



第2章 アモルファス材料の MI 効果を利用した方位センサ

ワンチップ電子コンパス IC の 概要と使い方

本蔵 義信/森 正樹/青山 均
Yoshinobu Honkura/Masaki Mori/Hitoshi Aoyama

電子コンパスは、地磁気を検知して方位を求めるセンサです。アイチ・マイクロ・インテリジェント(株)のワンチップ電子コンパス IC AMI201(写真1)は、新しい磁気検出原理である **MI 効果** を応用したもので、センサ素子にアモルファス材料を使っています。 **1 mG の微小磁界を検知** できる高感度であり、世界最小サイズで携帯端末を初めとするモバイル機器の方位センサに最適です。

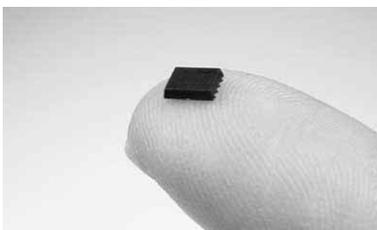
本項では、まず MI センサの原理を説明し、次に AMI201 について説明します。

MI センサとは

● アモルファス磁性金属ワイヤと MI 効果

MI センサは、アモルファス磁性金属ワイヤの MI 効果 (Magneto-Impedance effect) を応用した磁気センサです。アモルファスとは「非晶質」という意味で、通常の金属とは異なって結晶構造をもたず、内部構造が一様で理想的な軟磁気特性を示します。このため夢の合金といわれてきました。

MI 効果は、アモルファス・ワイヤにパルス電流を通电したときのインピーダンスが、微小な外部磁界によって極めて大きな変化を示す現象です。この効果は、



〈写真1〉ワンチップ電子コンパス IC AMI201
[アイチ・マイクロ・インテリジェント(株)]

1993年に名古屋大学の毛利 佳年雄教授によって発見され、磁気センサ・システムを一新する可能性を秘めており、国際的に広く研究開発が展開されています。

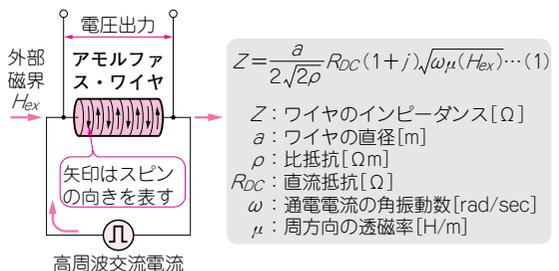
● MI センサの動作原理

パルス電流を通电したときのアモルファス・ワイヤのインピーダンス Z は、図1の式(1)で示されます。透磁率 μ は軸方向の外部磁界 H_{ex} によって変化するので、 Z の変化から外部磁界の強さを検知できます。MI 効果がアモルファス・ワイヤできわめて顕著に現れる理由は、**ワイヤ表面のスピンの配列が円周方向に並んでいるという特殊な磁区構造**にあります。このため**円周方向の透磁率 μ が最も大きく変化して MI 効果も最大**となります。

ワイヤのインピーダンスそのものは、外部磁界の極性に対して対称に変化するため、磁界の方向の判別ができず、しかも直線出力を得にくいという欠点があります。そこでアモルファス・ワイヤにピックアップ・コイルを巻いて誘導電圧を検知すると、式の虚数成分だけを検知することになり、**出力特性は直線的になり、磁界の方向の正負判定も可能**となります。

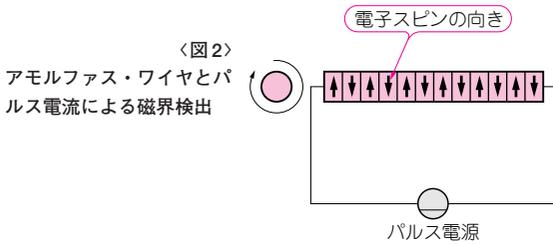
この検出方式の概念を図2に示します。図(a)のようにワイヤへの通电前に円周方向に向いていた電子ス

〈図1〉パルス電流を通电したときのアモルファス・ワイヤのインピーダンス Z

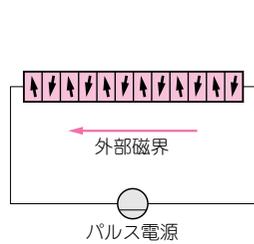


Keywords

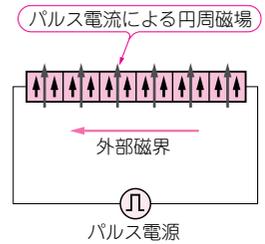
AMI201, MI 効果, 磁気インピーダンス, アモルファス・ワイヤ, ピックアップ検出方式, MI センサ, 地磁気, USB232/876 ボード, PIC16F876, 偏角, ゲイン補正, オフセット調整, ヘディング・アップ機能。



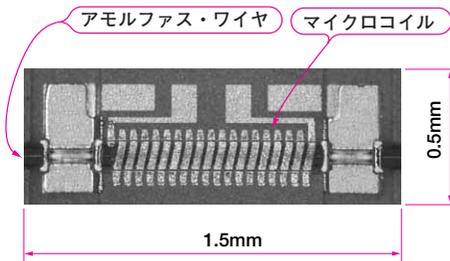
(a) 外部磁界およびパルス電流なし



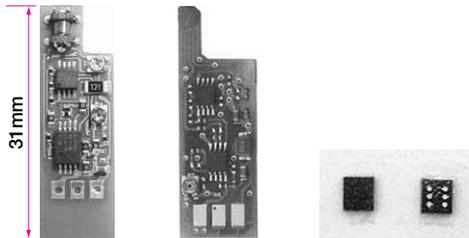
(b) 外部磁界あり, パルス電流なし



(c) 外部磁界とパルス電流あり



〈写真2〉 MI センサ素子の拡大写真



(a) 高リニアリティタイプ (b) 高速応答タイプ (c) ICタイプ (3.1 × 3.4 × 0.8mm)

〈写真3〉 実際の MI センサ

ピンが、外部磁界を加えることにより図(b)のように傾きます。そこへパルス電流を通電すると、電流の作る円周磁界により電子スピンの向きが図(c)のように一方向にそろいます。この回転の際に生じる、ワイヤの軸方向の磁気ベクトル変化の速度に比例した誘起電圧が、ピックアップ・コイルに発生します。現在商品化されているアモルファス MI センサは、この「**ピックアップ検出方式**」を採用しています。

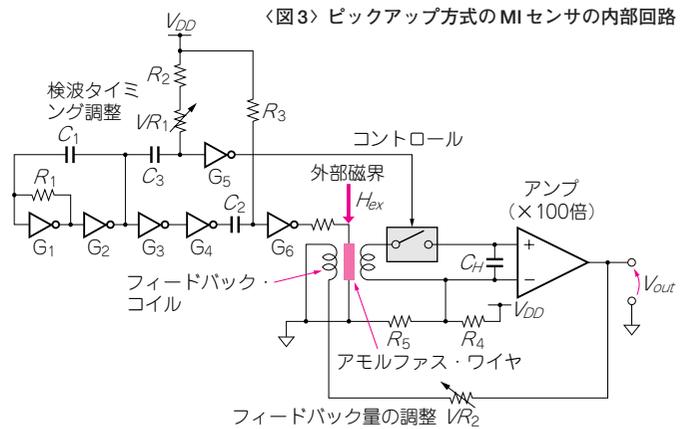
● MI センサ素子の構造

センサ素子はアモルファス・ワイヤの回りに、ピックアップ・コイルを巻いた構造です。素子の一例を写真2に示します。外径 $20\ \mu\text{m}$ 、長さ $1.5\ \text{mm}$ のアモルファス・ワイヤの周りにコイルが巻かれています。

● MI センサの回路

図3は MI センサの内部回路の例です。パルス発振回路、アモルファス・ワイヤとピックアップ・コイル、および信号処理回路から構成されています。

発振回路でパルス電流を発生させ、アモルファス・ワイヤに通電します。このときピックアップ・コイルに発生する誘起電圧は、外部磁界の強さに比例するの



〈図3〉 ピックアップ方式の MI センサの内部回路

で、その電圧をピーク・ホールドした後、差動アンプで増幅して出力すると、磁界を測定できます。

● MI センサの種類

現在、写真3に示すような基板タイプと IC タイプの製品があります。

基板タイプは、出力信号を MI センサへフィードバック・コイルで負帰還することで $10\ \text{kHz}$ の周波数領域まで精密に測定が可能な高リニアリティタイプと、負帰還をもたず $100\ \text{kHz}$ の高い周波数特性をもつ高速タイプがあります。測定レンジは、 $\pm 3\ \text{G}$ 、 $\pm 10\ \text{G}$ 、 $\pm 20\ \text{G}$ 、 $\pm 40\ \text{G}$ などが用意されています。

IC タイプは、本稿で紹介するワンチップ電子コンパス IC の AMI201 として発売されています。

● 各種磁気センサと MI センサの比較

現在使用されている磁気センサは、構造・性能が多岐にわたります。ポピュラーで安価な「**ホール素子**」や、HDD のヘッドやエンコーダに使用される「**MR 素子**」がよく知られた小型センサです。磁気ヘッド用としては最近、GMR センサが開発されています。これらのセンサを MI センサと比較すると表1のようになります。

MI センサは感度がホール・センサの1万倍以上優れ、量産性、コスト、小型の点では同等のセンサです。