新しい磁気バーコードの試み

Trial Use of New Magnetic Bar Code

笹田一郎・渡邊直幸

九州大学工学部電子工学科, 福岡市東区箱崎 6-10-1 (〒812-81)

I. Sasada and N. Watanabe

Dept. of Electronics, Kyushu Univ., 10-1 Hakozaki 6-chome, Higashi-ku, Fukuoka 812-81

A new magnetic bar code system is proposed, in which information is coded in a series of anisotropic permeabilities introduced by, for example, slightly canted magnetic strips. The principal direction of anisotropy with respect to a given direction as a reference can be coded as 1 or 0. This principal direction is detected inductively by using cross-coupled figure-of-eight coils, in which the sign of the mutual inductance changes according to the sign of the angle between the principal direction and the given direction. The readout is not affected by the scanning speed in this system.

Key words: magnetic bar code, magnetic head, speed-independent readout, cross-coupled figure-of-eight coils

1. ま え が き

近年, 物流や事務処理の分野において, バーコードシステムは広く普及し, その情報化にとって不可欠なものとなっている¹⁾. 中でも, 光を用いてバーコード検出を行う光方式バーコードシステムは, 最も一般的なものであるが, 汚れに弱いという欠点をもつ. 読み取りに磁気を用いる磁気バーコードシステムは, 情報の密度は光方式に劣るけれども, 汚染環境下においても使用でき, また視覚から情報をかくすこともできる.

本論文では, 直交 8 の字コイル対を用いた検出素子を読み取り部としている誘導磁界を利用した新しい磁気バーコードシステムを提案し, その読み取り特性についての実験の結果を述べる. 本磁気バーコードシステムは, バーコード幅の大小に対応する従来の磁気バーコードシステム²⁾とは異なり, 透磁率の異方性に対応したバーコードであるため, スキャンスピードとは無関係にバーコードを読み取れるという利点をもつ. このシステムにおいて, 情報の密度を上げるための試みをいくつか示し, その結果についても述べる.

2. バーコード検出の原理

Fig. 1 に直交 8 の字コイル対を用いる磁気バーコードシステムのバーコード検出原理を示す. 上の矩形 8 の字コイルが励磁コイルで, これに交流電流を通ずると, バーコードの一つの要素である磁性体ストリップに沿うように磁束が曲げられる. 磁性体ストリップが存在しないときは垂直方向のみに発生していた磁束が, この傾いた磁性体ストリップにより水平方向にも磁束成分をもつようになる. この水平方向の磁束成分

Fig. 1 Operating principle. The pickup coil is placed directly on the excitation coil.

が, 真上に重ねられる検出コイルに鎖交して誘導起電力を生じる. このとき磁性体ストリップの正負の傾きに対応して鎖交磁束の向きが異なるため, 正負の傾きをバーコードの 1, 0 に対応づけることができる. また, フェライトの磁心を組み合わせることによって感度を高めることができる³⁾.

3. 検出素子およびバーコード

検出素子の構造を Fig. 2 に示す. 情報密度と深く関わる横幅の大きさの異なる三つの検出素子を用意した. 各々の検出素子の大きさは, Table 1 に示すとおりであり, Mn-Zn フェライトに加工した十字溝にコイルを埋め込んで用いる.

バーコードは, 透磁率に異方性を与える Fig. 3 のようなものが考えられる. (a) と (b) および (c) と (d) は, それぞれ原理的には同じであるが, (b), (d) は背景に交流磁界に対し逆の性質の材料をおくことで, 異方性の効果を上げることができる. さらに, バーコード自身の配置密度向上ということから, (e) のような

Fig. 2 Structure of the magnetic head. The excitation coil (#1) and pickup coil (#2) are installed in the grooves shown.

Table 1 Sizes of the magnetic heads and numbers of turns of coils

Head	X (mm)	Y (mm)	D (mm)	W (mm)	# of turns of coils
1	6.5	6.5	6.0	1.5	10
2	3.0	6.5	3.0	1.5	10
3	1.5	3.0	3.0	0.3	8

Fig. 3 Various types of magnetic bar codes.

パターンが考えられ、スキャン方向に投影したエレメントの幅を小さくできる。

本実験では、磁性体として Metglas 2075M アモルファス磁

Fig. 4 A method of scanning (not to scale).

Fig. 5 Schematic diagram of the detection circuit.

性薄帯、導電体として銅箔を用いた。

4. 測定方法

Fig. 4 に示すように、検出素子はバーコード表面からわずかなギャップをもうけて配置され、X-Y ステージを用いてバーコード上をスキャンするようにした。測定条件は、励磁周波数 100 kHz、励磁電流 100 mA とした。このとき、検出コイルに誘起される電圧をロックインアンプで同期整流し出力を得た。検出回路の構成を Fig. 5 に示す。

5. 実験結果

5.1 リフトオフ特性

検出素子とバーコード表面の距離（これをリフトオフと呼ぶ）が変化したときの出力変化を示したものが Fig. 6 である。使用した素子は Table 1 の Head 1、バーコードは Fig. 3 の (d) のタイプで、10 μ m 厚銅箔に傾き 45° の 0.3 mm $\times$ 5.0 mm スリットをあげ、22 μ m 厚アモルファスに貼り付けたものである。リフトオフ 0.6 mm のときの出力ピーク値は、0.2 mm のそれに比べ約 1/3.6 になった。以下の実験では、リフトオフを 0.2 mm とした。

5.2 角度特性

Head 1~3 に対して、バーコードの角度を変化させながら得られる出力のピーク値を測定し、まとめたものが Fig. 7 である。得られる出力の大きさが検出素子により異なるので、各々の最大出力電圧で正規化した値でプロットしている。これより、検出素子の X の値（スキャンする方向の検出素子の厚み）を小さくすると、最大出力電圧を得る垂直軸からのバーコードの角度 (Fig. 1 参照) が小さくなり、バーコードの配置密度を高くできることがわかる。

Fig. 6 Output voltage waveform for a bar code, taking lift-off as a parameter.

Fig. 7 Dependence of the peak value of the output voltage on the angle of tilt.

5.3 高出力化

交流磁界に対して、導電体は磁性体と逆の性質を持つ。すなわち、導電体は交流磁束を通しにくく、反磁性的に振舞う。このことを利用して磁束を集中させ、透磁率の異方性を高めると、バーコード検出の出力を上げることができる。このことを示すために、バーコードとして、銅箔にスリットをあけたタイプ(c)と、その銅箔をアモルファス磁性薄帯に貼り付けたタイプ(d)の二つのものに対して測定を行い、比較した結果が Fig. 8 である。ここでは Head 1 を使用した。この実験では (d) の出力が (c) の約 3.6 倍になった。これより、磁性体、導電体を組み合わせることで高出力化がはかれることがわかる。

5.4 バーコードの高密度化

垂直軸からのバーコードの傾きを小さくすれば、情報の密度

Fig. 8 Output voltage waveforms for two different bar codes: one consisting of slits in a copper film (Type c) and one with a magnetic back layer made of a thin amorphous ribbon (Type d).

Fig. 9 A type of magnetic bar code (e) consisting of $30\ \mu\text{m}\phi$ amorphous wires tilted at 45° .

Fig. 10 Output voltage waveform for a bar code.

Fig. 11 Area yielding an output voltage, including tails.

Fig. 12 Output voltage waveform for a magnetic bar code pair in an anti-parallel combination.

Fig. 13 Output voltage waveform for a magnetic bar code pair in a parallel combination.

を高くできることは5.2よりわかったが、その傾きにも限界がある。そこで、バーコードとして、Fig. 9 に示すようなものを

製作した。ここでは $30\mu\text{m}\phi$ アモルファスワイヤー 18 本が、 45° 傾けて平行におかれている。このバーコードのアモルファス占有率（アモルファスの占める割合）は、約 4% であった。このバーコードが検出素子 Head 3 でスキャンされて得られた結果が Fig. 10 である。これより、バーコードが影響する範囲は Fig. 11 に示すようなバーコード中心から両側に約 1 mm ずつ、つまり約 2 mm の範囲であることがわかる。隣接するバーコードの組み合わせにおいて、Anti-parallel の方は極性が反転するため識別は容易であるが、Parallel の方が高密度化に対しては注意を要する。次に、このバーコードと Head 3 の組み合わせでは、2 mm のスペースを置けばよいことを確認するために、2 通りのバーコードの組み合わせに対し測定を行った。結果を Fig. 12, Fig. 13 に示す。これより、Head 3 によるスキャンにおいて、このバーコードは 2 mm の間隔をもうけて配置すれば、バーコード検出が可能であることがわかる。

6. あとがき

誘導磁界を用いた新しい磁気バーコードシステムを提案し、そのバーコード検出の実験を行った。情報密度の向上という点から、検出素子の横幅を小さくした。これより、バーコードの垂直から傾ける角度を小さくできたのだが、これには限界があった。そこで、高密度化に適するアモルファスワイヤーを用いたバーコードの製作を行った。その検出素子およびバーコードを用いて実験を行った結果、バーコード幅 1 mm に対し検出幅 2 mm まで小さくすることができた。また、高出力化の点においても、磁性体と導電体を組み合わせることにより、約 3.6 倍の出力向上がなされた。

文 献

- 1) 浅野, 深田: これからのバーコードシステム, 工業調査会 (1992).
- 2) H. Okabe and H. Wakaumi: *IEEE Trans. Magn.*, **26**, 1575 (1990).
- 3) 古賀, 笹田: 第 47 回電気関係学会九州支部連合大会講演論文集, 熊本, 1994, p. 520 (電気関係学会九州支部連合会, 福岡, 1994).
- 4) I. Sasada and N. Watanabe: *IEEE Trans. Magn.*, **31**, 3149 (1995).

1995 年 10 月 16 日受理, 1995 年 11 月 22 日採録