

氏 名	伊 藤 清 男
授 与 学 位	工 学 博 士
学位授与年月日	昭和51年11月11日
学位授与の根拠法規	学位規則第5条第2項
最 終 学 歴	昭和38年3月 東北大学工学部電子工学科卒業
学 位 論 文 題 目	磁性線の一時的記憶装置への応用
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 津屋 昇 東北大学教授 岩崎 俊一 東北大学教授 穴山 武 東北大学教授 高橋 実

論 文 内 容 要 旨

序

電子計算機における高速一時記憶の役割は近年ますます重要になりつつある。従来この分野で用いられている磁心を用いた一時記憶装置は動作速度が遅いなどの欠点があった。本研究では、本質的に高速動作が可能なNDRO，ユニポーラ駆動用磁性線を，一時記憶装置に用いる目的で研究を行い，実用化に必要な安定な記憶動作を保証するためのスイッチング特性，およびその記憶特性などの関連を研究し，磁性線を応用した一時記憶装置の設計法を確立した。

第1章

従来の磁性線記憶は妨害磁界に弱く，高速動作に適さない。すなわち従来使われていたパーマロイ1層の磁性線では，異方性磁界 H_K と抗磁力 H_C が小さいために，図1に示すように，ディジ

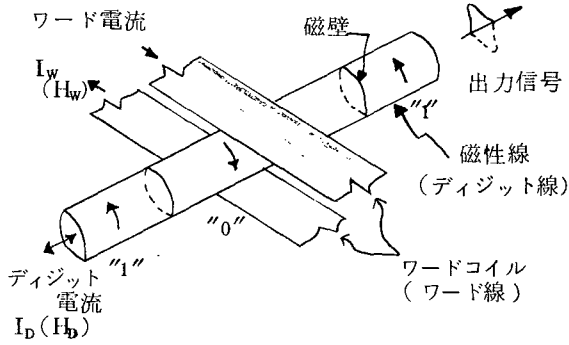


図1 磁性線記憶の原理

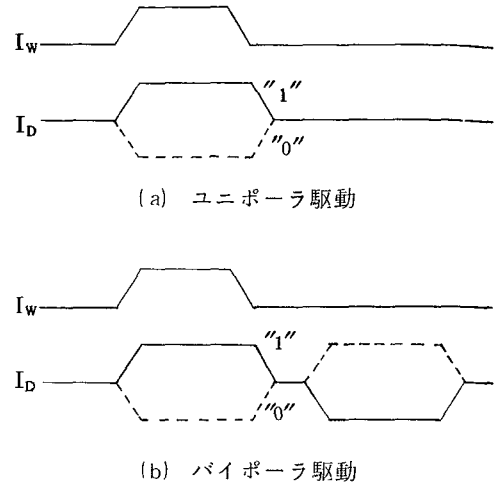


図2 書きこみ時の駆動方式

ット線に小さな信号出力電圧しか得られない。また磁壁クリープが生じ、記憶動作が不安定になりやすいので、図2に示す磁壁クリープの影響が少ない低速なバイポーラ駆動しか使えないという難点がある。本研究の一時記憶装置には、 $0.1\text{ mm}\phi$ 中程度の銀銅合金線に、 H_k と H_c を高める目的で、Co-Ni合金とパーマロイを交互に4層に電着した図3のような複合磁性線が、高速に適したNDRO, ユニポーラ駆動用記憶素子として好適である。すなわち本複合磁性線では、Co-Ni合金とパーマロイの交換相互作用により、スイッチング特性が、図4に示すように、困難軸方向に伸びた星形となる。したがって困難軸方向磁界 H_w を大きくすることができ、大きな信号出力

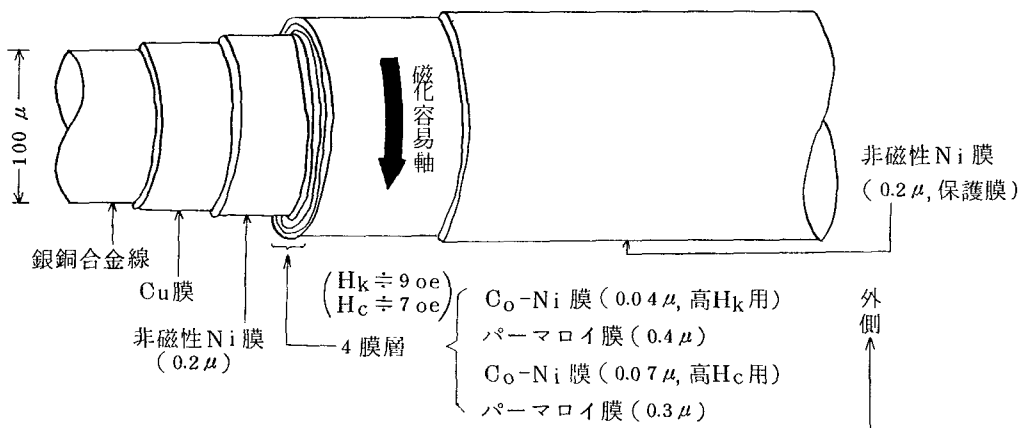


図3 複合磁性線の構造

電圧が得られると同時に、 H_c が高いため、磁壁クリープが起りにくいなどの特長がある。これらの理由から本複合磁性線は、本質的に高速なユニポーラ駆動が可能であると考えられるので、本研究では、これの応用として高速一時記憶装置に対する基礎的研究を行った。

第 2 章

上述した複合磁性線の NDRO, ユニポーラ駆動におけるスイッチング特性を明らかにする目的で以下に述べる各種の実験を行った。すなわち円周方向に磁化した部分に、これと逆方向および軸方向のそれぞれに、単独, 同時, および交互にパルス磁界を加えた場合の出力信号特性

を、各種のパルス磁界の強度と印加回数の関数として観測し、スイッチングの全貌を明らかにした。すなわち使用状態を観測できる図 5 に示す測定治具に挿入した磁性線とワードコイルの交点近傍の素領域（以後セルと称す）に、使用状態で起りうる動作状態に対応した図 6 および表 1 に示す各種のパルス磁界を印加した。この磁界により、両隣接セルと着目セルの情報“1”, “0”に対応した磁化の向きを、図 1 に示すように、逆にした後で、着目セルの磁化領域を狭める向き

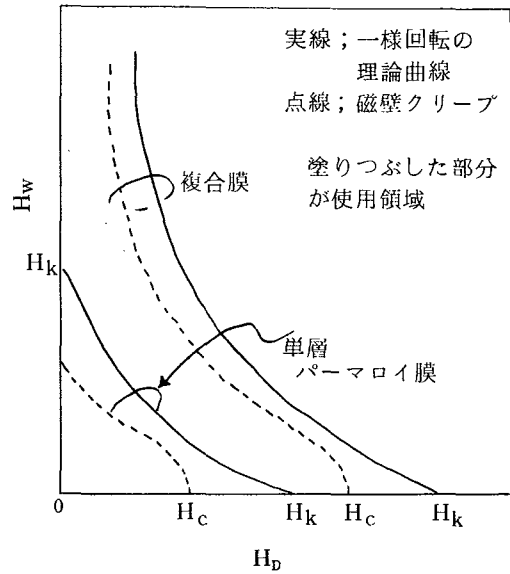


図 4 単層パーマロイ膜と複合膜の星形曲線

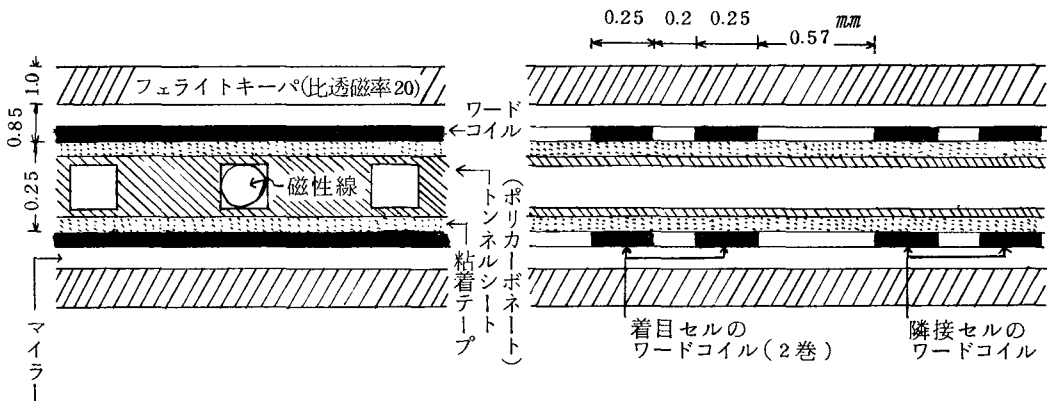


図 5 測定治具

($I_D = 100 \text{ mA}$, $I_w = 400 \text{ mA}$ はそれぞれ $H_D = 40 \text{ Oe}$, $H_w = 80 \text{ Oe}$ に相当)

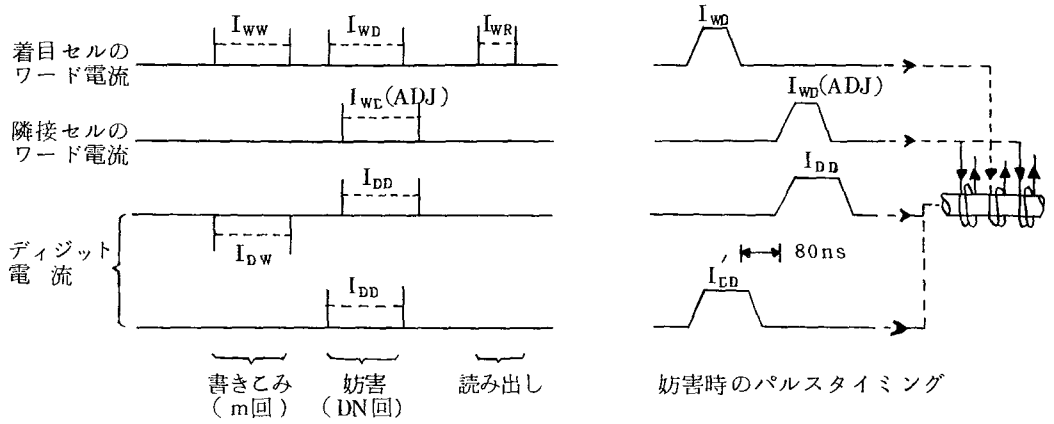


図 6 パルス磁界印加法

表 1 妨害時の電流印加法と記憶の関係

電流印加法	記憶との関係	パルスパターンとの関係
I_D 単独	I_D 妨害	$I_{WD} = I_{WD(ADJ)} = 0$ $I'_{DD} = 0$
I_W 単独	読み出し	$I_{WD(ADJ)} = 0$ $I_{DD} = I'_{DD} = 0$
I_D, I_W 同時	書きこみ	$DN=1, I_W(ADJ)=0$ $I_{DD} = 0$
	クロール妨害	$I_{Wb(ADJ)} = I_{DD} = 0$
	隣接セル妨害	$I_{WD} = I'_{DD} = 0$
I_D, I_W 交互	交互妨害	$I_{WD(ADJ)} = I'_{DD} = 0$
その他	ミックス妨害 (I)	$I'_{DD} = 0$
	ミックス妨害 (II)	図 6 そのもの

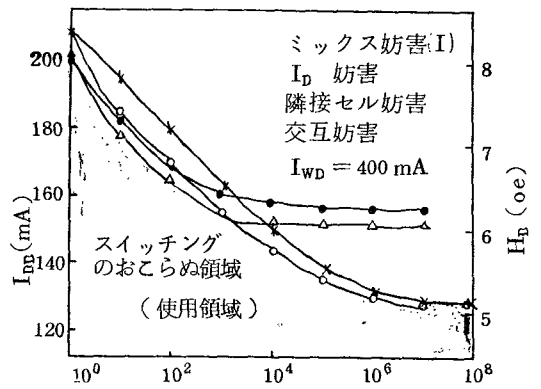


図 7 各種の電流印加法とスイッチング領域

に各種のパルス磁界を多数回加えて、着目セルのスイッチング特性を観測した。その結果、スイッチングの全特性を、図 7、8 に示すように、2 種の電流と印加回数で表現できた。

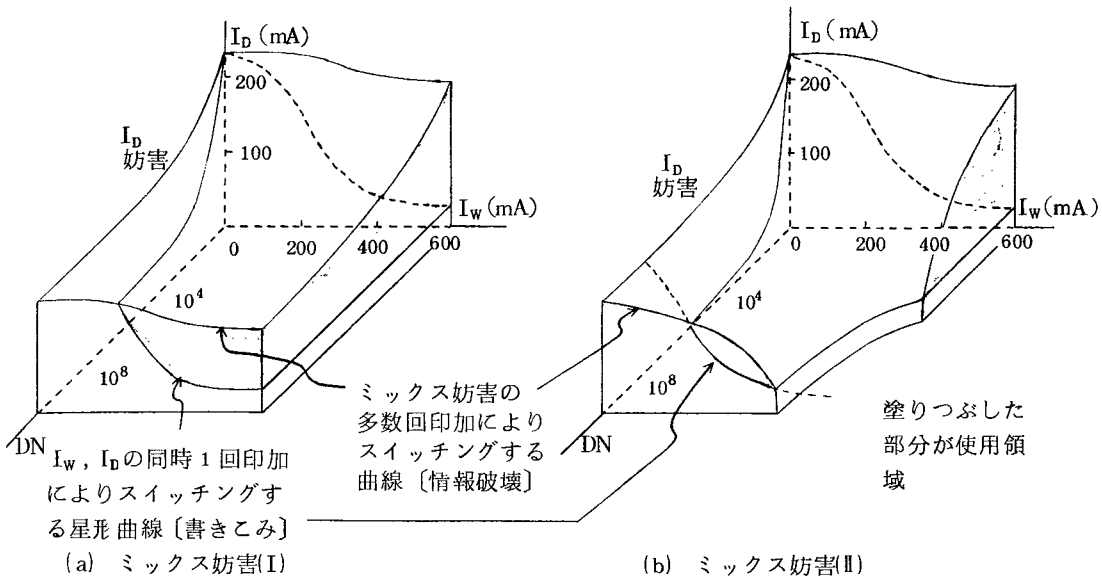


図8 スイッチング領域の3次元表示

第3章

情報の記憶および破壊に対応づけて、各種のパルス磁界のもとにおける磁化のスイッチング特性を詳しく研究した。すなわち情報の読み出し、書きこみ時に実際に起る状態の内、図6および表1において、交互に磁界が印加される場合に最も情報が破壊されやすく、これがユニポーラ駆動で問題とすべき交互妨害による情報破壊であることを見出した。すなわち着目セル内の一定の磁化方向をもつ領域が妨害パルス磁界の印加によって狭まる結果、読み出し(H_W 単独印加)時にデジタル線に現われる信号電圧が0になり、信号波形の極性で“1”、“0”を区別する本来の弁別がもはや不可能となるので情報が破壊される。さらに情報の読み出し、書きこみを安定に行うには、残留磁化の容易軸からの傾きを 1° 以下におさえる必要があり、このためには磁性線の磁歪定数を 4×10^{-7} 以下にする必要があることなどが明らかとなった。

第4章

交互妨害のもとにおける記憶特性の本質を明らかにするために、各種のパルス印加磁界のもとにおける磁化の動的な挙動をビッター法によって観測した。その結果、交互妨害による情報破壊は、着目セル内に逆磁区の芽が発生して、それが成長して起るのではなく、隣接セルとの境界に存在する磁壁のクリープであることを明らかにし、図9に示すごとき移動距離の H_D 依存性を見出した。この特性により、この磁壁クリープは、主として軸方向パルス磁界 H_W の強度と、磁性線の局所的な抗磁力の違いに深く関係する円周方向の書きこみ磁界 H_D の強度との両者に依存す

ることがわかる。そこで H_D を抗極力の最小値以下に選定すれば、長時間にわたって記憶の書きこみ、読み出し動作が安定に行えることが帰結でき、図10に示すように、安定な記憶動作を行える使用可能な領域が決定された。

第5章

上記磁性線の応用として、一時記憶装置を以下のように開発した。まず図5に示すフェライトキーパの比透磁率と出力信号特性、ならびに伝送線を形成する磁性線間の漏話特性との関係を研究し、比透磁率が20程度が最適であることを見出した。さらに磁性線の表皮効果によって誘起される余剰電圧などを検討し、信号対雑音比を大きくする諸条件を決定し、高密度一時記憶装置の設計法を見出した。これにもとづいて製作した記憶容量2048語×72ビットのNDRO、ユニポーラ駆動、磁性線記憶装置の動作特性を測定した結果、表2に示すようにサイクル時間160nsで上記設計法の通り安定に動作することを確認した。

結論

Co-Niとパーマロイを交互に4層に電着した複合磁性線を用いて、安定な記憶動作を保証するためのスイッチング特性および記憶特性などの関連を研究し、これを用いたNDRO、ユニポーラ駆動、一時記憶装置の設計法を確立した。

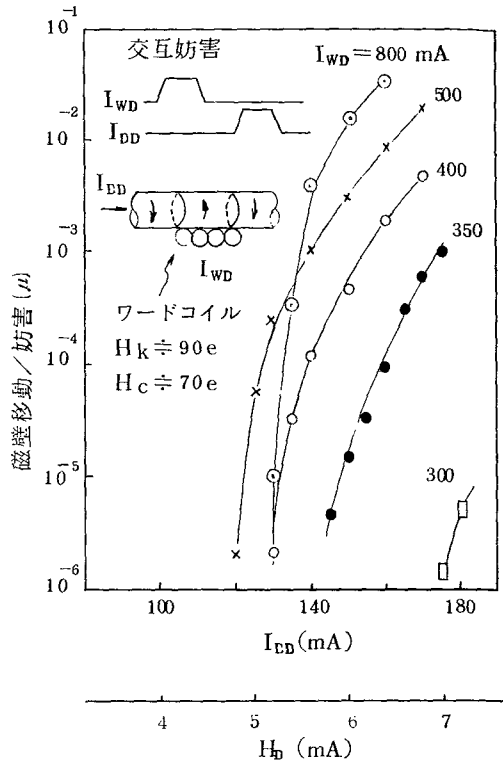


図9 交互妨害による磁壁クリープ

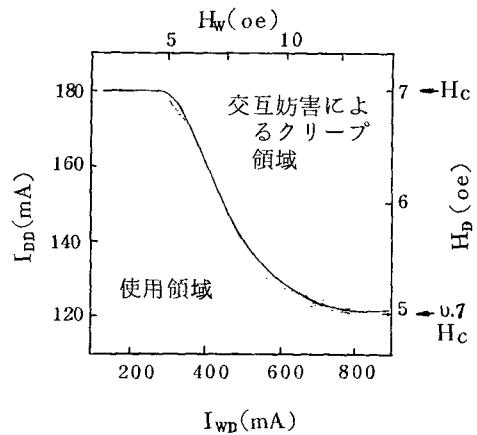


図10 交互妨害による磁壁クリープ領域

表2 記憶装置の性能

記憶容量	2048語×72ビット
速度	アクセス時間=110ns サイクル時間=160ns
消費電力	1.6mW/ビット

審査結果の要旨

電子計算機の高速一時記憶装置の重要性は近年ますます高まりつつある。従来の一時記憶装置には磁心が用いられており、その動作速度が遅いことなどの欠点がある。このため本研究では高速動作が可能な磁性線を応用した一時記憶装置に着目し、そのスイッチング特性および記憶特性などを解明し、これに基づいた設計法を明らかにしたもので、全文5章よりなる。

第1章は序論であり、従来の磁性線記憶装置の発展の経緯を述べるとともに、磁性線一時記憶装置には、コバルト・ニッケル合金とパーマロイを交互に4層に電着した素子が優れていることについて述べている。

第2章では、磁性線の各方向に単独、同時および交互にパルス磁界を加えた場合の出力信号特性を、各種のパルス磁界強度と印加回数との関数として観測し、スイッチング特性を明らかにした。

第3章では、情報の記憶および破壊に対応づけて、各種のパルス磁界のもとにおける磁化のスイッチング特性を詳しく研究している。ここでは先ず情報の読出し、書込み時に実際におこる状態のうち、交互に磁界が印加される場合に最も情報が破壊され易く、これが交互妨害の原因であることを明らかにした。さらに残留磁化の容易軸からの傾きを 1° 以下におさえれば、情報の読出し、書込み動作を安定に行うことができ、これを実現するには、磁性線の磁歪定数を 4×10^{-7} 以下にする必要があることなどを明らかにした。

第4章では、交互妨害のもとにおける記憶特性の安定性を明らかにするために、各種のパルス印加磁界のもとにおける磁化の動的な挙動をピッター法によって観察している。その結果、磁性線が交互妨害を受けると磁壁はクリープをおこし、この原因は主として軸方向パルス磁界の強度と磁性線の磁壁抗磁力の場所的変動との両者に依存することを見出した。これに基づいて、書き込み磁界を磁壁抗磁力の最小値以下に設定することにより、長時間にわたって記憶の書込み、読出し動作が安定に行えることを明らかにした。

第5章では、上記磁性線の下に装着するフェライトキーパと、磁性線間の漏話現象との関係、さらに磁性線の表皮効果によって誘起される余剰電圧などとの関係を検討し、信号対雑音比が大きい高密度の一時記憶装置の設計法を明らかにした。これに基づいて製造した記憶容量2048語×72ビットのNDROユニポーラ駆動磁性線一時記憶装置は、サイクル時間160nsで安定に動作する特性を有することを確認した。

以上要するに本論文は、磁性線のスイッチング特性を詳しく研究し、記憶および妨害特性への関連を明らかにして、磁性線一時記憶装置の設計法を確立したもので、電子工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。