

周期構造体を用いた電磁波制御に関する研究

製品・機能評価課 宮田直幸

1. 緒言

電子機器はそれらが発生する電磁ノイズにより誤動作を起こすことから、放出する電磁ノイズの量(エミッション)・電磁ノイズへの耐性(イミュニティ)両面における対応が求められているが、近年の高速化・小型化・省電力化が求められる流れの中で、その対応は日を追うごとに難しくなっている。

とりわけデジタルLSIにおけるCMOSの同時スイッチングが問題となっており、それに対してはデカップリングコンデンサを使った対策がよく行われる。一方、もう一つの対策として、メタマテリアルの一種であるEBG(Electromagnetic Bandgap)構造を利用した方法が提案されている¹⁾²⁾。これは、導体に特徴的な構造を持たせることで電磁波の分散関係にギャップが開き、ギャップ内の周波数では電磁波が伝播できなくなることを利用したものである。Fig. 1 にそのような構造の例を示す。高周波の場合、集中定数的な見方は通用しなくなり、構造同士の幾何学的配置が重要となってくるが、EBG構造の方法はそのことを積極的に利用した方法と言える。

プリント基板におけるそのようなEBG構造を低周波数側に適用しようとした場合、周期構造の周期を小さくとれるものとして、オープンスタブEBG構造が知られている。本研究では、昨年度までに考案したEBG構造の実効性を無線通信モジュールを用いて評価した。

2. 評価手法

EBG構造の電磁ノイズ抑制の実効性の評価として、文献⁴⁾に倣い、2.4GHz帯の無線通信(RF)モジュールであるXBee(Digi international, XB3-24Z8PT-J)をIF基板(Digi international, Xbee Zigbee Mesh Kit XKB2-Z7T-WZM)にEBG構造を間に挟む形で取り付け(Fig. 2)、評価用ソフトウェアとして提供されているXCTUにおけるループバックテストを行った。ループバックテストとは、特定の文字列からなる1パケットを離れたところにある別のモジュールに送信し、それを受信したそのモジュールがそのまま元のモジュールに送信し返したパケットを、情報の損失なく受信した時に通信成功とするテストのことである。通信成功率は通信回数のうち、通信に成功した回数の割合で定義される。通信成功率を測定することで、EBG構造が実際のどの程度ノイズの抑制に効果があるかを評価できると考える。ここでは、両モジュールの先端を

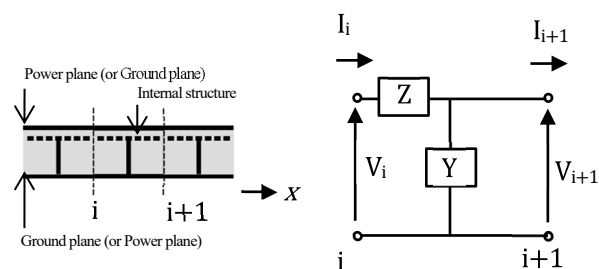


Fig. 1 (a) Cross sectional view of a typical EBG structure (Black : PEC, Other color : dielectric substrate) and (b) Equivalent circuit of a unit cell of an EBG structure

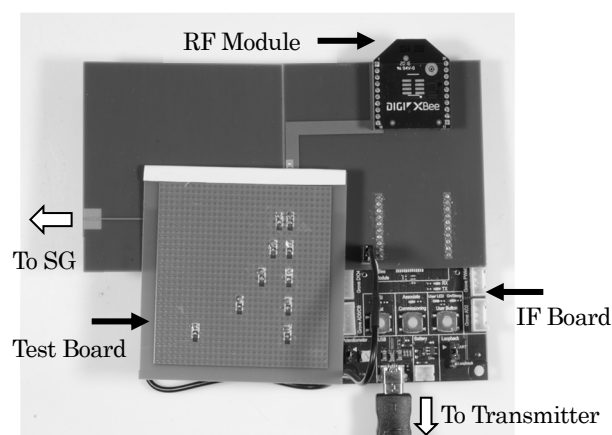
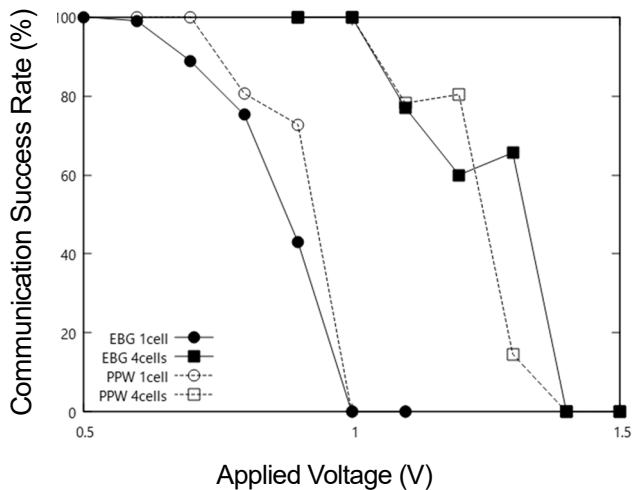


Fig. 2 Experimental setup for loopback test

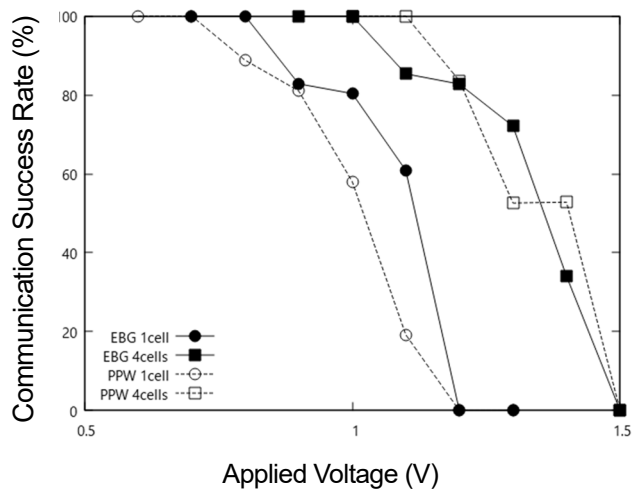
約 30cm 離し、対向させて配置した。ノイズの印加には信号発生器(SG、Agilent Technologies, N5181A)を用い、チップキャパシタにより直流電圧のSGの入力への印加を防止しつつ、IF基板側とRFモジュール側の電源/グラウンド層を分離したうえでマイクロストリップ線路により構成されたバイアスティー(Bias T)を設けることで、IF基板側へのノイズの影響を極力低減するようにした。評価基板としては、概ね2~3GHzをバンドギャップとして持つEBG構造と平行平板導波路(Parallel Plate Waveguide, PPW)を対象とし、ノイズが通過する距離を変えながら測定できるように評価基板を他の部分とは独立させ、ピンの挿抜によりこれが行えるようにした。EBG構造のピンの間隔は、その間に単位構造がちょうど収まるようにし、PPWのピンの間隔はEBG構造のそれと等しくした。

3. 結果と考察

2.4GHz帯のうち、印加するノイズの周波数が2.42GHz



(a)



(b)

Fig. 3 Communication success rate at (a) 2.42GHz and (b) 2.43GHz

と 2.43GHz の時、通信成功率が下がることがわかった。ここでは SG の最大出力に近い 1.5V(3Vemf)を上限、通信回数 は 500 回までの結果とし、ピンの間隔が EBG 構造の 1 周期と 4 周期離れた場合で PPW と EBG を比較した。

結果を Fig. 3 に示す。

両周波数において、PPW と EBG の結果に明確な差がないことがわかる。本来、EBG の方がよりノイズの通過を抑制することが前年度までの測定によりわかっているため、実験方法に誤りがあったと考えられる。原因としては、EBG の方が元より印加されたノイズの反射量が大きく、それがノイズを印加する前段のマイクロストリップ線路でのより強い放射に寄与していることが考えられる。特に試作した基板ではマイクロストリップ線路が本来必要ないほど長く設計されたため、放射が大きくなっていると考えられる。実際、部分的な結果しか得られていないが、マイクロストリップ線路側の基板をシールドするようにしたところ、EBG の方が PPW よりも通信成功率が上がったようであった。

4. 結言

Xbee RF モジュールに SG から実験用基板を介してノイズを印加したところ、通信成功率が低下する 2.42GHz と 2.43GHz において、EBG と PPW に明確な差は見られず、基板を経由したノイズの減少分と経路せずに放射したノイズの増加分の影響が拮抗した結果だと考えられる。

参考文献

- 1) R. Abhari and G. V. Eleftheriades, *Microwave Theory and Techniques*, IEEE Transactions on., Vol. 51, No. 6, pp. 1629-1639 (2003)
- 2) T. L. Wu *et al.*, *Microwave Theory and Techniques*, IEEE Transactions on., Vol. 53, No. 9, pp. 2935-2942 (2005)
- 3) H. Toyao, N. Ando, and T. Harada, *IEIEC TRANSACTIONS on Communications*, Vol. E93-B, No. 7, pp. 1754-1759 (2010)
- 4) N. Takei *et al.*, *Proceedings of JIEP Annual Meeting*, Vol. 27, pp. 215-218 (2013)

キーワード : EMC、電磁波、EBG

Suppression of Electromagnetic Noise using Periodic Structures

Product and Function Evaluation Section; Naoyuki MIYATA

Fabricated test boards of both Parallel Plate Waveguide (PPW) structure and an electromagnetic bandgap (EBG) structure were evaluated using the loopback test of the XBee RF module while applying various voltages of electromagnetic noise injected using a signal generator. We found that packets lost at 2.42GHz and 2.43GHz, and that there was no significant difference between the results of PPW and EBG, despite the smaller magnitude of S_{21} of EBG. This is considered to be caused by unwanted radiation of reflected waves emitted from an unnecessarily long microstrip line for noise injection to test boards.