

ホログラフィックメモリのための SQAM 信号の一括再生復号法

Bach Reading and Decoding of SQAM Signal for Holographic Data Storage

山梨大院工¹, [○]本間 聡¹, 五十嵐 淳¹, 伊藤 宙陸¹
Yamanashi Univ.¹, [○]Satoshi Honma¹, Jun Igarashi¹, Hironori Ito¹
E-mail: shonma@yamanashi.ac.jp

1. はじめに

ホログラフィックデータストレージ (HDS) の情報記録密度を向上する手法として、振幅と位相を変調した空間直交振幅変調 (SQAM) 信号の使用が検討されている。一般的に、再生信号光の位相を計測するためには、光干渉計を組み込む必要があり、システム構成が複雑化するという問題を有している。

本報告では、複数の SQAM 信号を一括再生し、それらの干渉強度分布より位相信号を検出する手法を提案する。複雑な光干渉計を組み込む必要がなく、簡素な構成で位相検出が可能となる。

2. SQAM 信号の記録

図 1 に SQAM 信号に対するホログラムの記録の概念図を示す。位相交互配置法などを用いて生成された SQAM 信号光は、レンズでフーリエ変換された状態で参照光とともに媒体に照射され、ホログラムが記録される[1]。その後、ディスクの回転により媒体の位置を移動し、同様の過程で、ホログラムを記録する。記録ホログラムは 2 次元上にほぼ等間隔に配置される。

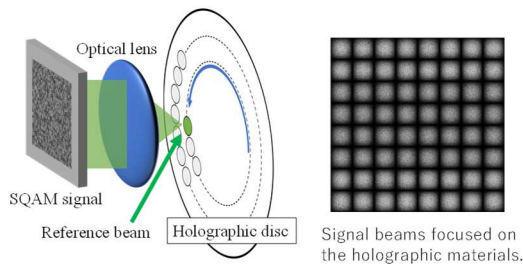


Fig. 1 SQAM 信号の記録とホログラムの配置

3. SQAM 信号の同時再生と復号処理

図 2 に SQAM 信号の一括再生と復号法の概念図を示す。同図では 3 つのホログラムに対し適切な方向から同時に読み出し光を照射し、各 SQAM 信号を一括再生する。各再生 SQAM 信号は、レンズによりフーリエ変換され、それぞれカメラ面上で結像する。ただし、フーリエ空間と実空間の間の空間シフトと角度シフトの関係から、これらの SQAM 信号光は異なる角度でカメラ面に入射することとなる。3 つの SQAM 信号の干渉強度分布がカメラによって検出される。

図 3 (a)および(b)にカメラ面に形成される強度分布と、これを計算機でフーリエ変換したスペクトル強度分布を示す。入射角度の異なる 3 つの SQAM 信号が重複することによって干渉強度分布が形成されている。ここでそれぞれの SQAM 信号の複素振幅値を

$$C_i = A_i \exp(j\varphi_i)$$

とすると、図(b)において領域 P_2, P_3 の位置に、 $\mathcal{F}\{C_1 C_2^*\}$, $\mathcal{F}\{C_1 C_3^*\}$ に相当する分布が現れる。ただし、 $i(=1-3)$ はデータ番号、 A_i および φ_i はそれぞれ SQAM 信号の振幅および位相値である。領域 P_2, P_3 のスペクトル分布を個別に抽出し、フーリエ縞解析を適用することによって、 $C_1 C_2^*$ および $C_1 C_3^*$ の分布を求めることができる[2]。

ここで、 C_1 の分布があらかじめ既知であるとする、求めた $C_1 C_2^*$ および $C_1 C_3^*$ を C_1 で割ることによって、同分布より C_2^* , C_3^* , そして C_2 , C_3 を算出できる。ただし、同手法では C_1 に相当する複素振幅値が既知である必要がある。図 4 に図 3(a)に示す強度分布から復号された C_2 と C_3 の複素分布を示す。

ホログラフィックメモリの全体の再生手順を説明する。先の手順にしたがって、 C_1 , C_2 , C_3 のホログラムを再生し、既知である C_1 の分布を用いて C_2 , C_3 の値を復号する。その後、ホログラムの読み出し位置を横方向に移動する。その際、 C_2 または C_3 を含むように、同様の手順で 3 つの SQAM 信号を再生する。ここで、 C_2 , C_3 はすでに前回の復号過程によって得られているため、その値を使って他の 2 つの SQAM 信号を復号する。この過程を連続して実行することによって、すべてのホログラムデータを再生することができる。

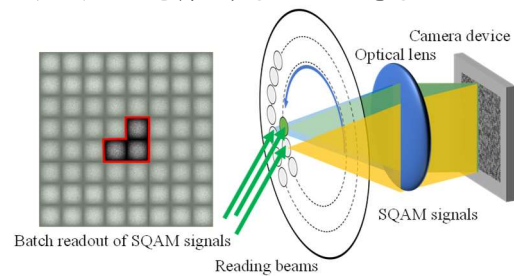


Fig. 2 SQAM 信号の一括再生

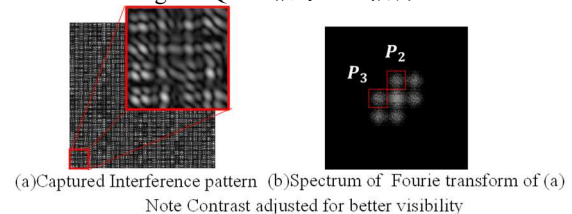


Fig. 3 検出される干渉強度分布とそのスペクトル分布

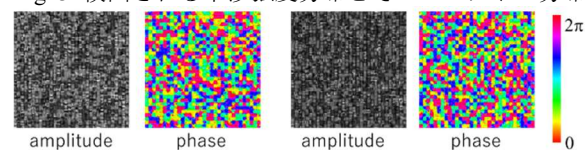


Fig. 4 復号された C_2 , C_3 の分布

4. まとめ

ホログラフィックメモリから同時再生した複数の SQAM 信号光の干渉光強度分布を計測し、フーリエ縞解析を適用することによって、各信号の複素振幅値を復号する原理を説明した。さらにメモリに記録された全てのデータを復号する効率的な手順を示した。

参考文献

- [1] S. Honma, et. al., ISOM'20 Technical Digest, We-D-03, (2020)
- [2] T. Nobukawa et. al., Opt. Express, Vol.24, No.18, pp.21001-21011 (2016)