

研究成果

サブテーマ名： 超狭トラック幅垂直磁気記録ヘッドの開発 小テーマ名： 1-3-1a 狭トラック幅垂直磁気記録ヘッドの開発	デバイス
サブテームリーダー（所属、役職、氏名）	
秋田大学工学資源学部	教授 井上 浩
研究従事者（所属、役職、氏名）	
東北大学電気通信研究所	教授 村岡裕明
研究の概要、新規性及び目標	
①研究の概要	
<p>300 Gbit/in² 記録用垂直磁気記録ヘッドの開発および超 500 Gbit/in² 記録を目指したヘッドの基本技術の開発を行う。このために</p>	
<ol style="list-style-type: none"> 1) 2.4T の実用材料として最大の飽和磁束密度を持つヘッド用軟磁性薄膜材料の開発 2) 単磁極ヘッドの磁化強度と磁界勾配の確保を目指した磁極構造のシミュレーションによる検討 3) マイクロマグネティクスによる狭トラック記録とディスクリートトラック記録のシミュレーションによる検討 4) 狭トラック記録及びトラックエッジノイズの実験的検討 	
<p>などについて研究を行った。</p>	
②研究の独自性・新規性	
<p>本研究は、単磁極ヘッドの基本記録能力を検証するために、有限要素法とマイクロマグネティクスシミュレーションを組み合わせた総合的な検討によっていることが新規性の高いアプローチとなっている。特に、本実験では単磁極ヘッドと二層膜垂直媒体を実際に用いた実験を通じた研究を行うが、大学として浮上型単磁極ヘッドとハードディスクの実際の測定データが得られる例は多くはないと思われる。</p>	
③研究の目標（フェーズ毎に数値目標等をあげ、具体的に）	
<p>フェーズ I ～ III 一貫して、1 Tbit/in² を目指した記録ヘッドの設計指針を確立する。</p>	
研究の進め方及び進捗状況（目標と対比して）	
フェーズ I	
<p>トラック幅100nmについては、有限要素法計算とマイクロマグネティクス計算から、ヘッドのサイドシールドを工夫することで実現可能なことを示した。記録ヘッドの高周波動作化についてもこれまでの予測をはるかに上回るGHz駆動が可能であることが渦電流を考慮した有限要素法にシミュレーション及び実験から明らかになったので、高速駆動ヘッドとしての単磁極型垂直ヘッドの可能性が明らかになっている。</p>	
<p>実験的にも、記録媒体の微細磁気構造を最適化することが重要課題であるという結果が得られており、これをマイクロマグネティクスシミュレーションに導入した検討が必要になってきている。</p>	
フェーズ II	
<p>トラック幅50nmへの見通しはまだ十分ではない。ヘッドの磁界分布及びクロストラック方向の磁界傾斜、さらには記録媒体のクラスタリングなど、記録磁気トラック幅を規定する要因は明らかになってきたが、ヘッド媒体系の現状の製造プロセスを考えるとその実現は必ずしも容易ではない。ただし、その検討への道筋と主要なパラメータの抽出は完了した段階と考えている。</p>	
<p>一方で、狭トラック幅の実現を目指した方式検討として、トラック端部を物理的にパターニングで取り除いたディスクリートトラック記録をスーパーコンピュータを用いた大規模磁気記録シミュレーションによって検討した。その結果、トラック端では記録磁化が乱れた状態であり、トラック端消去（イレーズバンド）やトラックエッジノイズを引き起こしていることが示された。従って、トラック端を物理的に取り除くディスクリートトラック技術を用いればこのトラック端のノイズ成分を除去することができるので、再生信号のSN比を改善して高密度化するのに効果的である。計算の結果はこのSN比の改善量はオントラックで2dB程度であったが、上記のノイズの性質からオフトラックするほど効果が大きく、10%オフトラック時には4dB程度になることが分かった。これらの計算は、トラックピッチは90nmであり、大体500Gbits/inch²に相当する記録密度である。</p>	
<p>一方で実験的にトラック端の背景磁化と逆方向に直流磁化したトラックについて、そのエッジに再生ヘッドがあるときの信号（ノイズ）を解析して自己相関長を求めた。その結果、トラック端の相関長は50nm程度になり、この媒体を構成する磁性粒子サイズより大きくクラスタを形成していると思われる大きな値を得た。この値はジッタノイズから推定されるクラスタ径と概ね一致するものであった。</p>	

主な成果
 具体的な成果内容：
 特許件数：2件(AITと共同出願) 論文数：1件 口頭発表件数：5件

研究成果に関する評価
1 国内外における水準との対比
 現在の垂直磁気記録の記録密度は230Gbits/inch²に達している。そのトラック密度は200kTPI程度と推定されるが、これは130nm程度のトラックピッチであり、100nm程度の記録トラック幅と思われる。本研究における実験データは及ばないが、シミュレーションにおいてはこの水準をクリアするヘッド構造を提案しているので、先行していると言える。
 一方、垂直磁気記録の狭トラック記録自体は多くの報告があるが、超狭トラック加工された単磁極ヘッドによる記録デモとしての位置付けであり、ヘッドディスク系の系統的な理論検討しての報告は多くはない。またこれまで続けてきた垂直磁気記録のクラスタに関する検討をトラック端部での現象に結び付けて定量的に議論する例は多くない。

2 実用化に向けた波及効果
 単磁極ヘッドは実用化の相次ぐ垂直磁気記録ハードディスクの中心的なデバイスとなっており、今後の高性能化へのインパクトの大きいデバイスである。今後は信頼性や量産性などがデバイス系の大きな課題となってくるとはいえ、本研究はそのヘッドとしての基本的な記録性能の向上を狙った研究であり、波及効果は幅広いと考えている。本検討においてはトラック端に配置されたサイドシールドによってトラック方向への記録磁界の滲み出しを制限できることが示されており、プロセスは複雑化するものの今度の垂直型記録ヘッドにおいて重要な知見になると思われる。

残された課題と対応方針について
 連続膜型の現行記録媒体でのトラック密度限界を示すとともに、ディスクリートトラック記録の可能性をシミュレーションによって定量的に示した。
 また、連続型の記録媒体の限界を越えて高トラック密度記録が達成できると期待されているディスクリートトラック記録について計算機シミュレーションによって定量的な検討を終えた。しかし、今後の1テラビット毎平方インチの超高密度記録には磁性層がエッチングによって物理的に分離されたパターン媒体を用いる記録方式と目されているが、これは現時点までは着手できずに終わった。

	J S T 負担分 (千円)							地域負担分 (千円)							合 計	
	H 12	H 13	H 14	H 15	H 16	H 17	小計	H 12	H 13	H 14	H 15	H 16	H 17	小計		
人件費	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
設備費	9,450	3,476	0	0	2,198	0	15,124	0	0	0	0	0	0	0	0	15,124
その他研究費 (消耗品費、 材料費等)	26,00	34,83	900	900	800	900	9,483	0	0	0	0	0	0	0	0	9,483
旅費	59	110	96	119	75	59	518	0	0	0	0	0	0	0	0	518
その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小 計	12,109	7,069	996	919	3,073	959	25,125	0	0	0	0	0	0	0	0	25,125

代表的な設備名と仕様 [既存 (事業開始前) の設備含む]
 J S T 負担による設備：SCSIバスアナライザ、ワークステーション、クラスタリングPC
 地域負担による設備：ピクチャクオリティアナライザ

※ 複数の研究課題に共通した経費については按分する。