

電磁界シミュレーションによるホログラフィックメモリの基礎検討 Fundamental Study of Holographic Versatile Disc by Electromagnetic Simulation

○田丸幸寛¹, 大貫進一郎²

*Tomohiro Tamaru¹, Shinichiro Ohnuki²

Abstract: Hologram technology attracts attention to realization of the large-capacity storage. In this report, we perform electromagnetic simulation on fundamental study of holographic versatile disc using the finite-difference time-domain method.

1. はじめに

近年, 大容量記憶媒体の実現に向けて, ホログラム技術が注目されている^[1]. 本報告では, 電磁界シミュレーションによる二次元ホログラフィックメモリの基礎検討を行う.

2. 解析モデル

二次元のホログラフィックメモリを検討するための解析モデルを図 1 に示す. 解析領域は x 方向に $10\mu\text{m}$, y 方向に $22\mu\text{m}$ の長方形とする. 黄色で表示した記録媒体部分は, x 軸方向が $3\mu\text{m}$, y 軸方向が $18\mu\text{m}$, 比誘電率は ϵ_r とする. 記録光は $+x$ 軸方向に進行するものとし, 参照光は進行方向が x 軸と角度 θ をなす平面波を過程する. 解析領域中で, 電界強度が 0.8 V/m を超えた部分に誘電率変化を仮定することで, 記録のシミュレーションを実現する. 再生プロセスは, 誘電率変化として信号を記録した媒体に, 参照光を照射することで実現する. 破線で示した x 軸方向に $3\mu\text{m}$, y 軸方向が $18\mu\text{m}$ の観測面上で電界を測定し, 記録情報を電界分布により検出する.

上記の検証は, 電磁界の数値解析法として広く利用される FDTD(Finite-Difference Time-Domain)法により行う. FDTD 法では Maxwell 方程式を時間的, 空間的に差分化し, 電磁界解析を行う手法である^[2-3].

3. 解析結果

記録光として x 軸正方向に進行する波長 532nm の平面波, 参照光として進行方向が x 軸と角度 $\theta = 30^\circ$ をなす波長 532nm の平面波を照射した場合の電界強度分布を図 2 に示す. 記録光と参照光を同時照射することで, 電界強度分布に干渉縞が確認できる.

図 3 は, 記録媒体中で電界強度が 0.8 V/m を超えた部分の比誘電率を $+0.1$ 変化させたものである^[4]. 記録媒体の誘電率変化は, 図 2 の干渉縞に類似したパターンとなることが確認できる. ここで, 記録媒体の比誘電率の値は, 黄色部分が 1.162 , 茶色部分が 1.262 を仮定した.

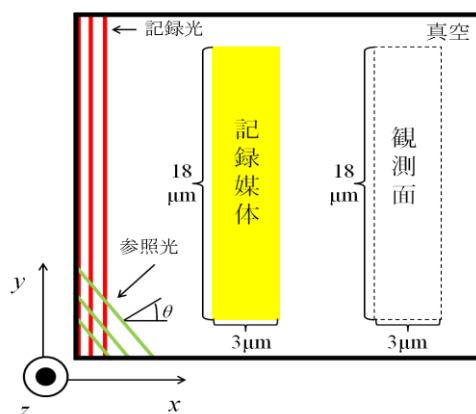


図 1 二次元ホログラフィックメモリの解析モデル

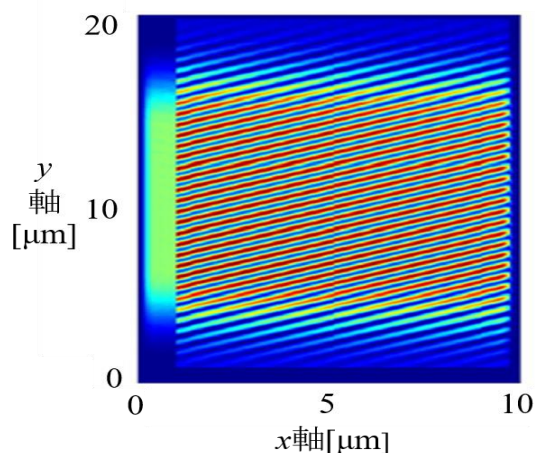


図 2 電界強度分布

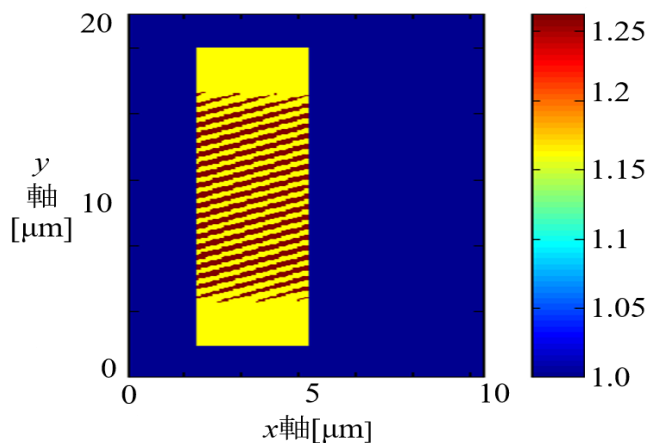


図 3 記録媒体の誘電率変化: $\theta = 30^\circ$

1 : 日大理工・学部・電気 2 : 日大理工・教員・電気

図 4 は参照光を 2 つの角度 $\theta = 30^\circ$ 及び $\theta = 45^\circ$ から同時入射した場合の記録媒体の比誘電率分布を示す。2 種類の干渉パターンが得られ、1 つの角度で参照光を入射した図 3 との差異が確認できる。

次に、再生プロセスの検討を行うため、角度 $\theta = 30^\circ$ で記録した図 3 の媒体に、参照光の角度を $\theta = 10^\circ \sim 50^\circ$ まで 1° ずつ変化させて、波長 532nm の平面波を入射する。

図 5 に角度変化に対する効率 η を示す。ここで、 η は、参照光の電界強度に対する観測面における出力光の電界強度比で定義した。記録時と同じ $\theta = 30^\circ$ で $\eta = 2.81\%$ と効率は最大となり、それ以外の角度で効率は急激に低減する。

角度 $\theta = 30^\circ$ 及び 45° で同時記録した図 4 の媒体に、参照光の角度を $\theta = 20^\circ \sim 55^\circ$ まで 1° ずつ変化させた場合の効率を図 6 に示す。角度 $\theta = 30^\circ$ で $\eta = 0.74\%$ 、 $\theta = 45^\circ$ で $\eta = 1.44\%$ となり、2 つの角度でピークが現れることを確認できる。

4. まとめ

本報告では、電磁界シミュレーションによる二次元ホログラフィックメモリの基礎検討を行った。記録プロセスを仮定した誘電率分布の変化、再生プロセスを仮定した参照光入射と効率を FDTD 法により検証した。出力データは、記録時と再生時に参照光を同じ角度 θ で入射することにより高効率となることを確認した。

5. 謝辞

本研究の一部は、私立大学戦略的研究基盤形成支援事業の援助を受けて行われた

6. 参考文献

- [1] 志村努, "ホログラフィックメモリー解説",ホログラフィックメモリーのシステムと材料, シーエムシー出版, 2012 年, p14
- [2] 宇野亨, FDTD 法による電磁界及びアンテナ解析第 1 版, コロナ社, 1998 年 pp1-19 43-52
- [3] 何一偉, 有馬卓司, 数値電磁界解析のための FDTD 法-基礎と実践-, コロナ社, 2016 年 p1-25
- [4] 田丸幸寛, 大貫進一郎, "ホログラフィックメモリの設計・開発に向けた記録・再生シミュレーション", 電気学会 2016 第 8 回学生研究発表, 8-6,

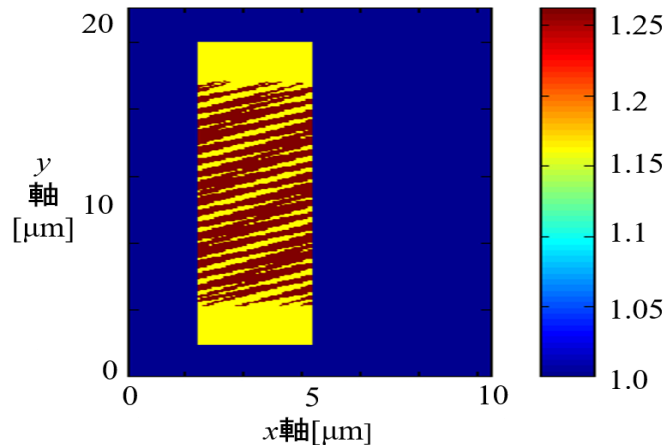


図 4 記録媒体の誘電率変化: $\theta = 30^\circ$ 及び 45°

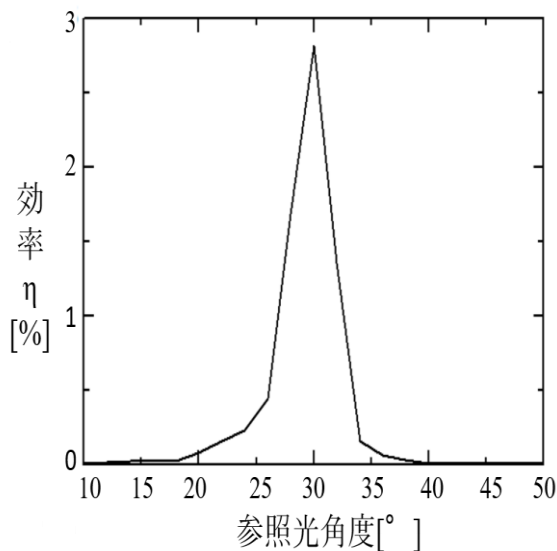


図 5 参照光の入射角度と効率: $\theta = 30^\circ$

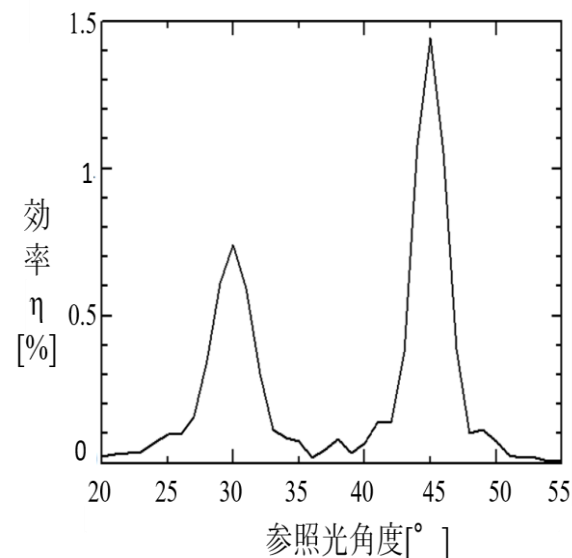


図 6 参照光の入射角度と効率: $\theta = 30^\circ$ 及び 45°