# スマートフォンに内蔵可能な地上波デジタル放送受信用アンテナ

# 山本節夫,栗巣普揮,米原正道 (山口大)

# Terrestrial digital TV broadcast reception antenna for smartphone S. Yamamoto, H. Kurisu and M. Yonehara (Yamaguchi Univ.)

### <u>はじめに</u>

既に、二つ折り型携帯電話に内蔵可能な地上波デジタル TV 放送受信用アンテナを提案し、試作し実用的な性能 が得られることを実証した<sup>1)</sup>。本研究では、スピネルフェライトを用いて、スマートフォンに内蔵可能な地上波デジタル TV 放送受信用アンテナについて、有限要素法高周波電磁界解析シミュレーション(HFSS, Ansoft 社)で設計し、実際 にアンテナを試作して性能実証を行った。

#### <u>アンテナの構造</u>

携帯電話端末に搭載するアンテナは、アンテナエレメント部だけが単独で機能するのではなく、基板 GND も含めた 全体で、ダイポールアンテナ的に動作する。スマートフォンの基板 GND 部の長さは、二つ折り型携帯電話の場合より もさらに一段と短いため、アンテナとして動作させるための実効的な長さが不足する。大きな比帯域に対応するととも に、筐体に内蔵するためのアンテナ長への厳しい制約(40 mm 以下)に加えて、基板 GND 長がさらに短い条件の中 で、実用的なアンテナ利得(-5 dBi 以上)を満たす必要がある。そこで、Fig.1 に示すように、スマートフォンの基板 GND 面に、2 本のスリットを互いに逆向きに入れることによって、アンテナ給電部から見たときの基板 GND 長を確保し た。フェライトと導体の構造の最適化により、整合回路を排除した。

### シミュレーションと試作の結果

フェライトとしては、(周波数 400 - 800 MHz において比透磁率 3 - 3.1,比誘電率 4.6,磁気的損失 0.039 - 0.04,誘電正接 0.022 のものを想定した。シミュレーションによって、600MHz近傍でインピーダンスマッチングし、アンテナ利得の周波数特性(Fig.2 の実線)からわかるように地上デジタル放送の帯域を 85%以上カバーし、放射パターンについては等方的なパターンが発現するように設計した。

シミュレーション結果に基づいて、このアンテナを試作してアンテナ特性を測定評価した。その結果、470、600、 710MHzの三点で放射パターンを測定し、どの周波数においても、8の字パターンと等方的なパターン組み合わせに よる典型的なダイポールアンテナ的な等方的指向性であることを確認した。また、アンテナ利得の周波数特性につい てはシミュレーションと実測値がおおむね一致し、目標帯域の100%をカバーした。また 600MHzの時、-0.31dBiとい う良好なアンテナ利得が確認された。



Fig.1 Structure of antenna.



Fig.2 Frequency characteristics of antenna gain.

# MI グラジオメータ用アクティブ磁気シールドの開発

# 滝谷貴史、内山剛 (名古屋大学) Development of active magnetic shielding for MI gradiometer T. Takiya, T. Uchiyama (Nagoya Univ.)

## <u>はじめに</u>

近年、生体磁気(10<sup>-12</sup>Tオーダ)検知を可能とする超高感度磁気センサの研究が盛んに行われている<sup>1)</sup>。微小 磁気検出では、環境外乱磁界の影響を抑制する必要があり、磁気シールドルームの使用が一般的である。し かし、検出する磁界が小さいほど高い磁界遮蔽率が要求され、磁気シールドの大きさは検知対象物の大きさ に依存するため、装置の大型化および設置費の高騰が懸念される。我々が開発している MI センサは、磁界 検出分解能が良く、地磁気下で安定動作することから差動出力(MI グラジオメータ)を構成し、空間的に一様 な外乱磁界の影響を抑制可能である<sup>2)</sup>。理想的な MI グラジオメータは、検出および参照用 MI 素子の磁界検 出特性が一致しているが、実際には両素子の特性を完全に一致させることは困難であり、両素子の出力差が ノイズとして出力される。本研究では、検出および参照用 MI 素子に共通に印加される磁界(コモンモード磁 界)を、フィードバックコイルを介してセンサヘッドに負帰還させるアクティブ磁気シールドを試作した。

### <u>実験方法</u>

MI グラジオメータ用アクティブ磁気シールドは、MI グラジオ メータの参照用 MI 素子の出力電圧(*E<sub>ref</sub>*)を電流に変換し、直径 25 mm、長さ 80 mm のフィードバックコイル(ソレノイドコイル)に通 電し、コモンモード磁界と逆相の磁界を発生させる(Fig.1)。本研 究では、ヘルムホルツコイル(直径 400 mm, コイル間距離 200 mm) を用いて交流のコモンモード磁界を印加した場合の MI グラジオ メータの参照用 MI 素子出力(*B<sub>ref</sub>*)とフィードバックコイル内に発 生した磁界(*B<sub>coil</sub>*)を比較した。フィードバックコイル内の磁界は、 市販のフラックスゲートセンサ(Fluxmaster, Stefan Mayer Instruments)を用いて測定した。



Fig.2(a),(b)はヘルムホルツコイルを用いて振幅 1µT、10 Hz のコ モンモード磁界を印加した時の *B<sub>ref</sub> と B<sub>coil</sub>*の比較である。*B<sub>ref</sub> と <i>B<sub>coil</sub>* は、振幅 1µT で一致し、位相は反転した。この場合、フィー ドバックコイル内の磁場勾配は一定となり、検出および参照用 MI 素子に共通に印加される磁界が除去可能である。この結果、 Fig.2(c)に示すように、従来のグラジオメータでは検出対象の微小 磁気信号(振幅 5nT,3Hz)にコモンモード磁界(振幅 70nT,20Hz)が重 畳されていたが、アクティブ磁気シールドを用いることによって 目標信号を明白に検知可能である。

#### <u>参考文献</u>

- 1) T. Kobayashi: IEEJ Journal, Vol.136 No.1, pp8-9, 2016
- T. Takiya, T. Uchiyama, H. Aoyama: J. Magn. Soc. Jpn., 40, pp51-55, 2016







Fig.2. (a) Output of the reference-type MI element  $B_{ref}$ . (b) Magnetic field in a feed-back coil  $B_{coil}$ . (c) Microscopic magnetic signal in the common-mode field

# 高分解能 AD コンバーターTAD を用いたデジタル差分型

MI グラジオメータ

史 柯、滝谷 貴史、\*渡辺 高元、内山 剛 (名古屋大学、\*株式会社デンソー)

MI sensor based on Time Analog to Digital converter (TAD) for Gradiometer Shi Ke , T. TAKIYA, \*T. Watanabe, T. Uchiyama (Nagoya Univ. , \*DENSO CORPORATION)

#### はじめに

近年、ウェアラブルコンピューティングを構成するためにセンシングシステムはより重要 になり、高性能化、集積化が進んでいる。本研究では、従来パルスを生成するため基板上に 配置されていたCMOS IC・抵抗・キャパシタを省き、TADとFPGAで動作するデジタル型MIグラ ジオメータを構成した。TADはオールデジタル構成のため、回路の高度集積化が可能である。

## 実験方法

TADによって構築したMIセンサをヘルム ホルツコイル(直径40cm)に配置し、0.25 µ Tから6.7μTの直流磁界を印加した場合の 直流磁界感度を測定する。直流磁界感度が 同程度の一組のMIセンサを用いてグラジオ メータを構成する。

#### 実験結果

Fig.1はTADによって構成したグラジオ メータの原理図である。FPGAはTAD とMIセンサのパルスを生成し、MIセ ンサの出力は直接TADに入力され、 TADがセンサの出力をAD変換して、 5 信号をFAGAへ送信する。 OUTPL

Fig.2はMIセンサおよびグラジ オメータの出力である。(a) はセン サをヘルムホルツコイルに置き、 同じ直流磁界を測定した。(b)はセ ンサ1とセンサ2の出力の差分を示 す。差分出力が一様磁界に対して 変化しないようにデジタル補正を 行った後、勾配磁界検出特性を評価 する予定である。



#### 参考文献

[1]T. Uchiyama, K. Mohri, Life Fellow, IEEE, Y. Honkura, and L. V. Panina, "Recent Advances of Pico-Tesla Resolution Magneto-Impedance Sensor Based on Amorphous Wire CMOS IC MI Sensor," IEEE Trans. Magn., vol. 48, no.11, pp. 3833-3839, Nov. 2012. [2] 渡辺高元、山内重徳、寺澤智仁、"デジタル式センサを可能とする時間分解能 型オールデジタル" デンソーテクニカルレビュー Vol. 17 2012.

DIFFERENCE[LSB]

# 薄型高感度金属異物検出機の開発

岡部俊亮, 笹田一郎, 加呂光 (九州大学) Development of a planar type high sensitivity metallic contamination detector

### S. Okabe, I. Sasada and H. Karo

(Kyushu Univ)

## はじめに

食品や飲料, 医薬品などの産業では, 生産過程で製品に金属異物が混入するのを防ぐために金属検出機が 広く使用されている. 我々は, 高感度な金属異物検出のために, 設置の容易性を考えて, 軸方向に薄い矩形 ソレノイド励磁コイル内で, その励磁磁界と直交する方向に配置される磁気コア付の扁平ソレノイド検出コ イルを用いる方法を検討している. 本稿では磁気コアに高周波特性に優れたアモルファス磁性リボンを用い て微小金属球を対象として検出性能を調べた結果を報告する.

#### 実験方法

提案するコイル構造を Fig.1 に示している. 励磁磁界の方向と検出コイルの感度軸方向は直交するように配置している. 励磁コイルには一辺 15cm, 6 ターンの正方形コイルを使用している. 検出コイルには 10 mm 離れた 2 箇所に各 20 ターンの巻き線がありそれらを差動結合したものを用いている. 検出コイル断面は高さ 1cm, 幅 2cm である. 磁性コアには長さ 50mm, 幅 3mm のアモルファス磁性リボンを 15 枚, 両面テープで 貼り合わせたものを使用しており, 渦電流が生じにくくなるよう幅方向が励磁磁界の方向と平行になるよう 配置されている. 励磁周波数を 1013kHz, 励磁電流は実効値で 2.0A として励磁磁界を発生させた. 鉄球と SUS 球を検出コイルの上端面から高さ 5mm の上空で, 1 つの磁気コアの真上を通過させて検出した. 誘起 電圧はかけ算器によって 100 Hz にダウンコンバートし, 非平衡電圧分をディジタル的に除去した後, 同期検 波を行い, 検出波形を得た.

#### 実験結果

提案するコイル構造で実験を行ったところ,鉄球は直径 0.4mm, SUS 球は直径 1.0mm を検出することがで きた. Fig.2 に直径 0.4mm の鉄球を検出したときの波形を示す. 2.7 秒付近に検出信号が現れている.鉄球, SUS 球ともに十分な検出感度が得られることを確認した.



Fig.1 Schematic diagram of the proposed metallic contaminant detection coils.



Fig.2 Output signal detecting a steel ball of 0.4 mm diameter.

# 基本波型直交フラックスゲートグラディオメータを用いた磁気微粒子検出

加呂光, 笹田一郎 (九州大学)

Magnetic nanoparticle detection system by using fundamental mode orthogonal fluxgate gradiometer

H. Karo, I. Sasada

(Kyushu Univ.)

#### 1 はじめに

センチネルリンパ節の検出のために MRI の造影剤として用いられる磁気微粒子分散液を乳がん近くに注射して,その集積場所を調べるためのセンサが検討されている<sup>1)</sup>.磁気微粒子の発する微弱な磁界を測定する為には,高感度で空間分解能の高い磁界センサが必要である.本研究では,マグネトメータを組み込んだ低雑音な基本波型直交フラックス ゲート (FM-OFG) グラディオメータ<sup>2)3)</sup> に交流励磁コイルを組み合わせた磁気微粒子検出器を試作し,これの性能評価をおこなった.

#### 2 検出器の構成

試作した磁気微粒子検出器の構成を Fig. 1 に示す.FM-OFG は磁 性ワイヤコアとコアの周囲に巻かれた検出コイルで構成したセンサ ヘッドおよび,駆動回路からなる.磁性コアの励磁には,交流電流と これの振幅より大きな直流バイアス電流を通電する.検出コイルに現 れる誘起電圧は,増幅,同期検波後に誤差増幅器に入り,入力磁界を 打ち消すように帰還抵抗を介して検出コイルに負帰還電流を流す.セ ンサの感度はコイルの巻線密度と帰還抵抗の比により決まる.1つの 磁性コアに2つの検出コイルを施したセンサヘッドを2つ用意し,1 組の検出コイルのペアを差動接続にすることでグラディオメータを 構成した.また,残った検出コイルのペアを順接続にしマグネトメー タを構成した.マグネトメータは磁性微粒子の信号測定に用いない が,磁性コアに重ねて巻かれたマグネトメータ用検出コイルに負帰 還電流を流す事で,励磁磁界でコアが飽和しないようにしている.直 径 30 mm,長さ7 mmの円形励磁コイルに 6A・ターンの正弦波電流

(100 Hz)を通電することで,対象微粒子を磁化し,微粒子が発する磁界をベースライン 12 mm のマグネトメータを組 み込んだグラディオメータで測定する.ここで,コイルの作る磁界はコイル中心で 250 µT,中心から 15 mm 離れた軸 上で 88 µT である.グラディオメータ出力は励磁電流と同じ周波数で同期検波する.ここで平滑用のローパスフィルタ のカットオフ周波数は 1 Hz とした.グラディオメータには非平衡性があるので,そのままではキャンセルしきれない 励磁の 100 Hz 成分の影響が大きく,増幅率を高くできないが,励磁コイルの調整によりこれを大幅に改善する事がで きる.無調整時と調整時で不平衡誘起電圧は 1/28 まで抑制できる.本実験では最適な調整条件にて磁性微粒子の検出 実験をおこなった.

Fig. 1

#### 3 実験方法・結果

測定対象の磁性微粒子のサンプルとして 5µL のレゾビスト ® を 用いて,試作した磁気微粒子検出用プロープの振幅距離特性を評価 した.グラディオメータに用いた片側のセンサヘッド先端から任意距 離だけ離したセンサ軸延長線上にサンプルを置き,他方のセンサヘッ ド軸上間とを往復させることで,磁化した磁性微粒子の信号を測定し た.Fig.2 に 10 mm および,14 mm の位置にサンプルを置き測定し た出力波形を示す.地磁気の3倍以下という小さな励磁磁界で磁化し た磁気微粒子が発生する磁界を検出できている.

#### 謝辞

レゾビスト ® サンプルを提供頂きました東京大学 関野正樹准教授および ポスドクの金子美樹さんに謝意を表します.

#### References

- 1) 大橋開智他, 電気学会研究会資料, MAG-16-12, (2016).
- 2) I. Sasada, J. Appl. Phys., 91, No.10, p.7789, (2002).
- 3) I. Sasada and S. Harada, IEEE Trans. Magn., 50, No.11, (2014).



**Fig. 2** Waveforms showing the detection capability. The sample is  $5 \mu L$  Resovist®. The distance from the top of the sensor heads are 10 mm (left) and 14 mm (right).



nanoparticle detection system.

Block diagram of the magnetic