

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 堀米 秀嘉

論文題目 コリニアホログラフィー

近年のインターネット環境とモバイル通信環境の急激な発達などにより、2010年には全世界の年間デジタルデータ生産量は **ZB** (ゼタバイト: $1 \text{ ZB} = 10^{21}$ バイト) のオーダーに達し、また、2020年には、年間 **40ZB** を超える情報が生産されると予想されている。クラウドなどに代表されるデータセンターでは、アーカイブのための莫大な電力消費とそのため費用の増大が大きな問題となっている。光ディスクは、ハードディスクに比べデータ保存時の消費電力が圧倒的に小さいという長所を持つが、**Blu-ray Disc** に代表される 2次元記録、シリアルアクセス型のシステムでは、記録密度と転送レートの増大には限界がある。超高速で大容量、かつ記録媒体の交換が容易で、任意のデータへランダムアクセス可能な、新しい光ディスク型のデータストレージシステムの実用化が待ち望まれている。

その候補の一つがホログラフィックメモリーである。ホログラフィックメモリーは 3次元記録による記録の高密度化と、2次元デジタルページデータの一括書き込みおよび読み出しによるデータ転送レートの高速化が可能である。しかしながら従来型の **Bragg** 回折の角度選択性を用いたホログラフィックメモリーは、マッハ=ツェンダー干渉計の構成をとるため、系が複雑で、また外乱に弱く、実用化には様々な問題を持っていた。

このような背景のもと、本論文ではコリニアホログラフィーという新しい方式を提案した。これはホログラフィーにおける物体光と参照光を同一の空間光変調器 (SLM) から供給し、単一のレンズを通してその焦点付近で干渉させるというユニークなものである。本論文では動作原理検証、動作特性の解析、データストレージシステムの構築と記録再生特性の検証、位相変調型データコーディングの導入、さらにはストレージを離れてホログラフィックプリンターへの応用も行っている。

本論文は 8 章から構成されている。

第 1 章では序論として本研究の背景や位置づけ、構成を述べている。

第 2 章ではコリニアホログラフィーの原理について説明している。まずホログラフィックメモリー一般について概説し、次にコリニア方式による光メモリー実用化の基本技術について述べている。次いでコリニア方式によるホログラ

フィックな3次元回折格子の形成について、シミュレーションと光学的直接観察により検証している。

第3章ではコリニア方式によるデジタルデータのホログラフィックな記録再生について検証している。まず本研究で構築した記録再生特性評価装置について説明し、これによるSNR特性の評価実験とその結果について述べている。また記録されたページデータに対して、参照光を固定したままディスクを横ずらししたときに再生光の回折効率が急激に低下し、新たなページデータが書き込めることを実験的に示した。このことにより同一体積に多数のホログラムを小さなクロストークで重畳記録できることを明らかにした。また、このクロストーク等に起因するノイズの発生原因を推定し、数値シミュレーションと実験によるエラー解析を行った。

第4章ではコリニア方式のシステムマージンを見積もった。焦点ずれ、トラックずれ、ディスクの傾き、光源波長変動、光源コヒーレンス等に対するシステムマージン実験と数値シミュレーションの両面から検討した。この結果現行のDVDと同等のサーボ技術があれば、コリニア方式ホログラフィックメモリーは許容範囲内のエラーレートでデータが記録再生できることが明らかになった。

第5章では本方式を用いたデータストレージシステムである、ホログラフィック光ディスクシステムの構築とその記録再生実験について述べている。現行の光ディスクと同一のサイズのホログラム記録ディスクメディアを試作し、ディスクを回転させながらページデータの記録再生を行い、その特性について解析した。

第6章では位相変調型のデータコーディングに関する検討を行った。強度変調型ではデータは明暗の2値であったが、位相型では、 $0\sim 2\pi$ の位相を4値、8値と分割し、16値までの多値化が可能であることを実験的に示した。

第7章ではコリニアホログラフィーの原理が、メモリー以外にホログラフィック3Dプリンターに適用できることを示した。

第8章では本論文を総括し、今後の実用化への展望について述べている。

以上のように本論文では従来型のホログラフィーとは大きく構成の異なるコリニアホログラフィーを全く新たに考案したところから始まり、その動作原理および動作特性を数値シミュレーションおよび製作したメモリーシステムによる実験により解析、検証した。

これらの研究は次世代の新しい光データストレージシステムの実現可能性を示し、またその動作原理の物理的基礎を明らかにしたものである。そのため本研究の成果は今後の物理工学の発展に大きく寄与することが期待される。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。