

審査の結果の要旨

氏名 平山 颯紀

ホログラフィックメモリーは、テープアーカイブに取って代わる、長寿命、大容量、高速データ転送レートを持ったアーカイブメモリーの新方式として期待されている。これまでにポリティック方式、コリニア方式等による実用化が試みられてきたが、従来の体積型ホログラフィックメモリーでは、記録媒体の変形による読み出しエラーの問題、記録媒体の一括複製が困難等の問題のため、実用化には至っていない。本研究は、このような体積型ホログラフィックメモリーの欠点を解消する方法として、表面型コリニアホログラフィックメモリーを提案し、まずその問題点を抽出し、その記録再生メカニズムを解析することにより、問題点の解決法を提案し、さらにそのシステムの記録再生特性を評価した、というものである。

本論文の構成は7章からなる。

第1章は序論であり、本研究の背景、目的、および本論文の構成が述べられている。

第2章はホログラフィックメモリーの概説であり、ホログラフィーの原理と、信号の記録再生方式を説明している。

第3章は本論文の主題となる、表面型相関シフト多重ホログラフィックメモリーの提案と、その検討課題の抽出が述べられている。まずこのシステムの着想と構成が述べられ、次いでデータを記録するホログラムの設計手法が説明されている。そののち、再生特性の評価を行い、信号対ノイズ比とシフト選択性が体積型と比べて悪化する点が課題であることが説明されている。

第4章は提案したメモリーシステムの理論解析について述べている。平面波展開モデルの基本的な考え方の説明から始まり、単一信号画素、単一参照光画素同士の干渉とそれにより作られる回折格子からの回折を基本要素として、これの全画素に関する組み合わせを取り、さらに複数ページが多重記録された場合も含めて、解析解を求めた。解析解が求まったことにより、全ての次数の高次回折光の寄与、シフト選択性、再生画素の像面での空間的な広がり、を解析的な式

の形で明らかにした。これにより、系の諸パラメータを変化させたときに、それが系全体の特性に及ぼす影響が、数値計算を実行せずに式の形から見通せるようになった。

第 5 章は、第 3 章で述べたこのシステムにおける問題点である、ノイズ発生メカニズムについて解明し、さらにこの抑制手法としての II 字型信号・参照パターンの考案と、その効果の評価に関する章である。まず、発生するノイズは、薄型ホログラフィーであるがゆえの、ラマン=ナス回折に起因するものであり、これが回折スポットの縮退を引き起こし、ノイズとなることを明らかにした。そのうえでこの縮退を回避する方法として、II 字パターンを考案し、その効果を数値計算および実験により明らかにしている。

第 6 章では、このシステムにより時系列信号を記録再生した場合の特性の解析と定量的評価を行っている。提案システムのシステムパラメータを整理し、これらと記録密度、データ転送速度の関係を求めた結果、独立なパラメータはいずれも 2 個にまとめられることを示した。その上で、ノイズとパラメータの関係を数値計算により明らかにし、さらに結果が得られた理由を物理的に明らかにした。最後に、表面型ホログラムを実際に作製する際に、ホログラムの空間的な作製解像度と、位相変調の階調数が有限であることの効果を見積もった。この結果、空間的解像度としては、ホログラムに記録される最大空間周波数に相当する回折格子の周期の $1/4$ を単位としてデジタイズすれば十分であることを明らかにした。また階調数としては 2π を 4 分割すれば十分であることを明らかにした。これ以上微細化しても信号対ノイズ比に変化はなかった。

第 7 章は総括であり、本論文の成果が簡潔にまとめられている。

以上のように本論文は、従来の体積型のホログラフィックメモリの持つ問題点を解決する手段として、表面型ホログラムを用いたメモリーシステムを新たに提案し、この系の信号再生特性を表す解析的な理論式を導き、ノイズ発生メカニズムを明らかにした。この知見に基づき、ノイズ低減を実現する II 字型画素配置を考案し、ノイズ抑制効果を確認した。最終的には実際のメモリーシステムとしての記録密度、データ転送速度の評価を行った。特にノイズ発生メカニズムを解明かつ定式化したことは、今後の類似システムの開発において、有用なツールを与えたことになり、ホログラフィックメモリー研究への寄与は大きい。

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。