

## 学位論文題名

## コンピュータ用磁気および光ディスク記憶装置高トラック密度化の研究

## 学位論文内容の要旨

コンピュータ用記憶装置技術の進展は目覚しく、記憶容量では過去20年で約4桁の進歩を遂げた。これらの装置は、磁気記録技術によるもの、光記録技術によるもの、半導体集積回路技術によるもの、それらの組み合わせによるもの、などにより大別できる。本論文は、これらのうち回転形記憶装置、すなわち、磁気ディスク装置、光ディスク装置、回転ヘッド形磁気テープ装置、に共通の高トラック密度化技術に関する研究結果について論ずるものである。

従来のこの種装置の大容量化の手法には、線密度を向上する方向と、トラック密度を向上する方向とがあり、過去20年でそれぞれ約2桁の向上が実現した。このうち、磁気ディスク装置/光ディスク装置などの回転円盤形記憶装置はコンピュータ用ランダムアクセス形記憶装置として発展し、テープ形記憶装置は主として映像記憶用シーケンシャル記録装置(VTR)として進歩を遂げてきたと言える。

本研究は、これらの記憶装置の高トラック密度化による大容量化を目標とし、磁気ディスク媒体に光ディスク成型技術を適用することにより最高トラック密度208トラック/mmを実現したPERM形磁気ディスク装置と、サンプルドサーボの導入によりトラックピッチ830トラック/mmを実現した書き換え形光ディスク装置と、固定ヘッドサーボライタの導入により実現したコンピュータ用幅走査回転ヘッド磁気テープ記憶装置について、各々その高トラック密度化を実現する要素技術を提案し、それぞれの効果を検証したものである。

第1章では、磁気ディスク装置、光ディスク装置、磁気テープ装置等に共通する位置決め技術について、その変位計測手段、位置決め駆動機構、駆動制御方式、に対する要求条件を各々明らかにする。すなわち、高トラック密度化時に特に重要なヘッド位置検出マーク形状と位置信号生成方法、ボイスコイル・モータの形態と高速化技術、偏心を伴ってクランプされる可換媒体のトラック位置決め技術、を論ずる。

第2章では、本研究の中心をなす磁気ディスクの高トラック密度化技術について論ずる。特に将来技術として期待できるPERMディスク方式を用いて、最新のMR形磁気ヘッドの特性をも考慮した、ダイナミック・オフセット・サーボ方式を提案し、実験の結果を論ずる。

まず、PERM方式の基本動作原理を述べ、その媒体の製造課程と着磁方法を概説する。次に、偏心補償のための偏心の自動計測と、偏心を許容するトラック位置決め方法を提案し、可換媒体の偏心を許容するトラック位置決め方法を提案する。さらに、MR/Indヘッドに特有の2ギャップ回動軌跡スキューと製造公差スキューを解決する、ダイナミック・ウォブリング法によるR/Wギャップオフセットの計測手法を提案し、その効果をシミュレーションにより検証する。

第3章では、光ディスクの高トラック密度化技術について論じ、特にROM(Read

Only Media)とRAM(Random Access Media)の互換性に優れているサンプルド・サーボ方式について新たな提案を行う。90mm径書き換え形に適用されるDBF、SSD両フォーマットについて、各々、位置決めマーク、位置信号生成方法、を提案し、位置決め精度、データ領域との同期精度、などについて、実験結果に基づきその効果を検証する。

第4章において幅走査回転ヘッド磁気テープ記憶装置の高トラック密度化を実現するサーボ信号記録方法を提案し、実験結果を付す。

まず、機構の全体像を示し、4組の記録再生ヘッドの選択方法と記録制御について提案する。次に、6000RPMで回転するロータ搭載回路の動作電力を非接触給電する手法を提案のうえ、試作装置による実験結果と記録再生総合特性の結果を示す。

第5章では、本研究の主要課題である高トラック密度記録、すなわち狭トラック精密位置決め技術の要点を整理する。

まず、位置マークに要求される形成位置精度を論じ、一般に所要トラックピッチの1%( $-40\text{dB}$ )程度が要求されるとの結論を得た。次に、位置信号が生成された段階でS/N換算32dB、機構系とサーボ系の性能を総合して26dB程度が要求されるとの結論を得た。

これらの結果から、近い将来に要求されるであろう、磁気ディスクの場合で400トラック/mm、光ディスクの場合で1500トラック/mm程度のトラックピッチは、いずれも、本論で述べたようなプリエンボス形のディスク媒体上に、サンプルド・サーボ形のサーボマークを用いることにより必要な位置信号精度が実現できるといえる。したがって適切な駆動機構と組み合わせることにより、上記程度のトラックピッチは比較的早い時期に実現されるものと期待できる。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 青 木 由 直  
副 査 教 授 栃 内 香 次  
副 査 教 授 土 谷 武 士  
副 査 教 授 北 島 秀 夫

## 学 位 論 文 題 名

### コンピュータ用磁気および光ディスク記憶装置高トラック密度化の研究

コンピュータ用記憶装置技術はこれまで目覚ましく発展してきており、現在も急速に発展している。これらの装置は、磁気記録技術によるもの、光記録技術によるもの、半導体集積回路技術によるもの、それらの組み合わせによるもの、などに大別できる。本研究は、コンピュータ用磁気および光ディスク記憶装置の大容量化を目的に、レーザ・マスタリング技術を用いた位置決めマーク高精度一括形成技術により、格段の狭トラック・ピッチ実現の方法を検討したもので、その主要な成果は以下のように要約される。

(1) 磁気ディスク媒体をプラスチックでモールド成形し、位置決めマークを一括転写する、PERMディスク方式を実験検証した。このような一括転写ディスクで問題だった組立後の偏心などは、幾何学的解析に基づいて時間軸ドメインで計測できることを見だし、ドライブ内デジタル・サーボ・プロセッサに搭載して、自動計測・自動フィード・フォワード制御により解決した。また、狭トラック記録再生に必須なMR/Ind（誘導記録磁気抵抗効果再生形）ヘッドを利用する際に、必須の記録/再生ギャップ位置ばらつき補償を位置決め技術により実用化するため、ドライブ内デジタル自動計測補償位置決めサーボ方式を考案して必要な精度が得られることを実証した。これらの結果、現行の磁気ディスクとしては世界最高の208トラック/mm（トラック・ピッチ $4.8\mu\text{m}$ ）を実現した。

(2) 書換形光磁気ディスクの位置決め精度向上を目的に、位置決めマーク形状を新たに提案した。従来の1次干渉光検出用の連続溝形マークを改め、0次反射光量検知用ウォブル形位置マークにするとともに、これら位置決めマークとデータ同期用クロック・マークを組み合わせるとして1群と成し1672群/回転とする新フォーマットを構成することにより、667トラック/mm（トラックピッチ $1.5\mu\text{m}$ ）での十分な位置決め信頼性を検証し、さらに830トラック/mm（トラックピッチ $1.2\mu\text{m}$ ）までのトラック密度を実現できる可能性を示した。

(3) 上記円盤媒体回転形記憶装置との対比を目的に、ランダム・アクセスが困難だった幅走査形回転ヘッド磁気テープ記憶装置用の位置決めマーク記録方法について検討した。位置決めマーク品質の鍵となるマルチギャップ形磁気記録ヘッドを新たに提案し、そのギャップ形状の最適化を行うことにより、記録精度 $2\mu\text{m}$ の位置決めマーク記録方法を実現した。これを用いて位置決めマークを記録した磁気テープを用いて、長手送り性能で従来比9~13倍の高精度化を実現した。

これらの研究結果より、近い将来に要求されるであろう、磁気ディスクの場合でも400トラック/mm、光ディスクの場合でも1500トラック/mm程度のトラックピッチは、いずれも、本論文で述べたようなエンボス形のディスク媒体上に、サンプルド・サーボ形のサーボマークを用いることにより、必要な位置信号精度が実現できると結論でき、上記程度のトラックピッチも近い将来に実現されると期待できる。

以上、本研究は、記憶装置の大容量化を高トラック密度化により推進するとの観点から、レーザ・マスタリング技術を利用した新たな高精度トラック位置決めマークの形成方法を提案・実証し、コンピュータ用磁気および光ディスク記憶装置の大容量化に新たな手段を与えるものであり、計算機工学・メディア工学に寄与するところ大である。

よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。