



Title	半導体薄膜を開口部制御マスクとして用いた超解像光ディスクに関する研究
Author(s)	高森, 信之
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/47290
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名 ^{たか}高 ^{もり}森 ^{のぶ}信 ^{ゆき}之

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 2 0 6 9 5 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 18 年 9 月 27 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第4条第1項該当

基礎工学研究科物質創成専攻

学 位 論 文 名 半導体薄膜を開口部制御マスクとして用いた超解像光ディスクに関する研究

論 文 審 査 委 員 (主査)
教 授 松村 道雄

(副査)
教 授 奥山 雅則 教 授 宮坂 博

論 文 内 容 の 要 旨

次世代光ディスクの研究において、半導体薄膜の温度特性に着目し、青色レーザ波長域での光スイッチング現象を利用することにより、世界初の2層超解像 ROM (Read Only Memory) 光ディスクの開発に成功した。

次世代録再光ディスクシステムの分野で注目を集めている BD (Blu-ray Disc) をさらに大容量化する技術として、酸化亜鉛を用いた超解像ディスク技術を開発した。透明半導体として知られている酸化亜鉛の光学定数が、特にブルーレーザ波長域 (405 nm) で、温度により可逆的に大きく変化することを利用して、レーザスポット内にマスクを形成させ、レーザスポットの回折限界以下の微小な記録マークを超解像効果により読み取ることに成功した。これらの特性をブルーレイディスク光学系に適用することにより、高い再生安定性を確保した上で、2倍の線密度を得ることができた。酸化亜鉛膜を用いた超解像 ROM 光ディスクは、BD 光学系において超解像特性が確認され、CNR (Carrier to Noise Ratio) は、光学的解像限界の $0.12\ \mu\text{m}$ より小さな $0.10\ \mu\text{m}$ ピット長において、40 dB が得られ、かつ 10 万回の高い再生安定性が得られた。また、ZnO 膜が室温で透明であるという性質を利用し、2層ディスクにおいても2層それぞれで超解像効果が得られることがわかった。このことは、ブルーレイディスクの容量が2層で現状 50 GB であるが、倍容量の 100 GB が得られることを示している。尚、100 GB という容量は、現在のハイビジョン映像の4倍の容量を必要とする次世代の標準的な映画上映方式と目されるハリウッド「DCI (Digital Cinema Initiatives)」仕様デジタルシネマ画質 ($4,096 \times 2,160$ 画素) が2時間 15 分記録可能である点で、産業上非常に有意義な数字となる。

さらに、酸化亜鉛薄膜の光学的吸収端波長位置が超解像特性と密接に関係しており、青色レーザ波長より短くかつそれに近い吸収端波長をもつ薄膜が超解像膜に適していることが、検討結果から明らかになった。赤色レーザ光学系では、超解像特性は確認されなかったこと、また、吸収端波長が青色レーザ波長 405 nm から遠ざかる材料では、超解像効果は、少なくなっていることを確認した。即ち、本超解像効果は、酸化亜鉛の光学的バンドギャップの温度変化が起因していることを示した。また、酸化亜鉛薄膜の成膜条件として、酸素を十分に供給する雰囲気下で行い、結晶性を保つことが超解像特性を発揮する上で重要であることが明らかとなった。

論文審査の結果の要旨

次世代の高密度 ROM (Read Only Memory) 型高密度光ディスクの開発を目指して、波長 405 nm の光の回折限界を超えさせるために、開口部制御マスクの導入を検討した。マスク材料として酸化亜鉛薄膜が適していることを見出すとともに、酸化亜鉛薄膜の作製方法と結晶性・配向性の関係を明らかにした。また、開口部制御マスクとして用いた超解像光ディスク用の基板および媒体作製技術に関して検討し、高密度ピットパターンを実現するための露光技術、スパッタ法による超解像媒体の成膜技術を開発した。また、環境温度および湿度変化によるディスク変形が起こらない応力バランス構造を明らかにした。

これらの研究成果をもとに、実際に酸化亜鉛薄膜を開口部制御マスクとして用いたディスクを作製し、その動作確認を行った。その結果、光の回折限界を超えた超解像効果が発現し、それにより記録密度が従来の光ディスクの 2 倍である 50 GB に達することを確認した。さらに、この超解像効果が、再生用レーザービームの照射により、酸化亜鉛薄膜上の集光部に局所的な高温部が生じ、それが光学マスクとして機能するためであることを確認するとともに、光学的計算を基礎にして考察を行い、実験結果との比較を行った。

記録密度をさらに向上させるために、酸化亜鉛薄膜が室温で透明であるという特徴を利用し、酸化亜鉛薄膜と光吸収膜からなる組を、二つ重ねた 2 層超解像光ディスクも作製し、それぞれの層が超解像機能を有することを確認し、それにより、記録容量はさらに 100 GB にまで向上できることも明らかにした。

以上の研究により、半導体薄膜を開口部制御マスクとして用いた超解像光ディスクが実用的条件で有効に機能することが明らかになり、この方式による光ディスクは EG-SR (Energy-Gap induced Super-Resolution) 超解像光ディスクとして知られるようになっている。これらの研究成果は学術的に優れているとともに、応用的な意義も高いことから、博士 (工学) の学位に値するものと判断した。