

第 516 回 伝送工学研究会

反射器付き変調散乱素子を用いた
近傍電磁界測定

井上 真豪 陳 強 澤谷 邦男

東北大学大学院工学研究科

平成 21 年 1 月 27 日

反射器付き変調散乱素子を用いた近傍電磁界測定

井上 真豪[†] 陳 強[†] 澤谷 邦男[†]

[†]東北大学大学院工学研究科 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-05

E-mail: [†]{inogo, chenq, sawaya}@ecei.tohoku.ac.jp

あらまし 近年、回路の高密度化と高周波化が進み、電子回路基板から放射される不要電磁波が深刻な問題となっている。不要電磁波の放射位置を特定するために、変調散乱素子 (Modulated Scattering Element; MSE) を用いた近傍界測定システムが提案されている[1]。本報告では、MSE に、LO 信号の反射波の影響を低減させるための反射器を設計し、実際に反射器付き MSE による近傍電界測定を行った。

キーワード MSE, 反射器, 近傍界測定, 誘電体

1. まえがき

近年、高度な情報化社会の進展に伴い、より高性能、小型の無線機器、電子機器が求められるようになってきている。これらの条件や仕様に応じて、動作周波数の高周波化、回路の高密度な実装化が進むと、不要電磁波の漏洩が深刻な問題となる。不要電磁波の漏洩は機器自身の内部の近接素子や回路だけでなく、周囲の電子機器にも影響を与える。また、機器の小型化は内部回路の小型化も促し、それによって電磁波が放射されやすくなる問題を招いてしまうことにもつながる。例えば、携帯電話などは端末内部のノイズが原因で画像処理に影響を与え、デジタル画像が乱れるなどの問題が生じている。この問題を解決するためには、不要電磁波輻射の抑制を目的とする放射源の特定が必要であり、近傍電磁界を精度良く測定する必要がある。その測定手法の1つとして変調散乱法がある[2]。この手法は1950年代半ばに考案された手法であるが、近年でも素子に対し工夫がなされ、MSE や誘電体球を用いた計測システムが考案されている[3]。これらの方法は受信プローブを無線化することでケーブルと被測定物との結合の影響をなくすことが可能である。

中でも、MSE は小型化が可能で、近傍電磁界への影響を低減でき、非侵襲性に優れているが、LO 信号の被測定物による反射波のために、被測定物の位置によって MSE に到達する LO 信号の強度が変化し、RF 信号を正確に測定できないという問題がある。本報告では、MSE に、LO 信号の反射波の影響を低減させるための反射器を設計し、実際に反射器付き MSE による近傍電界測定を行ったので、その結果について述べる。

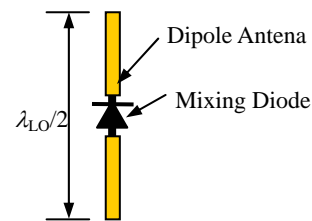


図1 MSEの構造

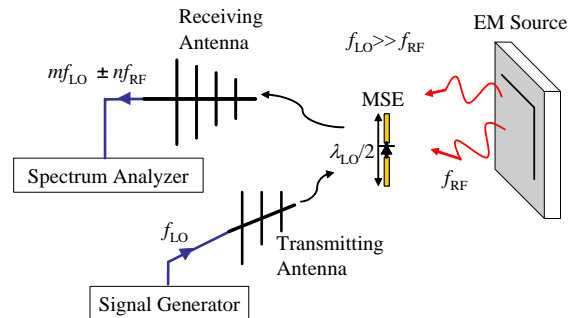


図2 MSEを用いた近傍電界測定システム

2. 原理

一般的なMSEの構造とそれを用いた近傍界測定システムをそれぞれ図1, 図2に示す。MSEはLO信号の半波長の長さを持ったダイポールアンテナにミキシング用ダイオードが装荷された簡単な構造を持つ。測定システムは、LO周波数を持つ信号を供給する信号発生器、送信アンテナ、受信アンテナ、MSE、およびスペクトラムアナライザから構成される。信号発生器から送信されるLO信号と被測定物から放射されるRF信号がMSEに到達し、両者がミキシングされて、再放射されたIF信号をスペクトラムアナライザで受信することで、MSEの位置における電界強度を知ることが可能である。LO信号の周波数を f_{LO} 、RF信号の周波数を f_{RF} としたとき、高調波の周波数成

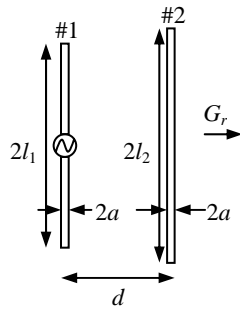


図3 2素子八木・宇田アンテナ

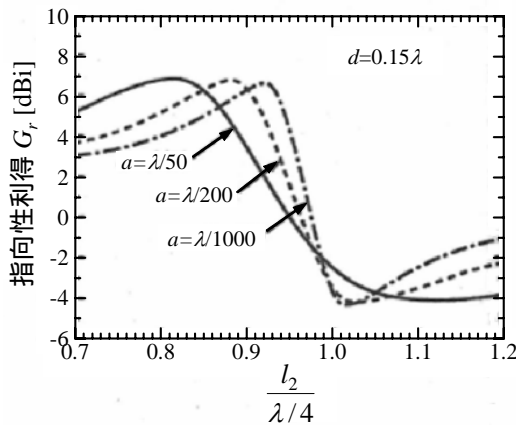


図4 2素子八木・宇田アンテナの指向性利得

分は $mf_{LO} \pm nf_{RF}$ で表される。本報告では、周波数 f_{LO} 、 f_{RF} のIF信号を測定する。

MSEを用いた近傍電界測定システムにおいて、LO信号は常に一定の電力でMSEに印加する必要がある。しかし、実際は被測定物や測定装置からの反射によって、LO信号の反射波がMSEに到達してしまい、供給される電力が一定ではなくなり、IF信号が影響を受ける。この問題を解決するため、MSEに反射器を付加し、指向性を持たせる。これによりLO信号の反射波の影響を低減することができる。

3. 測定システム

3.1. 反射器付きMSEの設計

MSEに最適な反射器を付加するために、八木・宇田アンテナの指向性利得を参考にする。図3のような2素子八木・宇田アンテナにおける G_d 方向の指向性利得を図4に示す[4]。これらの図よりMSEに最適な反射器の寸法を設計することができる。本報告では、MSE、反射器の幅 a を $\lambda_{LO}/50$ とし、反射器の長さ $2l_2$ を G_d 方向の指向性利得がもっとも小さくなる $1.1\lambda_{LO}/2$ とする。MSEは、LO信号の周波数を10GHzと仮定し、設計する。

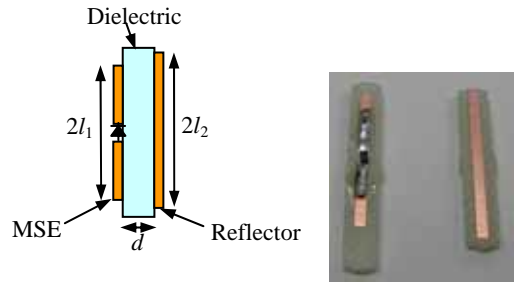


図5 作製した反射器付きMSE

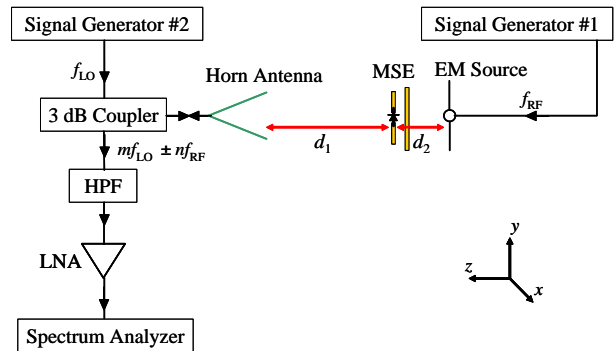


図6 使用するシステム

これらを踏まえて実際に作製した反射器付きMSEを図5に示す。 $2l_1=15\text{mm}$ 、 $2l_2=16.5\text{mm}$ 、 $d=3.2\text{mm}$ とし、MSE、反射器の幅はどちらも1.2mmとする。なお、MSEと反射板の間に誘電体(ガラエポ; $\epsilon_r=4.4$)を挿入することにより、MSEと反射器の間隔を短縮することが可能となり、より近傍での測定が可能となる。

3.2. 測定システム

実際に使用する測定システムを図6に示す。カップラーを送信側と受信側の間に導入することで、送受信アンテナを共有し、より正確な近傍界測定が可能になることが確認されているので、本報告で使用する測定システムでもカップラーを用いる[5]。信号発生器#1から被測定物にRF信号を供給する。一方、信号発生器#2からLO信号を発生させ、3dBカップラーを通して、ホーンアンテナからMSEに印加する。RF信号とLO信号がMSEに到達することで、ミキシングされたIF信号が再放射され、このIF信号をホーンアンテナで受信し、高域フィルタ、プリアンプを通過させ、スペクトラムアナライザで検出する。

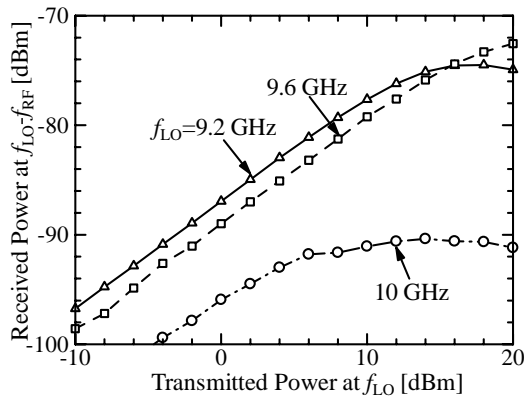


図7 システムの線形性

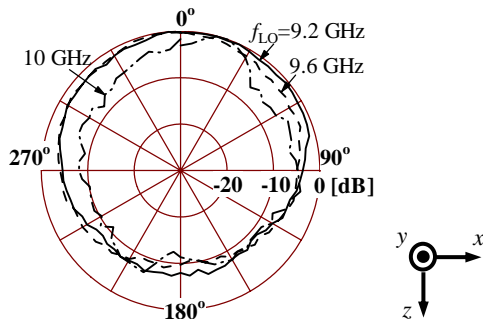


図8 反射器付き MSE の散乱波パターン

4. 測定システムの特性

4.1. 測定システムの線形性

近傍電界測定を行う前に、被測定物を半波長ダイポールアンテナとして、測定システムの線形性を確認した。パラメータはそれぞれ $d_1=30\text{cm}$, $d_2=1\text{cm}$, $f_{\text{RF}}=1.1\text{GHz}$, $f_{\text{LO}}=9.2\sim 10\text{GHz}$, RF信号の送信電力を 16dBm , LO信号の送信電力を $-10\sim 20\text{dBm}$ とした。測定結果を図7に示す。この図より、 f_{RF} が $9.2, 9.6\text{GHz}$ の場合、LO信号の送信電力が 10dB 程度まで線形性が確認されたが、 10GHz の場合は送信電力が 6dB 以上になると線形性が崩れ、また、他の f_{RF} に比べて、受信レベルが極端に小さくなった。

4.2. 反射器付き MSE の散乱波パターン

次に、ホーンアンテナ、波源を固定し、反射器付き MSE を xz 面で回転させることにより、反射器付き MSE が放射する IF 信号の散乱波パターンを測定した。パラメータはそれぞれ $d_1=30\text{cm}$, $d_2=16\text{cm}$, $f_{\text{RF}}=1.1\text{GHz}$, $f_{\text{LO}}=9.2\sim 10\text{GHz}$, RF信号の送信電力を 16dBm , LO信号の送信電力を 10dBm とした。その結果を図8に示す。この結果より、 f_{RF} が 9.6GHz の場合、他の周波数の散乱波パターンにおける z 軸方向の前後比が最も

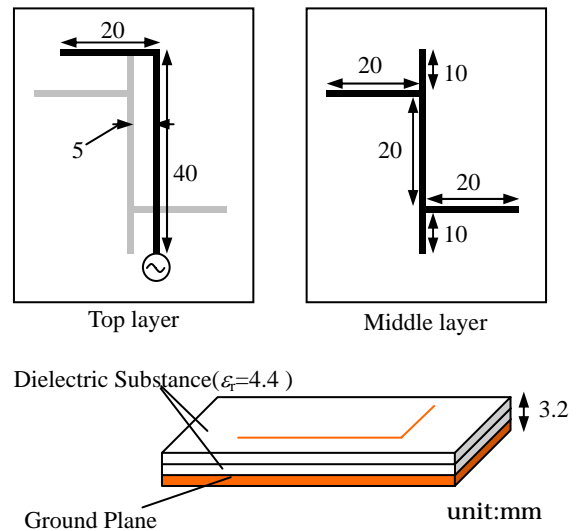


図9 被測定マイクロストリップアンテナの構造

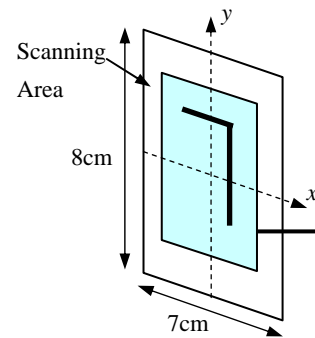


図10 測定範囲

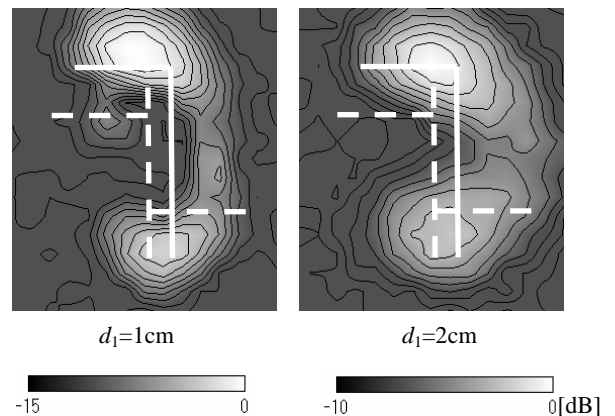


図11 近傍電界強度分布測定結果

大きく、約 10dB となった。

5. 近傍電磁界測定結果

被測定物を図9のような2層マイクロストリップ

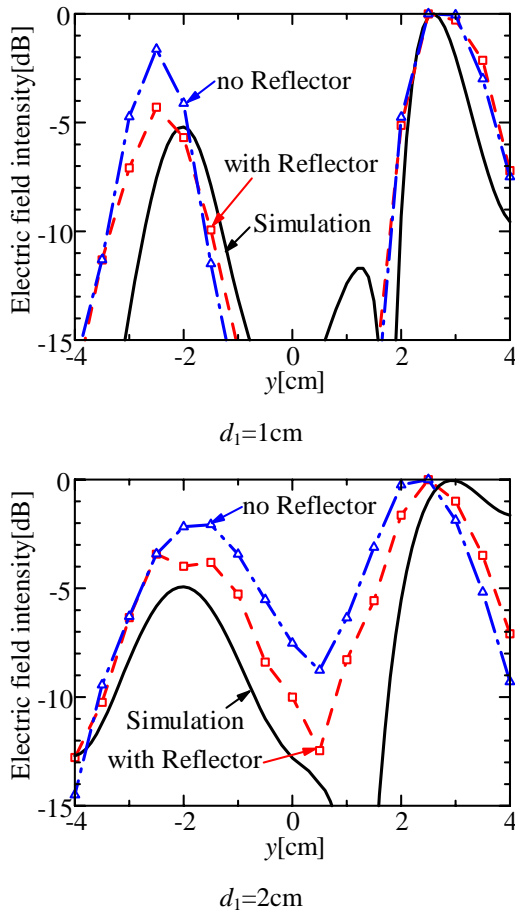


図 12 y 軸上の電界強度測定結果

アンテナとし、その測定範囲を図 10 として、ホーンアンテナ、反射器付き MSE は固定し、被測定物を上下左右に動かすことで、MSE の位置における電界強度を測定した。パラメータはそれぞれ $d_1=30\text{cm}$ 、 $d_2=1, 2\text{cm}$ 、 $f_{\text{RF}}=1.1\text{GHz}$ 、 $f_{\text{LO}}=9.6\text{GHz}$ 、RF 信号の送信電力を 16dBm、LO 信号の送信電力を 10dBm とした。被測定パッチアンテナの近傍電界強度分布を図 11 に示す。さらに、y 軸上における近傍電界強度測定結果を、反射器を付加していない MSE による測定結果、FDTD 法による数値計算結果と共に図 12 に示す。

これらの結果より、反射器を付加した MSE の測定結果の方が反射器を付加していない MSE の測定結果よりも、計算結果に近い測定できていることがわかった。このことから、反射器の有用性が示せた。しかし、反射器を付加した MSE による測定結果は反射器を付加していない MSE に比べてダイナミックレンジが 8dB 程度小さくなった。

6. むすび

LO 信号反射波の影響を低減させる働きを持つ反

射器を付加した MSE を設計し、それを用いて被測定マイクロストリップアンテナの近傍電界強度分布を測定した。その結果、反射器を付加した MSE の測定結果の方が反射器を付加していない MSE の測定結果よりも、FDTD 法による計算結果に近い測定できた。

参考文献

- [1]チャカロタイ ジェドヴィスノフ, 陳 強, 澤谷 邦男, “変調散乱素子を用いた非侵襲的近傍電磁界測定法”, 信学技報, EMCJ2004-16, pp.13-16, 2004 年 6 月
- [2]J. H. Richmond, “A Modulated Scattering Technique for Measurement of Field distribution”, IRE Trans, MTT-3, pp13(1955).
- [3]黒澤 孝裕, 駒木根 隆士, “変調散乱素子として誘電体球を用いた放射電界の計測” 信学技報, EMCJ2007-100, pp25-29
- [4]電子情報通信学会, “アンテナ工学ハンドブック (第 2 版)”, オーム社, pp148-151
- [5]梶山 博史, 陳 強, 澤谷 邦男, “変調散乱無線プローブを用いた近傍電磁界の測定”, “2006 電子情報通信学会総合大会