

氏名（本籍）	信川 輝吉（大韓民国）
学位の種類	博士（工学）
学位授与番号	甲第82号
学位授与日付	平成29年3月24日
専攻	システム工学専攻
学位論文題目	デジタルホログラム技術を融合した多次元情報記録ホログラフィックメモリスステムの研究
学位論文審査委員	(主査) 教授 野村 孝徳 (副査) 教授 松本 正行 教授 土谷 茂樹

論文内容の要旨

ホログラフィックメモリは、記録媒体の同一箇所に複数のデータを重ねて記録する多重記録と、2次元データパターンであるページデータによる並列的な記録・再生過程により、大容量と高転送速度の両方を実現する次世代型光メモリ技術として期待が寄せられている。

本研究では、従来型ホログラフィックメモリを超える大容量ホログラフィックメモリの実現を目的とし、デジタルホログラム技術を導入することを提案する。デジタルホログラム技術は、立体映像や計測に応用されており、既存の電子デバイスを用いて光波の複素振幅分布を変調・検出する技術である。このデジタルホログラム技術をホログラフィックメモリに用いることにより、光波の振幅・位相を情報として扱うことができる。さらに、デジタルホログラム技術を拡張することにより、光波の振幅・位相だけでなく偏光分布を一括に変調することが可能となり、ホログラフィックメモリで制御可能な光波のパラメータを多次元に拡張することができる。本研究では、光波の多次元情報を積極的に活用することにより、従来型ホログラフィックメモリでは解決困難であった技術的な課題を克服し、新規の高密度記録技術を開発してきた。以下に、本研究により解決した課題、開発した記録技術に関する概要を述べる。

- 1. 光利用効率と再生像の品質の向上：**ソニーやオプトウェアにてプロトタイプ機開発まで進められたコアキシャルホログラフィックメモリは現時点では実用化されていないものの、さまざまな技術的優位性をもつシステムである。本研究では、デジタルホログラム技術により設計した位相ホログラムにより、コアキシャルホログラフィックメモリの光利用効率と再生像の品質の両方の向上に成功した。
- 2. クロストークノイズの低減：**ホログラムの多重記録時に問題となるクロストークノイズを低減することを目的とし、相関の低い位相ホログラムを用いる手法を提案し、その有用性を実証した。本手法により、ホログラムの多重数を増大させることができ、大容量化が実現できることを実証した。
- 3. 機械的な走査機構が不要な多層記録：**ホログラフィックメモリ大容量化技術の一つに、記録媒体を光軸方向にシフトする多層記録方法が提案されているが、焦点の深度方向走査機構の導入が一般的で、光学系が大型・複雑となる問題があった。本研究では、可変焦点レンズの位相ホログラムの導入を提案し、電子制御型の多層記録が可能となることを実証した。
- 4. 線形位相符号化法を用いたコアキシャルホログラフィックメモリ：**ホログラフィック記録・再生方式では、光波の振幅と位相を変調する目的で2台の空間光変調器が用いられるが、この場合、光学系が大型・複雑・高価となるだけでなく、アライメントにも高度な調整が要求されるため、実用化上の障害となっていた。そこで、本研究では、位相ホログラムに基づいた線形位相符号化法を提案し、1台の空間光変調器で光波の振幅・位相を変調し、ホログラフィック記録・再生が可能となることを実験的に実証した。
- 5. 複素振幅データの多値記録：**光波の振幅・位相に情報を符号化する多値記録は、ホログラ

フィックメモリの大容量化に貢献することが数値解析により示されている。しかしながら、多値記録を実現するために、ホログラフィックメモリの光学系が大型・複雑となり、未だ実験的な多値記録の高密度記録に関する実験的検証は報告されていなかった。本研究では、従来のホログラフィックメモリの光学系に捉われることなく、デジタルホログラム技術をホログラフィックメモリに応用することにより、小型・簡易な光学系の構築に成功した。さらに、実験的に多値記録を行えることを実証した。

6. **超解像記録**：従来のホログラフィックメモリでは、ナイキストサイズと呼ばれる記録領域の縮小限界がある。本研究では、このナイキストサイズの限界を打破し、記録媒体の極小領域にデータを記録する超解像ホログラフィックメモリを提案し、その有用性を実験により実証した。これにより、従来の記録媒体を用いながらも、媒体の記録容量を増大させることができると期待される。
7. **コアキシャル偏光ホログラム記録**：ランダム位相変調技術をコアキシャルホログラフィック記録・再生方式に組み込み、小型・簡易な光学系で偏光ホログラムを記録・再生する技術を開発した。さらに、産総研で開発された新規な偏光感受性媒体における記録・再生実験を通じて、高品質な偏光ホログラムを記録・再生可能であることを実証した。

デジタルホログラフィとホログラフィックメモリはともに、Gabor が発明したホログラフィに端を発し、それぞれ異なる目的のために発展・開発されてきた技術である。本研究では、これらデジタルのホログラフィと、アナログのホログラフィであるホログラフィックメモリとの融合を図ることにより、新規の価値を創出することに成功してきた。本研究によりホログラフィックメモリにおける光波の多次元情報を活用することの重要性が明らかになり、今後、ホログラフィックメモリの大容量化を達成するブレイクスルー技術として貢献することが期待される。

論文審査の結果の要旨

論文内容を審査し、博士論文として必要な条件を満たしていると認められた。本研究は、多次元情報記録ホログラフィックメモリシステムをデジタルホログラム技術の導入により実現したものである。まず、デジタルホログラムの位相設計技術の導入により、ホログラフィックメモリシステムの光利用効率と再生像品質のトレードオフの解消、多重記録の際のクロストークの低減を実現した。さらに、光波の多次元情報を活用した高密度記録技術として、機械的走査機構が不要な多層記録、複素振幅情報を利用した多値記録、データ記録スポットの極小化を可能とする超解像記録を実現した。最後に、光波の振幅・位相・偏光分布の変調技術を開発し、そららを記録可能なホログラフィックメモリシステムを構築した。以上のことからこれらの研究は、デジタルホログラム技術の導入によりホログラフィックメモリの多次元情報記録に寄与するものであり、学位論文に値するものと認められた。

最終試験の結果の要旨

公聴会・最終試験を2017年2月10日に実施した。論文の内容および関連する事項に関する試問をおこなった結果、質疑応答が適切であり、最終試験に合格と判断した。

論文審査および最終試験の結果を総合的に検討し、博士学位授与に価すると判断した。