

## 自己評価報告書

平成23年 4月 20 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2011

課題番号：20560329

研究課題名 (和文) 電磁結晶を用いた超高性能デバイスの研究開発

研究課題名 (英文) A study of high performance devices with electromagnetic crystals

研究代表者

賈 洪廷 (HONGTING JIA)

九州大学・日本エジプト科学連携センター・准教授

研究者番号：60315223

研究分野：電波工学

科研費の分科・細目：5103

キーワード：電磁結晶、電波散乱、マイクロ波 CT、アンテナ、周期構造

## 1. 研究計画の概要

近年、爆発的に増えつつある膨大な情報を迅速に伝達するため、既存のインターネットシステムを代わって、全光インターネットシステムの構築は絶対不可欠になった。また、環境破壊及び近代人の食生活習慣の変化により、乳がんが急激な増加傾向にある。乳がんは早期発見早期治療により治る率が高い癌である。ここで、申請者らは、3次元の電磁結晶のハイ利得・狭ビーム幅を持つアンテナを用いて、苦痛を与えない非侵襲的な乳がん検診用断層イメージング方法（マイクロ波CT）の開発を検討している。電磁結晶は、誘電体あるいは金属からなる散乱体を周期的に配置して人工的に構成した電波材料である。近年、申請者らは、様々な構造を持つ電磁結晶の電波特性を解析し、任意断面の金属フォトニック結晶による電磁波散乱の厳密な解析法、改良したフーリエ級数展開法、及び格子和と一般化散乱行列を用いた不均一フォトニック結晶による電磁波散乱の厳密な解析法などの三つの解析理論を提案し、その有効性を実証してきた。一方、異方性媒質で構成したフォトニック結晶を用いれば、外部印加電磁界によって制御可能な超高速光スイッチ、可変フィルター、方向性結合器などの新しいデバイスが期待されている。更に、3次元の電磁結晶を用いれば、小型なアンテナでも、大型な面状アンテナに相当する非常にハイ利得・狭ビーム幅特性の実現が可能である。

本研究では、様々な構造を持つ電磁結晶を解析する理論を研究し、有効的な解析手法を提案する。また、電磁結晶を利用し、新しい高性能デバイスを研究開発する。特に、電磁結

晶のデバイスを用いて、乳がん検診用のマイクロ波CTシステムを研究開発する。

## 2. 研究の進捗状況

線状アンテナ及びパッチアンテナを電磁結晶中に置くと、アンテナの特性を大きく変化する。アンテナの電流分布を仮定し、電磁結晶中のアンテナの放射特性を計算する方法を提案した。しかし、アンテナの電流分布は電磁結晶の影響を考慮し正確に計算する必要がある。ここでは、空間高調波と格子和を用いた反射行列と透過行列の元で、空間高調波の和で表現したグリーン関数を使って、アンテナの電流分布とアンテナの放射特性を同時に計算できる新しい解法を提案した。2次元の電磁結晶と線状アンテナとの結合特性を明らかにし、電磁結晶の位置を適度に設置し、高性能なアンテナを実現した。また、パッチアンテナと電磁結晶との結合によって、高利得のアンテナが得られた。また、磁化ファイライトに印加した磁界の強度によって、透磁率は各方向に異なる強さが生じる。ここでは磁化ファイライト、同方性媒質及び金属で構成した4つの複合体から成る電磁結晶問題を、一般化散乱行列を用いて、解析的な公式を導いた。

電磁結晶は複数の誘電体、多数の金属体、または、誘電体と金属体の混合体で構成されている。金属の導電率は有限であるため、周波数に高くなるにつれ、導体損失が大きくなる。よって、光帯域では、誘電体のみで構成したフォトニック結晶（マイクロ波分野では電磁結晶と呼び）が多く使っている。しかし、マイクロ波・ミリメートル波帯域では、金属が特性は完全導体に近い。よって、サイズの小

ップ特性が表れることは明らかにした。また、ユニットセルに複数個の金属体が存在する場合、屈折率は負になる周波数帯が存在することは理論的に証明した。誘電体のみで構成したフォトニック結晶において、フーリエ級数展開法や改良したフーリエマトリクス法が提案され、また、均一な媒質中に複数の金属物体の問題に対しても、マトリクス法が存在する。しかし、理論においても、応用においても、もっとも重要な不均一中に複数金属体で構成した電磁結晶問題に対しては、厳密な解析理論はまだ提案されていない。本研究では、以前の研究で提案した改良したフーリエマトリクス法を更に発展し、不均一な複数金属体から成る電磁結晶を厳密的に解析する方法を提案した。提案した方法の有用性、妥当性、計算精度などは本研究で明らかにした。

3. 現在までの達成度  
おおむね順調に進展している。

4. 今後の研究の推進方策  
本年度は研究成果を論文にまとめて、学術雑誌へ投稿する。また、高周波シミュレータを利用し、ICチップを作成し、デイバスやマイクロ波CTシステムの研究を進める。

5. 代表的な研究成果  
(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 0 件)

[学会発表] (計 7 件)

K. Yousef, H. Jia etc., A 2-16 GHz CMOS Current Reuse Cascaded Ultra-wideband Low Noise Amplifier, Saudi International Electronics, Communications and Photonics Conference, April 2011, Saudi Arabia

H. Jia, A new analysis of scattering problems for electromagnetic crystals consisting of inhomogeneous dielectric materials and conductors, Asia-Pacific Microwave Conference, Dec. 2009, Singapore

H. Jia, An exact analysis of coplanar waveguides and strip lines with full-wave method, IEEE Applied Electromagnetics Conference and URSI Commission B meeting, Dec. 2009, India.

H. Jia, K. Yasumoto, and B. Gupta, Scattering properties of planar arrays of circular cylinders coated by magnetized ferrite and its application as reflector and controller of antennas,

The Fifth Research Forum of Japan-Indo Collaboration Project on Infrastructural Communication Technologies Supporting Fully Ubiquitous Information Society, Dec. 2008, India.

H. Jia, K. Yasumoto and B. Gupta, A study of electromagnetic radiation from a two-dimensional striated antenna embedded in electromagnetic crystal, The Fourth Research Forum of Japan-Indo Collaboration Project on Infrastructural Communication Technologies Supporting Fully Ubiquitous Information Society, July 2008, Japan.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]  
○出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]