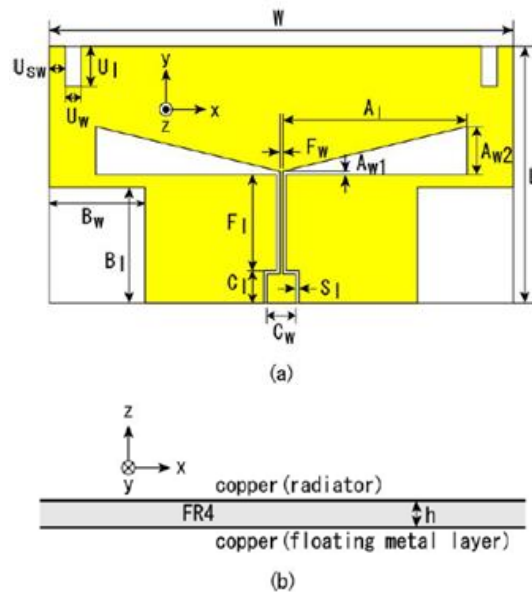


図3 UWB 帯短距離インパルスレーダー用アンテナ1

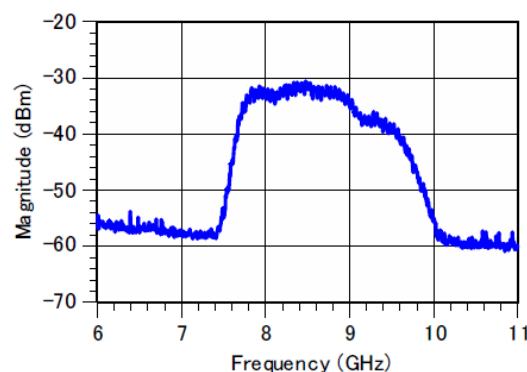


図4 UWB インパルスの周波数スペクトル

3. 研究の方法

本研究では、研究期間内に次の2点を解決することを目標とする。

(1) 反射板付スロットアンテナの動作原理の理論的解明

(2) 反射板付スロットアンテナの最適化設計

反射板付きスロットアンテナは、スロットの磁流を放射源と考えることができるという点で、マイクロストリップ・パッチアンテナに似ている。しかし、マイクロストリップ・パッチアンテナのグランド板の大きさは

一般に波長に比べて十分大きくなければならぬが、スロットアンテナの反射板はパッチアンテナのグランド板よりも小さい。

また、反射板とスロット金属板が電氣的に絶縁されているという点もパッチアンテナとは異なる点である。このため、反射板付きスロットアンテナの動作原理もパッチアンテナとは異なっている。

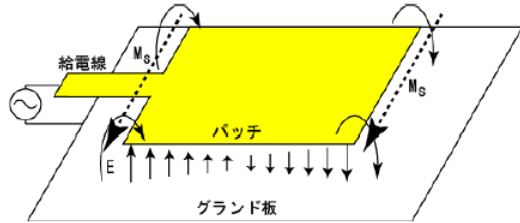


図5 長方形パッチアンテナのパッチとグランド板間の電界モード

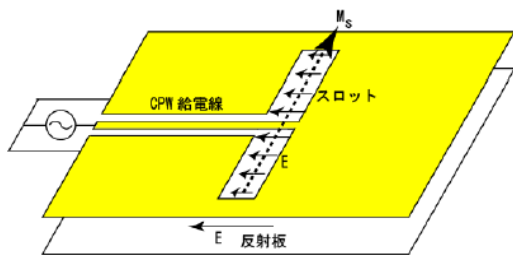


図6 反射板付きスロットアンテナのスロット面と反射板間の電界モード

4. 研究成果

図7はアンテナ1の入力端での反射特性であるが、8 GHz と 8.9 GHz に共振がみられる。図8は共振時のアンテナ表面の電流分布

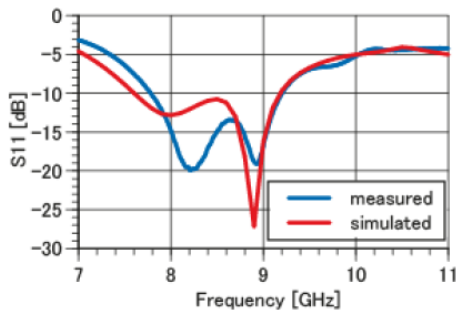
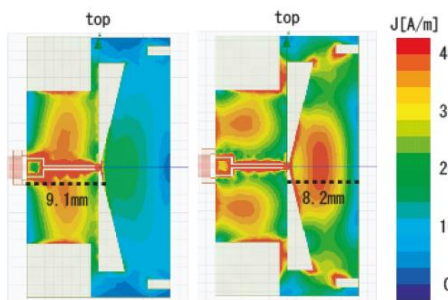


図7 アンテナ1の反射特性



(a) At 8 GHz (b) At 8.9 GHz

図8 アンテナの電流分布 (破線は半波長の長さを表す)

を示したものである。周波数の違いによってアンテナの共振領域が変化し、8GHz ではスロットと給電点の間の部分、8.9GHz ではスロットよりも先の部分が共振することがわかる。この共振の状況はパッチアンテナの共振に類似している。従って、反射板付きスロットアンテナはスロット幅のギャップを介した2つのパッチアンテナと考えることができる。またスロット金属板と金属反射板の間に生じる電界よりもスロット部に生じる電界のほうが大きいため電磁波がスロット金属板に対して垂直に単方向の放射となると考えられる。

アンテナの利得を上げるには、アンテナ表面に流れる電流の向きを一方にすればよい。電流の向きを制御する方法として、AMC構造 (Artificial Magnetic Conductor、人工磁気導体) の利用が知られている。図9はスロット金属板の一部にAMC構造を導入して利得の改善を行ったアンテナである。AMC構造の形状と平面波の反射波の位相を図10と図11に示す。8.5GHz付近でx方向に偏波した平面波の反射位相が0度となり、x方向に高インピーダンスとなることがわかる。

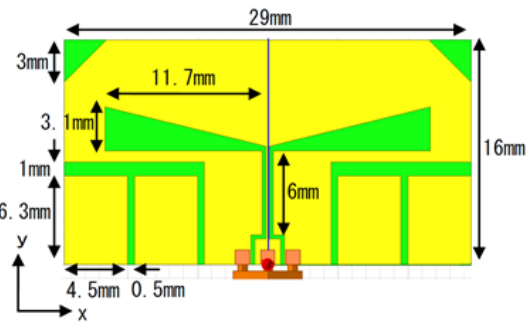


図9 UWB 帯短距離インパルスレーダ用アンテナ2

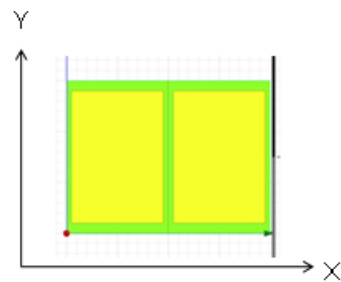


図10 AMC構造

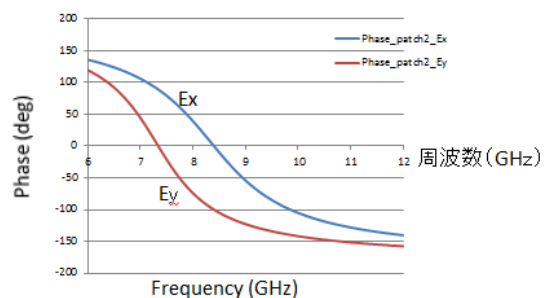


図11 AMC構造による反射波の位相

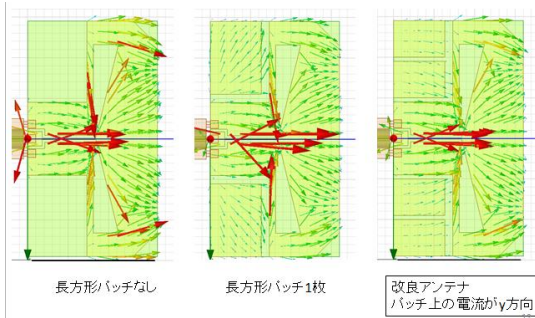


図 1 2 改良アンテナの電流分布 (8.27GHz)

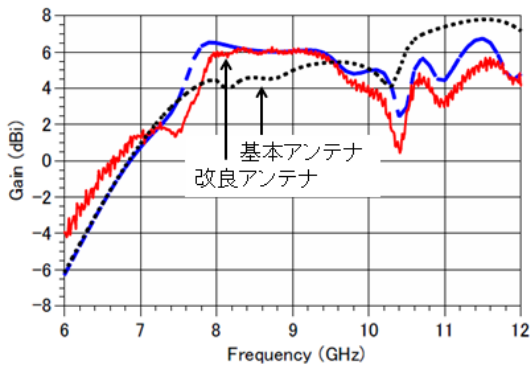


図 1 3 利得特性 改良アンテナ(アンテナ 2)の数値解析(青破線)、測定値(赤実線)、基本アンテナ(アンテナ 1)の数値解析(黒点線)

図 1 2 は AMC 構造の金属パッチを置いた部分の構造を変えた場合の電流ベクトルを示す。AMC 構造の金属パッチを置いたときに、電流がスロットに対して垂直方向に分布していることがわかる。この改良により、アンテナの利得は図 1 3 に示すように 8GHz 付近で 2dB 程度増大し、図 4 に示す入力インパルスの帯域 7.9GHz~9.2GHz において 6dBi 以上の利得を得ることができた。

本研究では、反射板付き小型スロットアンテナとして、AMC 表面を用いた UWB パルスレーダ用アンテナ、単方向指向性を持つ X バンド小型高利得平面アンテナを開発し、その他にハイバンド UWB チップアンテナ、ワイドバンド円偏波アンテナスロットアンテナ、60GHzCOMS オンチップアンテナ、小型 3 バンド MIMO アンテナ、再構成可能クローバー型円偏波アンテナ、バラクタダイオードを用いた再構成可能フィルタアンテナを開発した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

(1) Hany A. Atallah¹, Adel B. Abdel-Rahman, Kuniaki Yoshitomi, and Ramesh K. Pokharel,

Tunable Band-Notched CPW-Fed UWB Monopole Antenna Using Capacitively Loaded Microstrip Resonator for Cognitive Radio Applications,

Progress In Electromagnetics Research C, Vol. 62, 109-117, Feb 2016

doi:10.2528/PIERC16010501

(2) Lingsheng Yang, Tao Li, Feng Wang, Kuniaki Yoshitomi, Compact Tri-band MIMO Antenna for LTE/GSM Mobile Handset Application, IEICE Trans. Commun., Vol. E99-B, No. 1, 177-184, Jan 2016.

doi:10.1587/transcom.2015EBP3307

(3) L. Yang, Y. Zhu, and K. Yoshitomi CPW-Fed Reconfigurable Clover-Shaped Antenna with Switchable Circular Polarization, Progress In Electromagnetics Research C, Vol. 60, 147-156, Dec 2015.

doi:10.2528/PIERC15102104

[学会発表] (計 28 件)

(1) 吉富邦明、岩井郁也、古賀 柁洋、金谷晴一、ポカレル ラメシュ、AMC 表面を用いた UWB パルスレーダ用アンテナの開発、平成 27 年度 電気・情報関係学会九州支部連合大会、2015 年 9 月 26-27 日、福岡大学

(2) 古賀 柁洋、織田 知樹、吉富 邦明、金谷晴一、単方向指向性を持つ X バンド小型高利得平面アンテナの開発、平成 27 年度 電気・情報関係学会九州支部連合大会、2015 年 9 月 26-27 日、福岡大学

(3) N. Iizasa, K. Yoshitomi, R. Pokharel, H. Kanaya, High Gain 4 × 4 Slot Dipole Antenna Array in the 5GHz Band, 2014 Asia-Pacific Conference on Antennas and Propagation (APCAP2014) July 26-29, 2014. Jin Gu hotel, Harbin, China

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉富 邦明 (YOSHITOMI Kuniaki)

九州大学・日本エジプト科学技術連携センター・教授

研究者番号：30150501