

1.3GB USB2.0 バスパワー駆動 3.5 型 MO ドライブの開発

Development of USB 2.0 BUS Powered 3.5 MO Drive with 1.3GB Storage Capacity

白石 武嗣*
Shiraishi, Takeshi

麻生 浩史*
Aso, Hiroshi

国本 晃*
Kunimoto, Akira

影山 将史*
Kageyama, Masashi

要旨

03年5月に640MBのUSB2.0バスパワー駆動MOドライブを発売している。¹⁾このドライブをベースにさらに高容量化した1.3GBドライブを今回開発した。

本稿では、従来機と同様にUSB2.0バスパワー駆動であり、1.3GBディスクまでサポートしたドライブの開発の中でも、1.3GBディスク対応の技術とUSB2.0バスパワー駆動を実現した省電力化について解説する。

Abstract

A high capacity 1.3GB MO drive has been developed that is compact, light and USB2.0 bus powered. This drive is based on 640MB MO drive that was released in May 2003.

This report describes the technologies to support 1.3GB disk and to save power supply, as follows : MSR (Magnetically induced Super Resolution) technology to make it possible to read recorded data mark smaller than laser spot and to realize high disk storage capacity; the servo technology to comply with the narrow data track of 0.9[μ m] pitch; and the power saving technology to support USB2.0 bus powered.

1 はじめに

本開発のMOドライブ最大の特徴は、小型軽量USB2.0のバスパワー駆動という従来機の特徴を維持しながら、磁気超解像（以下、MSR(Magnetically induced Super Resolution)）技術を利用した、1.3GBディスクに対し高容量化を実現したことである。

バスパワー駆動は、外付けの電源が必要なくPCへの接続が非常に簡便であり、モバイル用途には最適である。しかしながら、ドライブとしてUSBから得られる電流値は最大500[mA] (5 V)である。一方、MSRを用いた1.3GBディスクは従来の640MBディスクと比較し、再生時にも高出力のレーザーパワーおよび外部磁界が必要である。

また、狭いトラックピッチ、小さな記録マークに対応する高速かつ高精度の制御が必要である。

消費電流値を抑えつつ、1.3GBディスクに対応するためにレーザーの高出力化と制御の高精度化を実現できたのでその技術を紹介する。

2 技術開発内容

1.3GB USB2.0バスパワー駆動ドライブを実現するために、以下の技術開発を行った。

①1.3GBディスクへの対応

- スポットシミュレーションによる読み取りパワーの最適化
- データ記録条件の最適化
- トラッキングサーボ制御の最適化
- セキュリティーディスクへの対応技術開発

②バスパワー駆動のための省電力化

- 外部磁界発生装置(バイアスコイル)の省電力化
- システムLSIクロックダウンを含む電気回路の省電力化

これらの技術開発の中から本稿では、a)～c)、e)、f)の5項目の技術について紹介する。

3 1.3GB ディスクへの対応

3.1 MSRについて

1.3GBディスクでは、容量を増やすために、640MBディスクより、さらにトラックピッチが狭くなっている (Table 1)。また、MSRという技術を採用することで、レーザースポット径より小さい記録マークを読み書きすることを可能にし、同じディスクサイズでありながら高容量化を実現している。

Table 1 Track pitch of MO disk

Capacity of disk	128MB	230MB	640MB	1.3GB
Track pitch[μ m]	1.60	1.39	1.10	0.90

ここで、MSR技術について説明する。Fig. 1 に示すようにディスク上に記録マークが1～5の様にならんでいる。再生スポット中にその記録マークの2と3が入っているが、レーザー照射によって生じる温度分布と外部磁界によって、フロントマスク領域 (図中、水色の領域)、及び、リヤマスク領域 (図中、赤色の領域) が形成され、

* コニカミノルタオプト(株) オプティカルシステム事業部
SD事業ユニット 開発グループ

記録マークの読み取りは開口領域（図中、黄緑色の領域）で行われる。

従って、Fig. 1 の状態で読み取ることが出来る記録マークは2のみとなる。MSRディスクを安定して再生するためには、開口領域の大きさが、記録マークとほぼ同じ大きさとなるレーザ照射条件を見いだす必要がある。

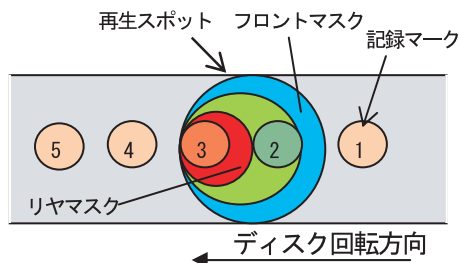


Fig.1 Scheme diagram of MSR

3. 2 スポットシミュレーション²⁾

MSRによる再生時の定量的なレーザ照射条件は実験により求めるが、実験の手助けとなる定性的な照射条件を知るために、有限要素法を用いて、スポット領域内の熱分布シミュレーションを行った。簡略化のため、 $\phi 1.15[\mu\text{m}]$ の真円スポットとし、ディスク記録層の構造を多層ではなく単層として近似した。スポットサイズに対して必要な大きさとしてディスクモデルサイズを $4 \times 17 \times 2.28 [\mu\text{m}]$ (X,Y,Z) とし、スポット照射によりモデルに加えられた熱はモデル境界面を通してすべて外部に発散するものとした。

Fig. 2 にシミュレーション結果の一例を示す。これは、本ドライブの内周側（ディスク線速 $7.67[\text{m/s}]$ ）において、照射パワーを1.5～6[mW]の条件で変化させた場合のスポット領域内温度分布の変化を表している。図中の格子のピッチは $0.1[\mu\text{m}]$ である。MSRの各領域の境界温度は記録膜の物性値によって異なるため、以下のように設定した。

- フロントマスク領域(図中、水色の領域) $< 150[^\circ\text{C}]$
- $150[^\circ\text{C}] \leq$ 開口領域(同、黄緑色の領域) $< 200[^\circ\text{C}]$
- $200[^\circ\text{C}] \leq$ リヤマスク領域(同、赤色の領域)

レーザ照射パワー1.5～2.25[mW]では開口領域が発生しておらず、読み取りができない。また、3[mW]では1.3GBディスクの最小記録マーク長約 $0.38[\mu\text{m}]$ に対して開口部領域が約 $0.7[\mu\text{m}]$ と大きくなり、開口領域に複数のマークが入ってしまうため、正しい記録情報を読み取ることができない。3.75[mW]では開口領域がドーナツ状になり、同様に複数のマークが入ってしまうため、正しい記録情報を読み取ることができない。

4.5[mW]になると、開口領域の形状がドーナツ状にならず、かつ、大きさが約 $0.2[\mu\text{m}]$ と記録マークに対して小さくなるため、読み取りが可能になると予想される。

以上の結果から、内周側の最適読み取り条件を求める

実験の初期値として $4.5[\text{mW}]$ を設定した。実機による実験の結果、内周側の読み取り最適照射条件は $4.0 \sim 5.0[\text{mW}]$ となり、シミュレーション結果と一致した。他のディスク領域に対しても同様にして最適照射条件を求めた。

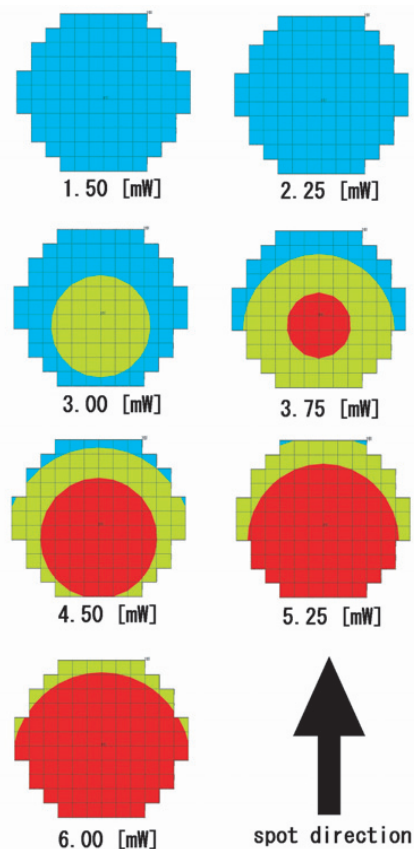


Fig.2 Temperature distribution of recording layer in spot area

3. 3 記録条件

1.3GBディスクの記録において記録膜の熱伝達の影響を抑え安定した記録マークを得るために、ディスク線速度の異なる内周と外周とで異なる形状のレーザ発光パルスストラテジを検討した (Fig. 3)。

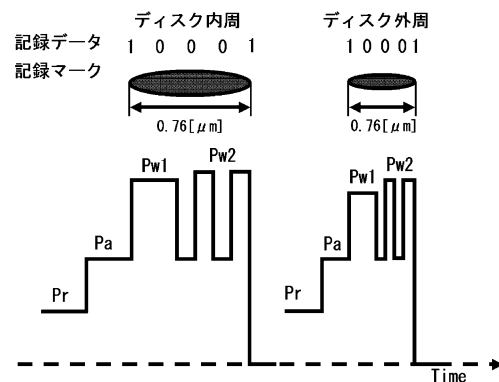


Fig.3 Write power pulse strategy

- Pr : 再生パワー
- Pa : アシストパワー
- Pw1 : 記録パワー 1
- Pw2 : 記録パワー 2

そして、ディスクの各領域に対して、これらのパラメータを最適化したことにより、従来640MBで使用していたパルスストラテジで記録した場合に比べ、エラーレートマージンを大きく向上することができた。

Fig. 4 にその一例を示す。

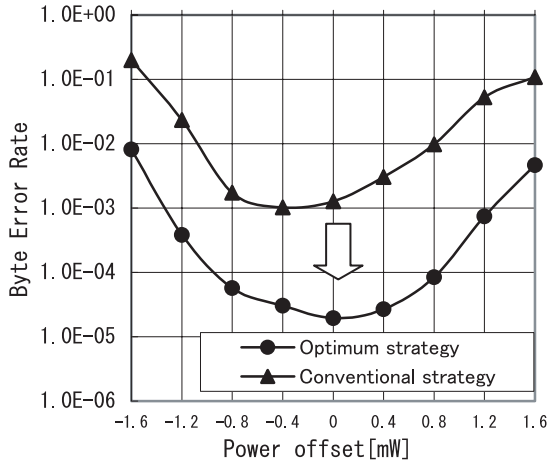


Fig.4 Result of pulse strategy optimization

3. 4 トラッキングサーボ制御

トラッキングサーボの方式として、主スポットの他に生成された副ビームによってトラックを追尾する3ビーム法を用いているが、1.3GB ディスクに本方式を適用する場合、次に挙げる理由から解決すべき課題が生じた。

○トラックピッチが狭く、ディスク反射率が高い

- ・トラッキングエラー信号(以下、TE信号)振幅が小さい。
- ・オフトラックに対する絶対的なマージンが少ない。
- ・隣接トラックとの干渉を引き起こしやすい。
- ・プリピット領域の影響を受けやすい。

その課題解決の例として、以下の2点について説明する。

3. 4. 1 3ビームスポット調整方法

TE振幅小対策のために、3ビームスポット調整方法について検討を行った。MOディスクは、Table 1 に示すように容量(128~1.3GB)によってトラック幅が1.6~0.9 [μm] と大きく異なるため、3ビームスポット位置の調整に応じてそれぞれのディスクに対するTE信号の特性が大きく変化する。128MB~1.3GBのすべてのディスクにこれに対し、良質なTE信号を得るためには、3ビームスポット位置の調整精度が重要になる。

しかしながら、製造工程において、多種のディスクを用いた調整は、煩雑かつコストアップにつながる。そこで、独自の調整用メディア (Fig. 5) を開発し、容易に最適な位置調整を実現した。

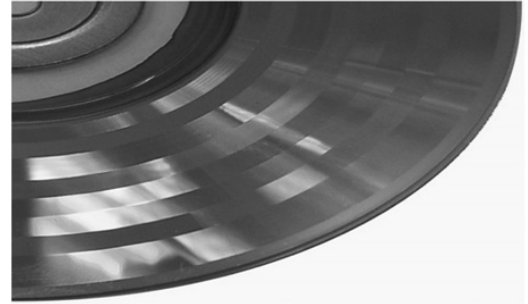


Fig.5 The disk for adjustment of 3-beams

3. 4. 2 プリピット領域の影響についての対策

MOディスクにはプリピットと呼ばれるディスク上のアドレスなどの情報をエンボスにより記録した領域がある。3ビーム法を用いてこのプリピット領域へ進入・通過する場合、TE検出スポットF、Rの配置上、片側のスポットのみがプリピット領域に入った状態が生じる (Fig. 6)。この時、プリピット領域とデータ領域との反射率の違いからTE信号にヒゲ状のノイズが発生する (Fig. 7)。このノイズは特に1.3GB ディスクで大きく、トラッキングエラー成分の2倍程度となり、サーボを不安定にする原因となる。これを電気的に取り除く(マスクすること)で、トラッキングサーボ系の安定化及び騒音の抑制を実現した。

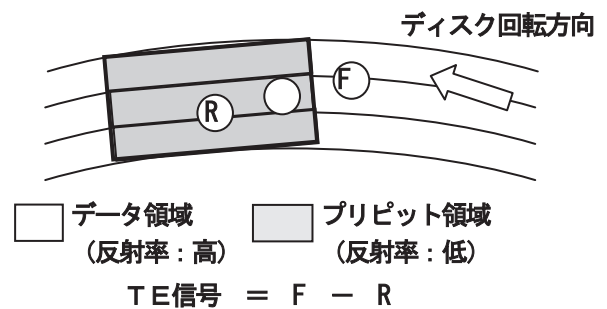


Fig.6 3beam spot layout on a disk

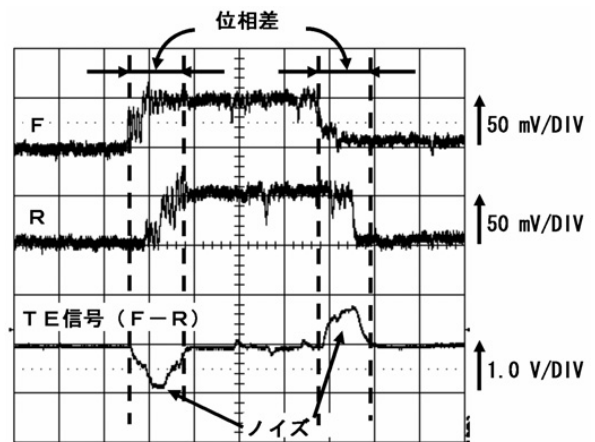


Fig.7 Tracking error signal in passing through the pre-pit area

4 省電力化について

USBバスパワー駆動を行うためには、ドライブ全体の消費電流を500[mA] (5 V)以下に抑える必要がある。

本開発の1.3GB MOドライブでは、従来の640MB MOドライブに対して下記の要因で消費電力が増加する。

- ・MSR方式再生時にも磁界が必要
- ・記録時のレーザパワーと磁界の増加
- ・追加回路部品の消費電力増加

特に1.3GBディスクの記録時に消費電力が最大約15%も上がってしまうことが課題であった。

本開発では、バイアス磁界発生装置の更なる効率アップやシステムLSIの消費電力削減などを行うことで、1.3GB USBバスパワー駆動ドライブを実現した。

4.1 バイアス磁界発生装置

データを再生/記録/消去するときのバイアス磁界を印加するための機構（以下、BCユニット）は、主に電磁石を使用するタイプと永久磁石を使用するタイプに分けられる。近年では、コスト、静粛性などの理由から電磁石タイプが多く用いられている。電磁石は電流を流して磁界を発生しているため、少ない電流で必要磁界を発生させることがポイントになる。

1.3GB対応において、バイアス磁界発生装置の設計目標は以下の3項目とした。

- i) 発生磁界をディスク記録面上で従来の1.33倍とすること。
- ii) 従来のモデルとの部品変更を最小限にするため、従来のBCユニットとほぼ同サイズとすること（変更部品はBCユニットのみとし、周辺部品は変更しない）
- iii) USBバスパワー実現のため、BCユニットで消費するドライブ換算の電流増加を30 [mA] 以下にすること。

コイル巻線の導体径15種類についてスペースにおさまる巻線条件（線径、巻数）及び、ドライブ換算電流を計算し、電流増加が30[mA]以下の条件に適合する物を選び、それらの発生磁界強度を、有限要素法シミュレーションを用いて算出し、目標磁界を満たす巻き線条件を採用した。その結果1.33倍の磁界を、ドライブ換算電流増加28 [mA]で達成することができた。

また、さらに消費電流を抑えるために、BCユニットをディスクに接近させた。それに伴いBCユニットの高さ調整ばらつきによるディスクとの接触が懸念されたため、調整精度を向上させ、ディスクとBCユニットが平行になるように高さ調整を行うことでばらつきを従来の1/3に抑さえ、接触を回避した。その結果、消費電流をさらに5%削減することができた。

4.2 クロックダウン

上記磁界発生装置の改善のほかに回路構成や定数を見直すことでさらに約13[mA]の削減も実現できたが、バスパワー駆動の電流値規格に対するマージンが不足となり、システムLSIのクロック周波数も下げることとした。システムLSI内部のクロック周波数は、機能ブロックごとに設定可能となっており、性能劣化を起こさないぎりぎりの組み合わせを選択することとした。

その結果、さらに約10[mA]の電流削減を実現でき、バスパワー駆動を実現できた。640MB ディスクでは、逆に消費電流の余裕ができたのを利用し、ディスクの回転速度を上げ、従来機を上回る高速化を実現した。

5 まとめ

上記の技術を適用することによって、従来機と同じ筐体サイズのままで、高容量化した1.3GB USB2.0バスパワー駆動MOドライブを開発した。外観写真をFig. 8に示す。

このドライブの回転速度は、1.3GBディスクで3240 [min⁻¹]・640MB以下のディスクでは、4628 [min⁻¹]とUSBバスパワー駆動ドライブとして業界最高速を達成した。



Fig.8 Appearance of developed MO drive

6 謝辞

本機の開発・生産立ち上げに際し、御助言・ご協力いただいた関係者の皆様に深く感謝し、お礼を申し上げます。

●参考文献

- 1) 麻生浩史、白石武嗣、川島久典、江黒孝一：KONICA MINOLTA Tech. Rep., 1.91 (2004)
- 2) 白石 武嗣：Konica Tech. Rep., 13.71 (2000)