



# 光波電子工学

小山次郎\*

“光学的に画像を記録・再生する”，“光で画像を伝送する” ことに関する技術は，ご承知の通り古い歴史を持っており，これがエレクトロニクスと密接に結び付き始めてからでも，すでに25年近くを経過しているが，レーザが発明されるまでは光の性質のうち波長（色）とエネルギー強度のみが興味の対象であった．レーザ光が手に入った1960年代からは光波の電磁界強度や位相を利用する技術が発展し始め，光波は非常に波長の短い電磁波—マイクロ波の延長—として捕えられるようになった．私共電子工学屋からは，光応用の研究分野がオプトエレクトロニクスと言われた時代から，レーザの原理に代表される量子エレクトロニクスを経て，いよいよ“光波電子工学”（optical-wave electronics）の時代に入ったと見られる．そこで，私共の研究室で行なっている，この光波電子工学関係の研究について二，三紹介させていただく．

(1) カラー画像の記録・再生： 画像は普通写真乾板上に縮小結像して記録し保存する．縮小率を極端に大きくして高密度で大量の画像情報の蓄積に 대응しようとするのがウルトラ・マイクロフィッシュと呼ばれる技術である．文献，特許ならびに技術資料など，画像として記録保存し，効率よく検索再生することにかかわるニーズは今後益々強まると予測されており，光波はこのような高密度画像記録に本質的に勝れた性質を備えている．通常のウルトラ・マイクロフィッシュの方式では縮小率200分1程度で，このようにして記録密度を上げようすると，僅かなキズによっても情報が失われ，また読み出すのにかなり精密な機械精度と複雑な機構が必要となる．

さて1948年，Gabor によってホログラフィと

いう光学技術が提案された．これは画像情報を運んでいる光波の強度分布と位相分布を同時に乾板上に記録してしまう方法である．このようにして作られたホログラムにレーザ光を照射すれば，もとの波面が再生され，画像を見ることができる．レーザが実用的デバイスとなって以降，ホログラフィはエレクトロニクスの色々な分野で利用されようとしている．ホログラムには画像情報が結像によらず分散的に記録されているので，この方法を画像記録に用いれば，乾板の一部が傷付いても再生画像が欠除することがないとか，複雑なレンズ系を用いずに画像を選択的に再生することができる，などの利点が生れ，ホログラフィは画像を高密度で記録し再生するのに非常に適している．

私共の研究室では，カラー画像をホログラムとして記録・再生する新しい方法を提案している．この方法では，まずストライプ付の赤，緑，青のカラーフィルターを通して，カラー原画を白黒の36ミリフィルムに結像して記録する．このようにしてカラー画像の三色に対応して，たがいに異なる周期のストライプの付いた四種の白黒フィルムが得られる．（図1）これにレーザ光を照射し，その透過光（情報光）を同じレーザから分岐されたもう一つの光と干渉させホログラムとして乾板に記録する．こうした記録法で，三種のストライプ付フィルムの画像を，乾板の同じ場所に微小ホログラム化して重ね合せ記録する．

画像情報を再生するには図2に示すように，直径2～3ミリの多数のホログラムの1つを選択的に He・Ne レーザ光で照射すると，白黒ビデオ管上に三つの画像が同時に再生される．ストライプの付いていない緑の像はそのままの形で再生されるが，赤と青に対応する画像は異なる周期の縦縞で空間的に変調されているので，ビデオ管内の電子ビームで横方向に走査して

\* 小山次郎 (Jiro KOYAMA), 大阪大学, 工学部電子工学科, 教授, 工学博士, マイクロ波半導体デバイス, オプトエレクトロニクス

得られる電気信号は、赤、青については画像情報が異なる周波数に乗った形となる。したがって、この電気信号をフィルタにかければ、カラー画像信号が三色に分離されて得られる。これをカラー CRT に送れば、もとのカラー画像が再生される。

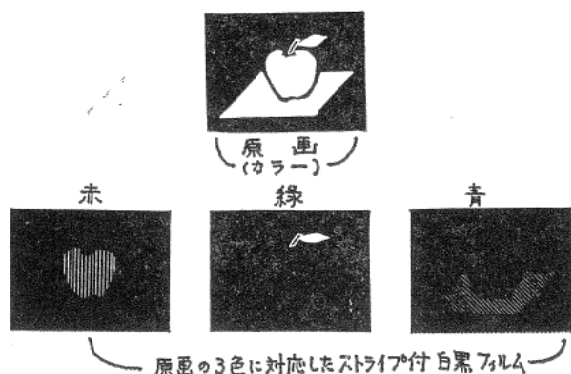


図1

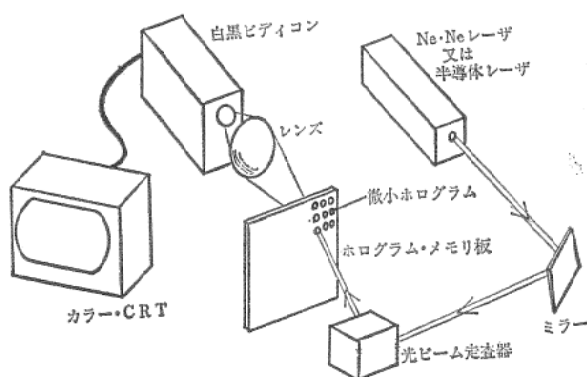


図2

この方式はホログラム記録を用いているので光を偏向して多数の微小ホログラムの中の一つをランダムに高速で選択し表示することができ静止画像に限らず動画も任意の速度で再生することができる。さらに再生装置は通常の白黒ビデオンと CRT からなる簡単なものとなる。

現在、この方式で良質のカラー画像を表示し得ることが確かめられたが、なおホログラム作成を実時間で行なう方法を検討している。

(2) 機能的な光導波路： 光波電子工学のもう一つの重要な応用対象に光通信がある。現在光通信に関しては伝送路（光ファイバ）、光中継装置を中心に、光波を情報の新しい伝送媒体とするため国内外で研究が盛に行われている。その研究の主要課題は光ファイバの低損失化と長

尺製造技術、レーザ光源の半導体化、および光回路とその機能化であると云える。

透明な誘電体基板の表面の一部の屈折率を周囲より僅かに高くすると、光波はこの部分にとじこめられて伝搬するようになる。これが光波の導波路であり、これを用いて平板上に光回路を作ることができる。光回路に電気回路と同様の機能性を持たせ光波をより有用なものとするための研究も各国で盛んに行なわれている。

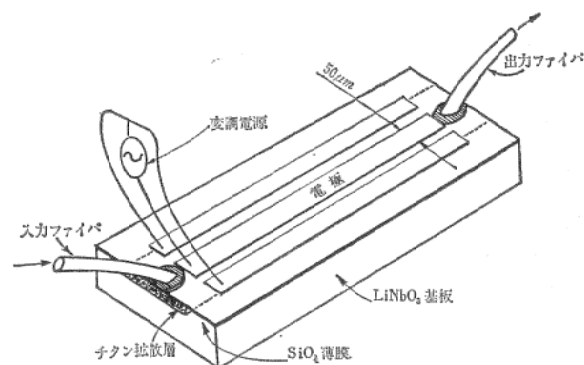


図3

この光回路の機能化に関連して、私共は  $\text{LiNbO}_3$  結晶の電気光学効果を用いた光導波路を提案している。図3のように  $\text{LiNbO}_3$  基板の表面の一部にチタンを拡散すると、この部分だけ周囲より屈折率が高くなり光波は表面にのみとじこめられる。この上に  $\text{SiO}_2$  の薄膜を介して電極を付ける。この三本の電極間に電圧を加えると、 $\text{LiNbO}_3$  の電気光学効果により、中央電極直下の部分のみが光導波路となり、光波は左から右へ伝送され、電圧を逆にすれば導波路は消滅し出力ファイバには光波は伝送されない。最近この新しいデバイスで、20ボルトの電圧で光波を ON・OFF できることが確かめられ、一層の改良で数ボルトで動作させることも可能であることが分った。このデバイスは光通信の中継装置に必要な光変調、光導波路の切換えなどを高速で行なう光回路を構成するのに有用である。

以上のように、私共は光波電子工学に関連した新しいデバイス、方式を実現することで、光波が情報の蓄積とか伝送により有効に役立ち得るようにしたいと努力している。