

Q ホログラムとは何ですか？

A

ホログラムとは？

光は「波」の一種で、高速通信に使われていますが、日常生活にあふれている光にも膨大な情報が含まれています。この情報を、写真のフィルムなど感光性の媒体に、干渉現象を使って完全に近いかたちで記録する技術がホログラフィーです。またホログラムとは、ホログラフィーで光の情報を記録した感光媒体を指し、技術の名前であるホログラフィーとは区別して用います。

図1(a)は、ホログラフィーの情報記録原理を示したものです。ホログラフィー技術では、物体から発せられた情報を含む光を物体光と呼び、これを感光媒体に照射すると同時に、参照光と呼ぶ別の光を感光媒体上で重なるように照射します。このとき、2つの光が干渉しあい、干渉縞を生じます。この干渉縞の明暗パターンに従って、感光媒体が縞模様様に感光されます。これをホログラムと呼び、物体光に含まれた情報を記憶しています。ホログラムの縞は非常に細く(1000分の1ミリ以下)、それ自体を見ても何が記録されているのかは分かりません。しかし、図1(b)のように、記録のときに用いたのと同じように参照光を照射すると、ホログラムによって光が回折されて、元の物体光と等価な光が発生します。発生した回折光は、元の物体光の情報をすべて含

んでいます。例えば立体物を照明したときの表面からの反射光を物体光として記録すると、正面に進む光だけでなく、斜めに進む光も再生されるので、観測する人は、顔の位置を動かすと、立体物の側面も観測することができ、あたかも実物がそこにあるように見えます。

ホログラムのアプリケーションは？

ホログラフィーのもっとも得意とするのは立体表示です。現在、特定の観測環境下で人に擬似的に立体物を認知させる技術は多々存在しますが、特別な環境でなくても自然な立体認知ができるのは、ほぼ完全な光再生をするホログラフィーだけです。博物館などでは、ホログラフィーを用いた、理想的な立体像表示をよく見かけます。ところが現在までのところ、静止した像の表示が基本であり、動かすことができないためか、用途は広がっていません。

ホログラフィーのもう1つの典型的な応用例は、メモリです。前述のように、ホログラムには光に重畳されている膨大な情報を蓄積することができるので、非常に大容量の記録ができます。従来の大容量メモリ装置の代表といえば、磁気ディスクのほかDVDに代表される光ディスクがあります。これらはすべて、情報記録媒体であるディスクの表面に2次元的に記録が行われます。これに対してホログラフィーを用いると、厚い媒体に3次元的に記録を行うことができ

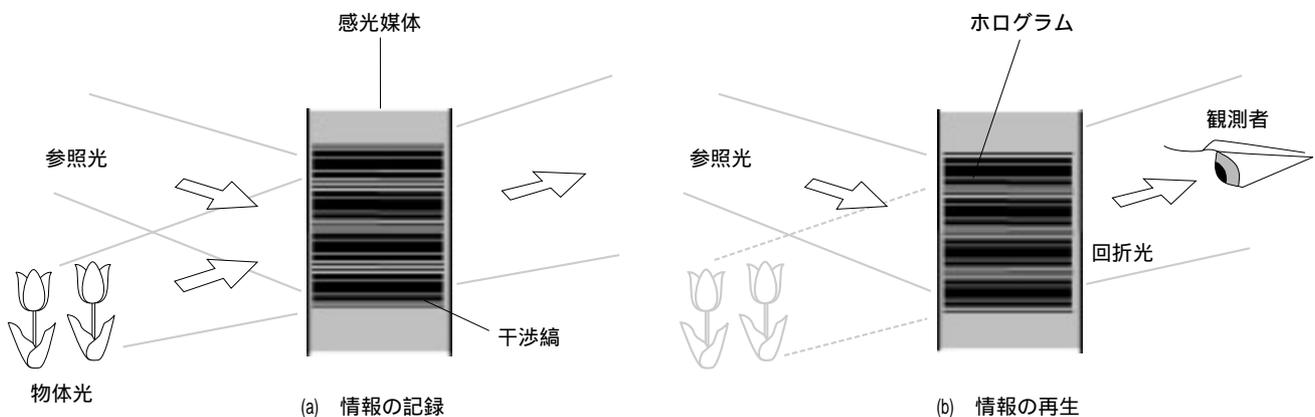


図1 ホログラフィーの原理

るので、飛躍的な情報容量増加が望めます。このメモリは、体積多重ホログラムメモリと呼ばれ、角砂糖1個分の体積に、1T (10^{12}) Bが記録できるといわれてきました。ところが、1960年代に体積多重ホログラムメモリの研究開発が開始されてより40年を経て、いまだ普及機は出ていません。主な原因は、体積多重ホログラムメモリがレーザ、撮像素子、記録媒体など、さまざまな部品・材料を必要とし、これらの個別技術が、メモリの必要とする仕様を満たしていなかったためだと考えられます。近年、これら個別技術の成熟に伴い、一度はすたれたホログラムメモリが再び見直されました。それでも、レーザを例にとると、発生させる光の波長を高精度に制御しなければならず、価格はまだ一般消費者の手の届くレベルではありません。このため、体積多重ホログラムメモリは、まずは放送局など膨大な画像データを使う機関での特殊用途への適用が検討されてきました。

NTTでの研究開発状況は？

NTTの研究所では、新しいタイプのホログラムメモリの開発を行っています。積層導波路ホログラムROM (MWH-ROM: Multilayered Waveguide Holographic Read-Only Memory) と呼び、従来の体積多重ホログラムメモリとは原理を異にします。現状では、読み出し専用ですが、前述の部品・材料につき、すでに技術が確立していて低コストで製造されているものを流用できることが特徴で、従来の体積多重ホログラムメモリがターゲットとしていた高性能な特殊用途ではなく、一般消費者に向けた製品の実現に向けて開発を進めています。

図2は、MWH-ROMの動作を示したものです。情報記録媒体は樹脂でできており、屈折率の高い層と低い層とが交互に積み重ねられた構造をしています。屈折率の高い層をコア層、低い層をクラッド層と呼び、それぞれ約 $1\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ の厚さです ($1\mu\text{m}$ は1000分の1mm)。この構造を積層導波路構造と呼びます。それぞれのコア層は、光ファイバと同じように光を内部に閉じ込めて伝播させる働きをし、また情報が平面状のホログラムとして組み込まれています。情報の読み出しには、図2のように、半導体レーザから発せられた光をレンズで集光し、これを媒体の1つのコア層に当てます。このとき、そのコア層だけに光が伝播し、この光(導波光)は、この層に組み込まれたホログラムに

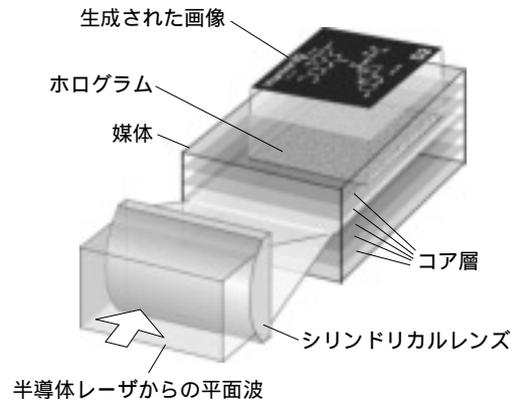


図2 導波路ホログラムROMの動作

よって回折され、コア層と垂直方向に進みます。回折光は媒体の外に出て、図2のように像を結びます。そこで、デジタルカメラに用いられるCCDなどの撮像素子でこの画像をとらえ、情報を読み出します。各コア層には、別々の情報が入っているので、レンズの位置を動かして光を入れるコア層を変えていくことにより、次々と情報を読み出していくことができます。ここでは、導波光が図1(b)の参照光、画像を生成する光が同図の回折光に相当し、画像を浮き上がらせるためにホログラフィーの原理が使われています。

体積多重ホログラムには及びませんが、コア層は100層程度積むことができるので、切手サイズで1G (10^9) B程度の情報が入ります。各層へのホログラムの組み込みは、工場媒体を製造するときに、DVDと同じように、金型から転写して行います。このため、基本的にはMWH-ROMの媒体は読み出し専用ですが、1個当りの製造コストは非常に安いという特長を持ちます。一方、この製造技術は非常に高度なもので、偽造は困難であると考えられます。さらに、光ディスクのように高速回転をしないために耐衝撃性に優れ、低消費電力です。これらの特長を生かすには、コンテンツを媒体に載せて配布し、ユーザに携帯端末で読み出してもらうような形態の用途が最適で、近年中のビジネス化に向け、開発が進められています。

このコーナーで取り上げて欲しい質問をE-mailで編集部までお寄せください。
(社)電気通信協会内 NTT技術誌事務局 E-mail jrr@tta.or.jp