

コリニア方式ホログラムメモリー

堀 米 秀 嘉

Collinear Hologram Memory

Hideyoshi HORIMAI

A novel holographic page data write/read method, so called collinear holography has been developed for commercialization of holographic storage technology. Using this method, data are recorded as volumetric hologram that is generated by interference patterns. "Reference beam" and "signal beam" are bundled on the same axis, and irradiated on the recording medium through an objective lens. Holographic storage optical systems used to be bulky and complex, but collinear holography technologies allow the system to be small and compact. Moreover, our unique servo system has realized downsizing of pickups, removal of vibration isolators, upward compatibility with existing DVD and CD, and cost reduction and has overcome many obstacles to commercialization.

Key words: collinear holography, hologram memory, volumetric recording, CD/DVD compatible, two laser pickup, page oriented data recording, optical servo

1. 従来のホログラムメモリーとその問題点

大容量と高転送レートを同時に達成する次世代記録方式として、ホログラムメモリーが再び脚光を浴びてきている¹⁻³⁾。特に、厚みをもった体積記録媒体をディスク形状にしたホログラムメモリーも数多く提案されてきており⁴⁾、次世代光ディスクの可能性を示唆している。

しかし、商品化が近づくにつれ、以下に示すような問題点が浮き彫りになってきた。

- (1) ホログラム記録再生で一般的に用いられている二光束干渉法では、参照光と情報光を2つの異なる光軸で構成するため、通常の光ディスクに比べて光学系が複雑化してしまう
- (2) 記録媒体が透明でアドレスなどの高精度な基準がなく、リムーバビリティ（可換性）が極端に劣っている
- (3) ディスク回転時の面振れや偏心に対する対処法が十分に検討されておらず、記録媒体に光の波長オーダーの平坦性が要求されるため量産に適していない

筆者らは、上記の問題点を解決するにはホログラム記録再生光学系に用いられる二光束干渉法を抜本的に見直すことが必要であると考えている。

2. コリニア方式

ホログラムの記録再生方法として広く用いられてきた二光束干渉法に代わる光学系の方式として、参照光と情報光を同軸な1本の光束として扱う同軸読み書き型ホログラフィー方式が提案されている。ディスク構造およびユニークなサーボ方式なども総合して、この方式はコリニア方式とよばれている。

コリニア方式は従来の光ディスク技術ときわめて親和性が高く、ホログラムメモリーの利点を生かしつつ光ディスクの総合技術を容易に融合させ、新しいコンセプトの大容量・高転送レートの光ディスクメモリーを実現することが可能である。

以下にコリニア方式のコンセプトを示す。

- (1) 厚みをもった体積記録媒体を用いることで記憶容量を増大させる
- (2) 二次元ページデータを一括してホログラム記録再生し、転送レートを向上させる
- (3) 情報光と参照光が角度をもたない同軸状のコリニアな光学配置でホログラム記録再生を行う
- (4) 反射膜付ディスク構造にすることにより、ディスク片面側で完結する光学系を構成する

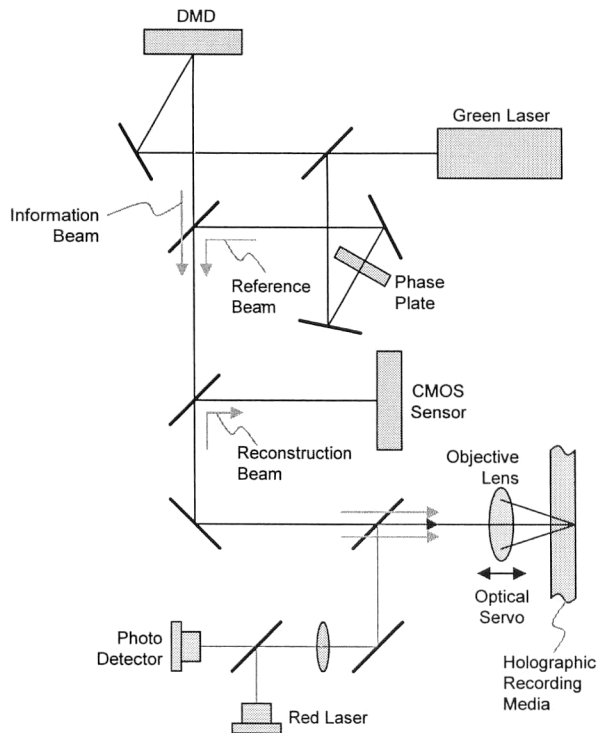


図1 コリニア方式光学系模式図。

- (5) 光ディスクにはアドレスと光サーボ情報をあらかじめプリフォーマットで形成する
- (6) 光サーボ技術を応用し、ディスクの回転・偏心・面振れがあっても干渉縞を記録可能にする
- (7) 二波長光学系を構成し、記録材料を感光させない波長でアドレス読み出しおよび光サーボを行う
- (8) 光サーボ用の光を利用すれば、既存のCDやDVDとの上位互換も可能となる
- (9) 従来の光ディスク分野と同等の製造インフラが活用でき、余分な設備投資を必要としない

3. コリニア方式光学系の構成

同軸読み書き型ホログラフィー方式と光ディスク総合技術を融合させたコリニア方式光学系の模式図を図1に示す。

ホログラムの記録および再生には、記録材料に感光性のある波長 532 nm の緑色レーザーを用いる。一方、記録材料が感光しない波長 650 nm の赤色レーザーでフォーカスおよびトラッキングサーボがかけられ、さらにプリフォーマットされたアドレスの読み出しも行われる。

この2つの波長の光は対物レンズの手前に配置されたダイクロミックミラーで同じ光路となり、同一の対物レンズに入射される。記録媒体には反射膜が付けられており、この反射膜に焦点が合うよう対物レンズが制御される。

コリニア方式によるホログラムの記録再生過程を図1に

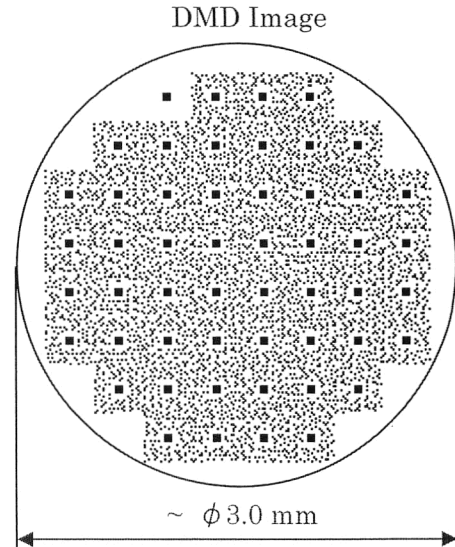


図2 二次元ページデータ情報。

従って説明する。

記録用レーザー光は、まず、ビームスプリッターにより情報光 (reference beam) と参照光 (information beam) の2つのビームに分けられる。情報光は空間光変調器 (DMD: digital micro mirror device) により二次元ページデータに変換される。この2つのビームは再度ビームスプリッターによって同軸状に合体されたあと対物レンズに入射され、記録媒体 (holographic recording media) 上へ干渉縞の形でデータが記録される。記録されたホログラムからの情報の再生時には参照光のみが対物レンズに入射され、再生信号 (reconstruction beam) は対物レンズを通過して戻り、二次元撮像素子 (CMOS sensor) により受光される。

4. 評価データ

コリニア方式光学系を用いて記録再生された評価データの一例を紹介する。

DMDによって空間的に変調され記録される二次元ページデータ情報を図2に示す。ページデータの大きさは直径約 3 mm、ページデータ中のピクセルのサイズは 13.7 μm である。実際には DMD には白黒を反転した状態で表示させる。

図3は、実際に記録媒体中に記録されたホログラムの顕微鏡写真である。記録されたホログラムのサイズは直径約 200 μm である。

図4は、記録されたホログラムから再生され CMOS sensor によって受光された再生信号である。写真のなかの明るいピクセル一つひとつがデジタルデータとなる。

再生信号の解析例のひとつを図5に示す。明るいピクセル (Won) と暗いピクセル (Woff) のそれぞれをヒストグ

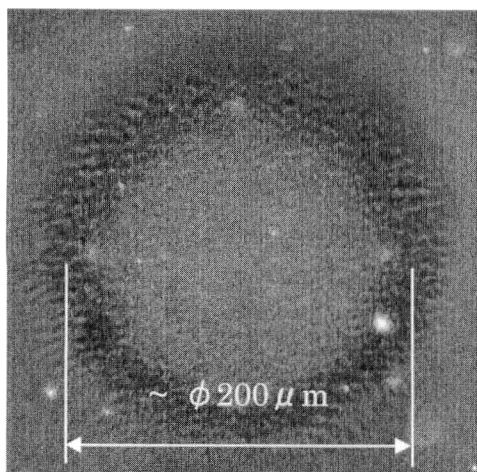


図3 記録されたホログラムの顕微鏡写真。(カラー口絵参照)

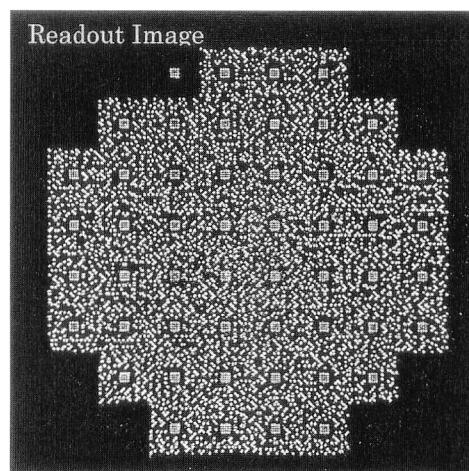


図4 ホログラムからの再生信号.

ラムとして表示した場合、ヒストグラムの交わりがエラーとなる確率が高くなる。図では Won と Woff が分離されているのがわかる。エラーレートは 1×10^{-4} 以下であった。

参照光と情報光を同軸光束として扱うコリニア方式ホログラムメモリーについて、そのコンセプトを中心に解説した。さらに、コリニア方式を用いた記録材料評価システムにより、データストレージに向けての基本特性が評価できることを示すとともに、次世代の大容量・高転送レートのストレージ実現の可能性を示した。

今後、さらなる材料特性の改善を期待するとともにストレージ装置の試作を行い、実用化を目指していきたい。

文 献

- 1) L. Hesselink: "Ultra-high-density data storage," Commun. ACM, **43**, No. 11 (2000) 33-36.
- 2) S. S. Orlov: "Volume holographic data storage," Commun. ACM, **43**, No. 11 (2000) 46-54.
- 3) H. J. Coufal, D. Psaltis and G. Sincerbox (Eds.): *Holo-*

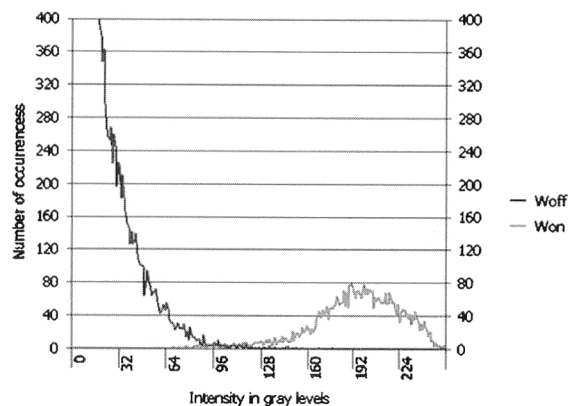


図5 再生信号のヒストグラム解析.

- graphic Data Storage* (Springer Verlag, New York, 2000).
- 4) D. Psaltis and F. Mok: "Holographic memories," Sci. Am., **273** (1995) 70-76.

(2003年7月7日受理)