Millimeter-wave active integrated antenna using the 3D printed PBG structure 3次元積層 PBG 構造を使用したミリ波アクティブ集積アンテナアレイ

Hideyuki ISHIDA, Ryuta SONODA and Shigeo KAWASAKI

Dept. of communication engineering, Tokai University, 1117 Kitakaname, Hiratuka, Kanagawa, 259-1292, Japan,

TEL: 81-463-58-1211(Ext.4880) E-mail: Kawasaki@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

FAX: 81-463-58-8320

(Received 19, November 2001 Accepted 26, July 2002)

In this report, the implementation and characterization of a millimeter wave Active Integrated Antenna Array is demonstrated, utilizing second harmonics for the MMIC oscillator with the multiple 3D printed PBG structure by etching. The 3D PBG structure is laminated by 2D PBG structure. The PBG was designed by computer program based on the FDTD method. The PBG structure works to suppress the leaked fundamental wave and makes improve performance of the Active Integrated Antenna Array.

Keywords: Active Integrated Antenna, MMIC oscillator, 3D printed PBG structure

I. INTRODUCTION

近年の情報化社会の発展に伴い高周波の利用が盛んに研究され、中でもマイクロ波・ミリ波回路機器に対する低価格化への要求は高まっている。しかし、一般にミリ波帯域における回路機器はマイクロ波帯のものと比較して高価であるため、今後の更なる普及にはこのような回路機器を安価にする必要がある。また、平面回路やアンテナに誘電体基板を用いた場合、エッジからの不要放射や低利得といった制限が生じてしまう。そこで、近年、フォトリソバンドギャップ (PBG) 技術を用いることにより効率よくマイクロ波・ミリ波の伝達を行うといった研究が盛んに行われている。¹

そこで、本報告では MMIC 発振器の非線形性により生ずる第 2 高調波を利用したミリ波アクティブ集積アンテナアレイを実現し、さらに平面型 2 次元 PBG 構造を積層させた 3 次元 PBG 構造を用いることによりミリ波アクティブ集積アンテナにおける PBG 構造の有用性を確認することを目的としている。

II. EXPERIMENTAL

II - A. Millimeter-Wave Active Integrated Antenna Array

本報告では、安価なミリ波回路機器を実現させるためにマイクロ波帯 MMIC 発振器の非線形性により生ずる第 2 高調波を利用したミリ波アクティブ集積アンテナアレイを提案した。

試作回路はアルミナセラミック基板 (比誘電率 10.3、導電膜厚 0.005[mm]、基板厚 0.635[mm]、 $\tan \delta$ 0.0025) 上に MMIC 発振器及び CPW 給電スロットアンテナで構成されており強結合法を用いた H 面配列 4 素子アレイとなっている。

アンテナ素子間隔は基本波において $0.469\lambda_0$ 、第 2 高調波において $0.938\lambda_0$ とした。基本波における逆相動作及び第 2 高調波における同相動作を促し、基本波と第 2 高調波を効率よく空間分離するために、各素子を結合し

ている強結合線路の中間に 4 分の 1 波長のオープンスタブを設けた。これにより基本波では短絡状態、第 2 高調波では開放状態となるため、基本波における逆相動作、第 2 高調波における同相動作が得られる。¹

今回試作した 4 素子アクティブ集積アンテナアレイの概念図を Fig.1 に示す。

Fig.1. Active Integrated Antenna Array.

II - B. Printed PBG structure

本報告で使用する 3 次元積層型 PBG 構造は、平面型 2 次元 PBG 構造を、積層させることにより 3 次元的に周期性を持たせた構造となっている。

また、PBG 構造はエッチングによる導体除去による方法で達成し、試作の容易性を考慮した。

本報告で PBG 構造に使用した基板は、ARLON 社製のソフト基板 (25NG0310CSSA :比誘電率 3.25、誘電体厚 0.787[mm]、圧延銅箔 0.018[mm]、 $\tan \delta$ 0.0025) である。PBG 構造の概念図を Fig.2 に示す。また、その時の解析条件を Table1 に示す。設計周波数はミリ波アクティブ集積アンテナの基本波における周波数である 21.6[GHz]とした。PBG 構造の設計には FDTD 法を用いた。解析領域における最上部、及び最下部には PML の吸収境界条件を用い、側面にはブロッホの周期的境界条件を適用した。

Fig.2. 2D PBG structure.

Table1. The analysis conditions.

Periodic Strucater Parameter		
Lattice Constant: $a=3.15$		
Radius: $r=1.5$		
Dielectric Constant: $\epsilon_r=3.25$		
Sub Height $h=0.787$		
Step size[mm]		
Δx	Δy	Δz
0.05	0.05	0.05
Number of cell		
IX	JY	KZ
63	63	60

解析によって得られた分散特性図を Fig.3 に示す。解析結果より TE 波において 21.21~23.09[GHz]、TM 波において 21.21~22.00[GHz]の範囲でバンドギャップが得られた。

Fig.3. Dispersion diagram of the 3D PBG.

III. RESULTS

試作したミリ波アクティブ集積アンテナは、 $V_{gs1}=-0.61[V]$ 、 $V_{gs2}=-0.1[V]$ 、 $V_{gs3}=-0.3[V]$ 、 $V_{gs4}=-0.06[V]$ 、 $V_{ds}=3.0[V]$ 、 $I_{ds}=40[mA]$ のバイアス条件下において、発振周波数が基本波で 21.6[GHz]、第 2 高調波で 43.2[GHz]において動作した。また、測定距離を 1[m]に換算したときの正面方向における受信電力は基本波において-43.83[dB]、第 2 高調波においては-48.33[dB]であった。その時のアンテナパターンを Fig.4 に示す。

Fig.4. Antenna patterns.

さらに、上記のミリ波アクティブ集積アンテナに積層 PBG 構造を装荷させ測定を行った。3 次元積層 PBG 構造をミリ波アクティブ集積アンテナに装荷させた概念図を Fig.5 に示す。各層数における基本波、第二高調波のアンテナパターンを Fig.6 に示す。

Fig.5. Configuration of the 3D PBG.

Fig.6. Antenna patterns with 3D PBG.

IV. CONCLUSION

本報告では、MMIC 発振器の非線形性により生ずる第 2 高調波を利用したミリ波アクティブ集積アンテナアレイを実現し、その特性を改善するために 3 次元積層 PBG 構造を装荷した。測定結果より、3 次元積層 PBG 構造をミリ波アクティブ集積アンテナアレイに装荷させることにより、PBG 範囲内である基本波の放射レベルが抑制された。さらに、3 次元積層 PBG 構造を多層することにより、PBG 範囲内における基本波の抑圧が増し、ミリ波 AIA における 3 次元積層 PBG 構造の有用性が確認された。

REFERENCE

- Y.Yasuoka, S.Kawasaki, N.Ohkubo, K.Kikuti, R.Coccioli, Y.Suzuki and K.Honjo "Millimeter-Wave Active Integrated Antenna Array Utilizing Harmonic Injection for an MMIC Oscillator with Photonic Band Gap Structure", Proc. ISAP2000, Fukuoka, Japan, pp.1553-1556, Aug. Au.2000

Presented at '01 SAS Intelligent Symposium