

14. 光近接場の超高密度光記録への応用

浮田 宏生

14.1 近接場方式による超高密度光記録

ビットバイビット方式の超高密度光記録では、現在のブルーレイディスク (BD) の数十倍の記録密度を目標にします。その方法は大きく分けて2方式が考えられ、ひとつは、浮上スライダに搭載した微小開口プローブの近接場光による記録と再生 (図 14.1, 図 14.2), もう一つは、近接マスク層に形成される微小開口あるいは微小散乱体による記録と再生です。

前者はナノメートルオーダーの間隙の高速位置制御が必要ですが、後者はマスク層の厚みはその役目をするので間隙制御が不要です。以下では、後者の super-resolution near-field structure (super-RENS) の超高密度光記録再生特性を紹介します。

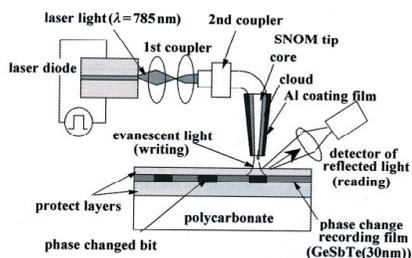


図 14.1 近接場方式による超解像記録

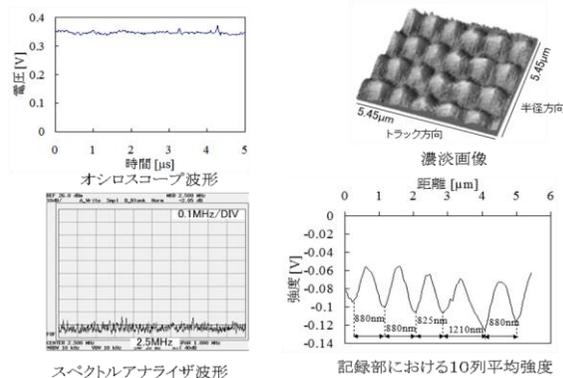


図 14.2 光ファイバプローブによる超解像マークの観察

14.2 開口型 Super-RENS 方式

Super-RENS 方式の特徴は、マスク層と記録層にはさまれた保護層 (SiN) の厚みを近接場相当の数 10nm に設定することにより、プローブの位置制御を不要にした点にあります。このため、従来の光ディスク装置がそのまま使用できるという利点があります。

これまでの研究報告には、開口型では 90nm の微小マークの検出 (媒体速度 2.0m/s, $\lambda=686\text{nm}$, $\text{NA}=0.6$) がありますが、記録再生のメカニズムはあまり明確にはなっていません。集光レーザーが筆先記録によって上

層のマスク層に微小開口を形成し、その微小開口より発生する近接光 (数 10nm にのみ局在) が、下層の記録層に微小マークを形成する然と考えられています。

実験では、検出限界 ($\lambda/4\text{NA}$) より短い微小マークと検出限界より長いマークの再生信号レベルに対し、再生パワーおよび記録パワーの影響を系統的に実験解析した結果、記録パワーに対し信号レベルが 2 段階に変化すること、変化点の条件が Super-RENS 信号の出現条件と対応することから、図 14.3 の記録再生メカニズムが明らかになりました (1)。

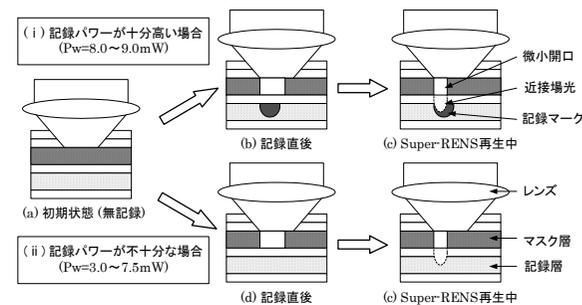


図 14.3 開口型 Super-RENS の予想モデル (300nm)

(1) 田頭剛, 浮田宏生: 開口型 Super-RENS の相変化メカニズム, 光学, 31, 9, pp.693-698, 2002.

理論では、図 14.4 の超解像モデルにより、マスク層の透過率、微小開口の直径、開口位置、開口形状を変化させ、微小開口透過光と記録マークとのコンボリューション積分により再生信号を解析しました。

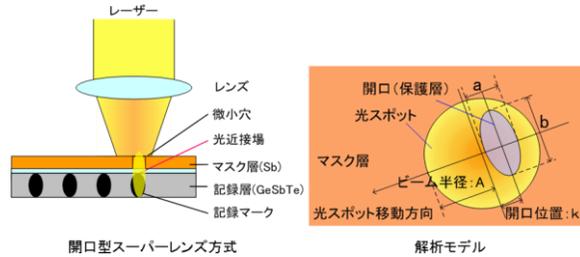


図 14.4 開口型 Super-RENS の解析モデル

その結果、超解像により信号分解能の向上には、

- (1) 信号変調度が大きくなるようにマスク層の透過率を小さくする。
- (2) マスク層に記録マークの寸法程度弱の大きさの開口を設定する。
- (3) 開口の形状は縦長が望ましい。
- (4) 開口位置依存性は少ないが、マスク層の透過率が小さく、開口径が大きい場合には開口位置をビーム中心から端部へ移動する。

などが有効であることが明らかになりました。

(2) 松田康伸, 浮田宏生: 開口型超解像光ディスクの再生特性の解析, 電気関係学会関西連合大会, G8, 3A202-10, 2010

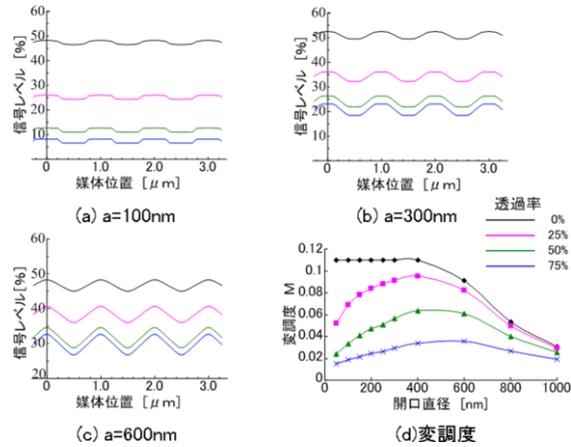


図 14.5 開口直径の影響

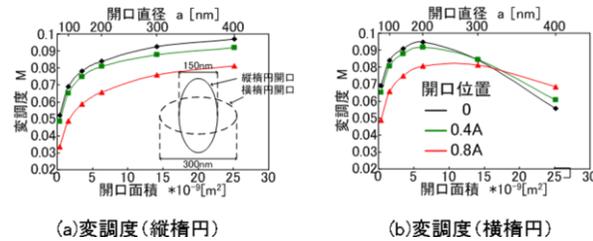


図 14.7 開口形状の影響

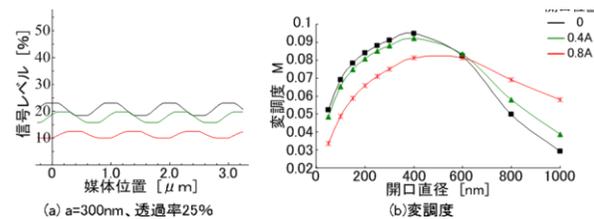


図 14.6 開口位置の影響

14.3 散乱型 Super-RENS の記録再生メカニズム

実験では、図 14.8 の散乱型 Super-RENS の記録再生メカニズム、CNR の向上と超高密度特性が明らかになりました⁽³⁾。

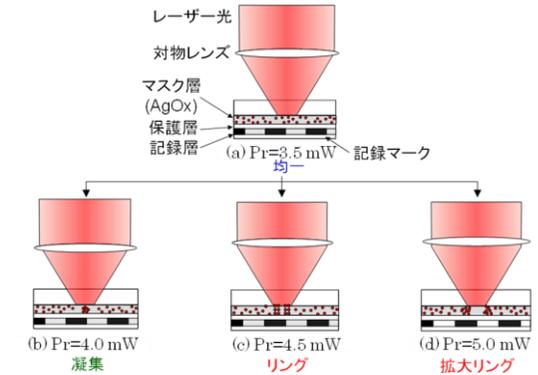


図 14.8 散乱型 Super-RENS 記録再生メカニズム

理論では、super-RENS ディスクのマスク層に上記の Ag 粒子 (均一分散, 凝集, リング) を配置し、集光ビームを照射してその近接界を FDTD 解析し(図 14.9), その近接界を無限遠方の電磁界に変換, それを対物レンズの開口角内で積分することにより再生信号を得ました。その結果, Ag 粒子構造が均一、凝集、リング構造になるにつれて光強度、変調度も増加(図 14.10)し、実験結果と傾向が一致することが明らかになりました⁽⁴⁾。

- (3) H.Ukita, Y. Ueda and M. Sasaki: Read/write mechanism for a scattered type super-RENS using an AgO_x mask layer and the smallest mark reproduced, Jpn. J. A.P. **44**, 1A, pp.197-121, 2005.
- (4) 大羽, 田口, 浮田: FDTD 法による散乱型 super-RENS の再生信号の解析, 応物学会予稿集III, 9p-T-3, 2009.

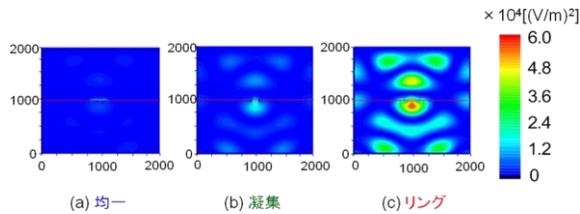


図 14.9 近接場強度分布

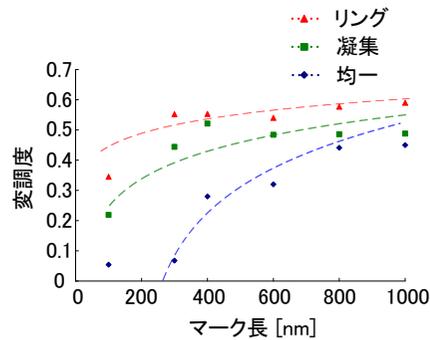


図 14.10 再生信号のマーク長依存性

14.4 散乱型 Super-RENS の書き換え特性

実験解析から図 14.11 の書き換えの手順, 図 14.12 の書き換えのメカニズムが明らかになりました. 図 14.13 に最終的書き換え特性を示します⁽⁵⁾.

- (5) H. Ukita and N. Tamura: Rewrite Characteristics of a Scattered-Type Super-Resolution Near-Field Structure Optical Disk with an Ag_2O mask layer, Jpn. J. A. P. **46**, 9, pp.5838-5844, 2007

- (a) 長マーク(通常再生可, $P_r = 1 \text{ mW}$)
- (1) 初期化 $P_i = 8.0 \text{ mW}$ (3 秒間)
 - (2) 記録 $P_w = 8.0 \text{ mW}$ (パルス)
 - (3) 消去 $P_e = 7.5 \text{ mW}$ (3 秒間)
 - (4) 記録 $P_e = 8.0 \text{ mW}$ (パルス)
- (b) 微小マーク(検出限界以下: Super-RENS 再生)
- (1) 初期化 $P_i = 8.0 \text{ mW}$ (3 秒間)
 - (2) 記録 $P_w = 9.0 \text{ mW}$ (パルス)
 - (3) 再生 $P_{rs} = 5.5 \text{ mW}$ (Super-RENS 再生)
 - (4) 消去 $P_e = 7.5 \text{ mW}$ (3 秒間)
 - (5) 再生 $P_{rs} = 5.5 \text{ mW}$ (Super-RENS 再生)
 - (6) 記録 $P_e = 9.0 \text{ mW}$ (パルス)

図 14.11 書き換えの手順

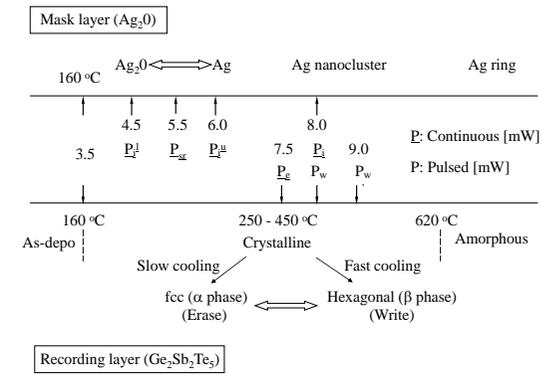


図 14.12 散乱型 Super-RENS の書き換えメカニズム

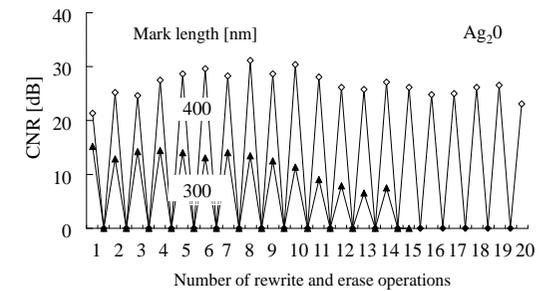


図 14.13 散乱型 Super-RENS の書き換え特性