レーザーの放送への応用

NHK 総合技術研究所 竜 岡 静 夫

レーザーの放送技術への応用における現状と問題点を解説した。現行の放送方式においては、中継用臨時回路、近距離用簡易伝送機器、大画面ディスプレイ、レーザーキネレコ、ビデオカセット、ビデオディスク、特殊効果などに利用することが考えられるが、まだ広く用いられるには至っていない。しかしレーザー技術は、将来放送方式を開発するときの技術的な壁を破るものとして期待される。

1. ま え が き

レーザーは通常の光源にくらべると、高輝度で指向性と単色性にすぐれた光を出すことができる。これらの特長を生かして、現在、種々の技術分野でレーザーの応用がはかられている。レーザー作用を生じさせる物質によって、紫外線から遠赤外線までの広い波長領域の光があるものは連続波として、あるものは短い光パルスとして放出されるので、いろいろな利用方法がある。たとえば、単純に指向性の良い可視光のビームとして土木技術に利用することもあり、強い光パルスをレーダーと同様に用いることもある。また、単色性が良く波動として継続時間が長いので、干渉性が桁ちがいに良くなり、ホログラフィーのような記録技術が可能になった。さらに、波長のオーダーの範囲に強いエネルギーを集中できるので、小さな部分の加工にも利用されている。

レーザー技術は、発明以来 10 年余りの間に基本的な部分はほぼ明らかになり、現在は、その改良と安定化がはかられているともいえる。応用分野では、従来から知られていた素子と組合せた方式の開発がまず行なわれたのは当然だが、新しい機能を持った素子を開発して、技術的な飛躍をするための努力が払われている。

放送技術への応用には、テレビ信号の伝送のように 1 次元信号を取扱う方法、ディスプレイなどのように 1 次元信号と 2 次元情報との間の変換に利用する方法、および記録や画像処理のように 2 次元情報の形で応用する方法がある。本文では、現行放送方式のみならず、将来予想される方式の放送技術にも触れながら、レーザー応用の現状と問題点とを紹介してみよう。

2. レーザーの現状

レーザー装置には、種々の材料と方式を用いたものがあるが、ここでは放送への応用に直接関係のあるものだけを述べることにする。

可視光を連続発振するレーザーには、初期の頃から広く用いられている He-Ne レーザー、出力の大きな Ar または Kr のイオンレーザー、最近開発された Cd や Se などの金属蒸気を用いるレーザーなどがある(表 1)。これらは、指向性の良いビームを連続発振するので応用範囲が広い。

ガスレーザーは、放電管が長いので発振モード(横モード)の単一なものが得やすく、レーザー光の特長を最もよく備えている。

He-Ne レーザーは、大電流を使わないので電源が小さく、空冷でよいので、装置として簡単で最も安定なレーザーである。出力が数 mW クラスのものは反射鏡を放電管に直接接着して、寸法もあまり小さくなく使

表 1 連続発振する主な可視光レーザー

種 類	波 長 (μm)	市販品の最大出力 (mW)
He-Cd ⁺	0.4416	50
Ar ⁺	0.4579	50
Ar ⁺	0.4765	250
Ar ⁺	0.4880	5,250
He-Se ⁺	0.5068	5
Ar ⁺	0.5145	5,620
Kr ⁺	0.5208	60
He-Se ⁺	0.5228	8
YAG (SHG)	0.530	500
He-Se ⁺	0.5305	4
Kr ⁺	0.5682	90
He-Ne	0.6328	50
Kr ⁺	0.6471	1,250

“Application of Laser in Broadcasting” by Sizuo Tatuoka(NHK Technical Research Laboratories, Tokyo).

やすい。8,000 hr 以上の寿命があり、使用しないでも性能の劣化の少ないものが作られている。

希ガスのイオンレーザーは、大出力が得られるが大電力も必要である。Ar イオンレーザーは、ガスのクリーンアップ現象のため寿命に問題があったが、熱伝導性の良いベリリア磁器を用いて動作温度が下がったため、ガスの封入圧力を高くすることができ、寿命は大幅に改善された。

He-Cd レーザーは、短波長の可視光（波長、441.6 nm）のほかに近紫外光（波長、325.0 nm）も発振するので、記録用光源として利用されることが多い。これは、直流放電を用いているため、金属蒸気が電気泳動によって陰極側に移動していくので、寿命と安定性が He-Ne レーザーにくらべると、いま一步というところである。

赤外レーザーは、散乱が少ないので大気中の伝搬を用いた光通信に用いられる。炭酸ガスを用いた遠赤外レーザー（波長 $10.6\mu\text{m}$ ）は効率が高い（実験室的には 20 %）が、光の変調器と検出器の帯域が狭いので、この目的への利用には限界がある。Nd イオンを含んだ YAG 単結晶を用いた固体レーザーは、 $1.06\mu\text{m}$ の近赤外光を連続発振できるので応用が期待される。

半導体レーザーは、電流によって直接に出力を変調できるので応用上有利であり、最近、室温でも連続発振が可能になった¹⁾。これは図 1 に示すような構造で、Si をドーパした p 型の GaAs の中央の薄い層（ $1\mu\text{m}$ 以下）が活性領域で、これを p 型と n 型の $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ではさんだものである。中央の層は、まわりよりも禁制帯域が狭く誘電率も高いので、キャリアも光もその中に閉じ込められ、 $10^3\text{A}/\text{cm}^2$ 程度の電流密度で発振可能になったものである。半導体レーザーの問題点には、小部分に大きなエネルギーが集中するので冷却がむずかしいことがあげられる。また、発振する領域が薄いので回折のため数度から数十度にも光が広がってしまう。

固体レーザーは、パルスレーザーとして短時間大出力のパルス光源として用いられる。ルビー、YAG、ガラスなどの材料を用いている。

最近、ローダミン 6 G のような色素の溶液を用いた液

図 1 二重ヘテロ接合半導体レーザーの構造

体レーザーで連続発振するものも現われた。一方の反射鏡を回折格子にして波長を連続的に変えられるものもあるが、放送への応用にはまだ距離がある。このほか、光の非線型現象を用いて、高調波発生やパラメトリック発振なども行なわれているが、これらも実用には、まだ時間がかかる。

レーザーの応用上の問題点は、効率の低いことにある。可視光レーザーの場合、総合効率は 0.01 % 以下である。それでも指向性の良いビームを送り出すから、その方向には従来の光源より桁ちがいに大きなエネルギーを集中することができるが、大面積に大パワーを送り出すのは有利ではない。このほかの問題点として、レーザー光のノイズがある。ガスレーザーでは 100 kHz 以下の成分が大部分であり、直接ビデオ信号を変調するときは問題になることもあるが、通常は 1 % 程度に押えられている。

3. レーザー応用のための材料素子の現状

光ビームの方向や発散度を変えるには、従来の反射鏡、レンズ、プリズムなどがあるが、色収差を考えなくてよいので自由に利用することができる。これらのほか、偏光フィルター、ニコルプリズムのような複屈折プリズム、位相板なども従来のものが用いられている。

ビームを偏向させるのに最も簡単な方法は反射鏡の角度を変えるもので、ガルバノメーターの軸に鏡をつけたものや回転多面鏡などがある。これらは、あまり早く動かすことはできないが、電氣的に制御ができるので利用範囲が広い。

電気光学効果は、ある種の結晶に電場を与えると複屈折性が変化する現象であって、数百 MHz に追従するので高速の光変調器、偏向器に用いられる。この効果は、光の波長による分散があるが、単色光のレーザー用ならば問題はない。光変調器は、100MHz 程度の帯域で半波長電圧*が 100 V 以下のものが市販されているが、有効口径、コントラスト、駆動電力など、すべての面で満足できるものは得られていない。結晶をプリズムの形に研磨した偏向器は、連続的に偏向角を変化させることができるが、偏向角とか分解能に満足なものはまだない。この種の結晶は一般に圧電効果を伴うので、交流電圧を与えると圧電共振を生じ、周波数特性が平坦にならない。適当な材料を接着して振動を減衰させている。

圧電性結晶の薄い板を一樣な媒質の一端につけ、交流電圧を与えると、媒質中に粗密波の進行波が生じる。これは光学的に考えれば位相格子ができていることになる

* 半波長電圧：電気光学効果を用いた光変調器において、加えられた電圧によって生じた複屈折の量が、光の波長の $1/2$ になる電圧。この値だけ電圧を変化させると、透過光強度を 100 % 変調することができる。

ので、横から光を入ると回折する。周波数は数十 MHz の超音波が用いられるが、周波数を変えると回折角が変わるので偏向器に用いられる。また、粗密波の強度によっても回折光の強度が変わるので光変調器としても利用できる。進行波を用いているので、分解能を大きくするため光の有効径を大きくすると早い周波数変化に応答しないが、 $10\mu\text{s}$ の時定数で 400 点程度の分解能のものが得られている。

テレビ信号のような 1 次元情報を 2 次元情報に変換してホログラムなどを記録することを考えると、位相分布を作る空間変調器が必要になる。マトリックス状の電極や電子ビームによる電荷によって結晶に電場の分布を与える素子の開発が急がれているが、まだ充分な性能のものは得られていない。

光検出器には、シリコンフォトダイオードなどがよく使われる。これは分光特性のピークが $1\mu\text{m}$ 付近にあるので、赤から近赤外用に使われる。逆バイアスを降伏電圧ぎりぎりまで深くかけ、光電流が pn 接合で電子のなだれを生じるアバランシェフォトダイオードは、良いもので 1 万倍以上の増幅作用を持つ。これは応答が早く、増幅率バンド幅が 100 GHz であるが、入射面積を小さくしないと作用しないので使いにくい。そのため、 $200\mu\text{m}\phi$ の接合に、レンズ作用があるテーパ状の光ガイドをつけて、有効面積を $1\text{mm}\phi$ に広げたものが作られている²⁾(図 2)。また、多数のフォトダイオードのアレイも市販されているが、大面積のダイオードを用い、それにあたる光ビームの位置によって出力が直線的に変化する位置検出用ダイオード³⁾も市販されている。

このほか、焦電効果を用いた検出器が利用されるようになってきた。これは、吸収されるエネルギーによる熱効果を使うので遠赤外まで感度が伸びているが、構造上 MHz 以上の応答を得るのはむずかしい。

4. 伝送への応用

レーザーの出現によって、従来、マイクロ波やケーブルが行っていた信号伝送を、光で行う可能性が生じ

図 2 光ガイドをつけたアバランシェフォトダイオード²⁾

た。レーザー通信の特長は、周波数が高いことによる大容量化と、指向性が良いことによる空間的な多重化の可能性にあるが、現状では従来の技術に勝るまでには達していない。この理由は、伝送路を含めた素子の発達の遅れによるのが最も大きい。

大気中の伝搬によるときは、光の損失とゆらぎの影響をうける。可視光の場合は、視程が $S(\text{km})$ のときは、 $13/S(\text{dB/km})$ の減衰をうけることが知られており、視程の統計から考えると、幹線として 99.9% の時間率で通信路を確保するためには、1 km あたり 150 dB の減衰を予想しなければならない⁴⁾。また光の損失を防ぐため、ビームの指向性を良くして伝搬させると、大気のかげろうによってビームの方向と形のゆらぎが生じ、受信光学系に到達する光が変動する⁵⁾。これらの理由で、km オーダー以上の大気中伝搬を実用化するのには、簡単ではない。

臨時回線として利用する場合、装置の設置場所が振動などの影響をうけやすいので、自動的にビームの方向を制御することが必要になる。また、設置時間の短縮をはかるためには、光ビームを走査して自動的に伝送路に引込むことができればよい。振動やゆらぎの周波数は数十 Hz 以下なので、これに必要な位置検出機能やビーム偏向機能は従来の素子で組立てることができる⁶⁾。

100m オーダーの近距離の場合は、広がったビームの一部を受信すればよく、ゆらぎの影響をうけることが少ないので、30cm 程度の径の光学系を用いた簡易装置を作ることができる。光源の指向性はガスレーザーのように良い必要はないので、半導体レーザーや、場合によっては発光ダイオードが利用できる。

閉じた伝送路を用いると、周囲の影響をうけなくなるので、ガラスファイバーなどを用いる方法が提案されている。最近のガラスファイバーは、材料の吸収散乱による光の損失が少なくなり、1 km 当り 4 dB 以下という報告もあるようになり、実用化の期待が持たれている。これには高屈折率のガラスを低屈折率のガラスで被覆したものと、イオン交換技術を使って外部から屈折率が放物線分布をするように変えレンズ効果を持たせたものがある。コアのガラスを CaCl_2 や CCl_4 のような液体にして損失が 20 dB/km 程度のものも得られている。この実用化のためには、損失の減少のほか、ケーブルとしての敷設や接続のための技術の改良も必要で、さらに、材料と構造による分散が遅延ひずみ特性に与える影響を明らかにしなければならない⁷⁾。これらはまだ通信用としての実用実験段階には達していない。

レーザーによる伝送は、今後の情報量の増大を予想すると必要になる技術であるが、現行放送方式を念頭に置

図3 カラーレーザーディスプレイ

く限り、臨時回線とかビル間のような近距離伝送とかの補助的役割を果すだけであろう。

5. ディスプレイへの応用

レーザービームは集束性が良いので、強度変調した光ビームを2次的に走査すると、高解像度の画像を形成することができる。たとえば、非常に精密なIC用マスクなどを作るために、10面の多面鏡によって光ビームを走査し、 $10\mu\text{m}$ 幅の線を $20\text{cm}\times 25\text{cm}$ の乾板上に32,000本描く装置が試作されている⁹⁾。

高速回転多面鏡を用いると、テレビ画像に必要な15.75kHzの水平走査が実現できるので、赤緑青の3色のレーザー光を合成してカラーディスプレイが作られた。大面積のスクリーンに投映する装置については、すでに2,3の会社で試作しているが、ここではNHK技研で試作した1,125本方式テレビ用の装置(図3)⁹⁾によって、その方法と問題点を説明しよう。

光源は連続発振する3色のレーザーを用いる。赤にはHe-Neレーザーの632.8nmまたはKrイオンレーザーの647.1nm、緑と青にはArイオンレーザーの514.5nmおよび476.5nmの波長のビームを用いると色再現性が良い。緑のビームの波長が若干短いので、将来、Ndイオンを用いた固体レーザーの高調波の530nmの光を用いることができれば理想的になる。この3色はカラーカメラの特性と異なるので、カラーディスプレイ装置にはマトリックス回路を用いなければならない。これらの3色を組合せて大画面で充分なスクリーン輝度を得るための問題点は、青い光のパワーが足りないことである。

光を強度変調するには、DKDP単結晶を用いた市販

の変調器(LM)を使っている。30MHz近い帯域の1,125本方式のテレビ信号を変調することは可能だが、素子の容量が大きいため駆動するのに大電力が必要であって、簡単ではない。また、大パワーの光を変調する場合、消光比*が劣化して、画面のコントラストが低下するのも問題である。さらに、温度変化のため変調器のバイアス点が変化して、画面の黒レベルが変わるので、この自動補正もはからねばならない。光変調器の変調特性が電気入力に対してサイン2乗に比例するので、ブラウン管と同じようにガンマを2.2とするための非線型増幅器を使用することも必要である。3色の光ビームを合成するには、カラーカメラに用いられている多層蒸着膜のダイクロイックミラー系(DM₁, DM₂)で特に問題はない。

2次元の偏向系は、光の回折による分解能の低下が生じないだけの有効径(2~3mmφ)が必要であるが、回転多面鏡(M_r)とガルバノメーター(G_v)によって実現できる。機械式の偏向系は色収差がないので、色ずれの問題が生じない。1,125本方式の回転鏡は25面で、毎分8,100回転させるので、空気軸受や磁気軸受が開発されている。有効径を確保するために多面鏡の直径を大きくすると、遠心力による変形が問題になるので、光ビームを回転に追従してウォブリングさせる方式¹⁰⁾などもとられている。

回転多面鏡の角度分割誤差は、水平方向のジッターとなるが、現在の工作技術でほぼ満足できる。一方、反射面の回転軸に対する傾き誤差と回転軸自身の傾きは、ビ

* 消光比: 光変調器の透過光強度の最小値の最大値に対する比。この変調器で強度変調することができるコントラストは、この値の逆数を越えない。

図 4 光学的ピッチむら補正の原理

ームの垂直方向のずれを生じ、画面上では走査線のピッチむらになる。図 3 では、これを補正するため電気光学効果を用いた微小角の光偏向器(EOD)を用いているが、図 4 に示すように、光学的に補正することもできる¹¹⁾。光学的補正の原理は、水平偏向の多面鏡に入る光束に 1 対のシリンドリカルレンズを挿入し、側面から見た場合は、光束が一度多面鏡に収束し、そしてスクリーンに再結像するようにしたものである。多面鏡上の偏向点(P)とスクリーン上の点とは L に関して物体と像との関係にあるので、スクリーン上のスポットの位置に反射鏡のおれの影響はない。一方、シリンドリカルレンズは水平方向の偏向には無関係なので、ピッチむらの補正だけを行なうことができる。なお、光学系を複雑にすれば、いろいろな補正を行なうことができるが、この反射損失によるスクリーン輝度の減少が大きいため、反射防止に留意しなければならない。

ここに述べたレーザーディスプレイの投映面をフィルムの画面になるように小さくし、無変調の光を走査して適当な光検出器に透過光を集めると、レーザーフライングスポットスキャナーとして用いることができる。1, 125 本方式のフィルム再生に利用できるものは現在これしかない。

6. 記録への応用

前章で述べたレーザー光の集束性の良さを利用した記録再生方法が 2, 3 提案されている。

フィリップス社のビデオディスクは、LP レコードと同じ大きさのプラスチック円板で、片面に 30~45 min のカラーテレビ信号を記録することができる。これは、レコードと同じパターンで、しかし、ずっと細かいピッチ (2~3 μ m) で記録しており、 μ m オーダーに収束した He-Ne レーザー光スポットを用いて読出している¹²⁾。

回転多面鏡を用いて光ビームをフィルムの進行方向と直角方向に走査し、ビデオテープのような形式で信号を

光で記録する方法もある。RCA 社では、Ar イオンレーザーを光源として、5 $\times$ 12 μ m の光スポットを、トラック幅 12 μ m、トラック間隔 36 μ m で 70 mm 幅の銀塩フィルムに書込み、100 MHz の信号の記録再生を行なった¹³⁾。

前章で述べたディスプレイと同様な装置を用いて、フィルム上にテレビ画像を走査記録すると、カラーキネコとして利用できる。この場合は、レーザーの出力が大きなくてもよいので技術的には楽になり、高解像度、高彩度で粒状性が良く、画面の直線性が良くて色ずれのないフィルムを得ることができる¹⁴⁾。

レーザー光の干渉性の良さと、単色光成分についていえば、強度が大きいということは、以前から着想があったホログラフィーの技術を実用化した。ホログラフィーの特長は、いろいろな形で表現できるので重複はあるが、次のように書くことができる。

- ① 光の波面の記録再生が可能
- ② 画像情報のフーリエ変換や相関などの演算機能を持つ
- ③ レンズを用いなくて像を結ぶことができる
- ④ 情報がホログラム全面に記録されているので冗長度が高い
- ⑤ 多重記録が可能である
- ⑥ 記録材料の凹凸として記録したときは、複製が容易である
- ⑦ 再生像の中間調を再現しやすい

第一の特長は、立体像の記録再生が可能ということでもあるが、これを放送に応用することは困難である。この理由は、ホログラムと電気信号との変換に用いる素子(カメラとディスプレイ)の開発が非常に遅れていることと、伝送に必要な帯域が広すぎることである。

ホログラフィーを、2 次元情報の記録に応用するとき、従来の写真技術との比較をしなければならない。記録材料として同じ写真乳剤を考えたとき、ホログラフィーでは写真乳剤の解像力からきまる記録容量の半分以下しか利用できないという問題がある。この理由は、一般のホログラフィーでは干渉縞を搬送波として情報を記録しているため、スペクトルの原点付近には情報相互間の干渉による成分があり、信号の 2 倍の周波数の成分まで利用できない¹⁵⁾。たとえば、3,000 本/mm の解像力のある写真乳剤を利用しても、信号の帯域は 750 本/mm 以下になる。しかし、写真の場合は結像光学系が必要であり、その収差や焦点調節の精度のために、大口径で広角のレンズを用いるのは簡単ではなく、写真乳剤の能力を全部利用しているわけではない。レンズの収差を考えないとき、フィルム上の分解能は口径における回折によ

図 5 写真とホログラムの解像力の比較

って制限され、波長 λ の光で記録すると、分解能はだいたい $D/\lambda L$ に等しい(図 5)。ここに、 L はレンズとフィルムの距離である。それゆえ一辺 a のフィルムに記録できる情報は $aD/\lambda L$ (本) となる。

ホログラムの場合、フーリエ変換ホログラムを用いるとすると、記録するときは図 5 の点線で示したレンズによって、一辺 D の情報を一辺 a の乾板上に記録する。なお、図ではホログラムとするために必要な参照光は省略している。再生するときは、ホログラムから実線で示した光束が物体のあった位置に収束して再生像を作るが、このときの分解能は $a/\lambda L$ に等しく、像面全体では、 $aD/\lambda L$ (本) の記録ができる。この結果はレンズの場合と似ているが、レンズの場合にとりうる D/L の大きさには結像面が大きいために制限があり、球面収差だけ補正すればよいフーリエ変換レンズより小さな値しかとれない。このため、ホログラムのほうが高密度記録が可能である¹⁶⁾。

高密度記録を目標にすると、ホログラムが記録に冗長性を持っていて、ごみやきずによって情報が失われないことが有利な点になってくる。キネレコした画面を 1 コマずつホログラムに記録し、ビニールフィルムに複写した RCA 社のホロテープ (Selecta Vision と呼ばれた) は、この特長のほかに、フラウンホーファーホログラムという形式を用いて、フィルムが動いても再生画面が動かないような配置にすることができたので、フィルムの送り速度を任意に変えることができる¹⁷⁾。これは、ビデオカセットとしての応用が期待されている。最近、カラー信号を輝度信号と色信号の 2 コマにわけて記録

し、再生するときは Bivicon と呼ばれる 2 個の電子銃を持ったビジコンによって 2 コマ同時に再生する方式をとっている¹⁸⁾。

1 枚の乾板に多数のホログラムを 2 次的に配置して記録し、読出しビームを偏向して任意の 1 枚の画像を再生する方式は、検索性の良い大容量メモリーとして利用できる。これは最初、計算機用ビットメモリーとして開発され、 1 mm^2 に 10^5 ビット記録できるが¹⁹⁾、中間調のある画像メモリーとしての検討も行なわれている²⁰⁾。

レンズの結像面でホログラムを作るイメージホログラムは、再生光源として白色光が使える特長のほか、ホログラム面から離れた位置に再生光束の広がりを制限する射出瞳があるので、同じ場所に多重記録した情報を分離して再生するのに有利である²¹⁾。これも、検索性の良い画像メモリーとして利用することが考えられている。

レーザー光で記録再生する場合、拡散性の反射や透過をする部分があると、再生波面が不規則な小波面の合成になるため部分的な干渉をおこし、再生画面に写真の粒状性のようなスペックルノイズを生じる。これを軽減するために、たとえばホロテープでは、1 枚のホログラムを多数のサブホログラムに分け、これらからの再生像を重ねることによってノイズの平均化をはかっているが、これは実用上最大の問題なので、今後も検討が必要である。

ホログラムの記録材料に消去再記録可能なものができれば、応用範囲が広がるであろうが、その開発が遅れているので読出し専用メモリーとしての応用しか考えられていない。

7. む す び

放送へのレーザーの応用として、上記のもののほか、強度変調した光ビームによって任意のパターンをスクリーン上で動かし、音楽などとあわせて芸術性を持ったものを作る試みや、ランダムな凹凸の面上にレーザービームを走査して稲妻が走るシーンを作る効果への応用も試みられている(写真 1)。

写真 1 レーザービームを利用した稲妻発生器
(NHK 制作技術局、土岐、福島氏の好意による)

前章までに述べたように、レーザー応用技術の現状は実用的な装置として、まだ広く一般に用いられていない。その理由のひとつに、素子の開発のアンバランスを指摘したが、部分的には完成に近い技術がある。たとえば、ディスプレイに用いられている、ビームの機械式偏向技術、伝送装置に用いられたビームのトラッキング技術などは、他の装置に利用されている。

レーザーの応用は、現行放送方式だけを考えるならば部分的改良にしか用いられないので、その本領を発揮するに至らないが、将来、放送方式まで考えれば、技術の壁を破るだけのポテンシャルを持っている。たとえば、広帯域の伝送、信号の処理、記録などや、大容量の検索性の良いメモリーなどへの応用が期待される。そのため、今後は素子の改良、安定化のほか、光 IC などのような小型化、固体化への発達ははからねばならない。

紙数の都合で説明不足のところもあるが、3年前に同じテーマでまとめたもの以後の解説に重点をおいたので、足りない点は前報²²⁾を参照されたい。

最後に、本文をまとめるに当たって討論ならびに資料を提供された NHK 総合技研、新テレビ方式班の各位、および制作技術局制作 2 班の土岐(現東北本部調整課技師)福島の両氏に深く感謝する次第である。

(昭和 48 年 3 月 22 日受付)

【参 考 文 献】

- 1) I. Hayashi, M. B. Panish, P. W. Foy and S. Sumski: Junction Lasers which Operate Continuously at Room Temperature, Appl. Phys. Lett., **17**, 3 (1970) 109
- 2) K. Nishida, Y. Nannichi and T. Uchida: An Avalanche Photodiode with a Tapered Light-Focusing Fiber Guide, Proc. IEEE, **58**, 5 (1970) 790
- 3) J. T. Wallmark: A New Semiconductor Photocell Using La-

- teral Photoeffect, Proc. IRE, **45**, 4 (1957) 474
- 4) 森田和夫, 吉田不二夫: 大気中伝搬における光波の減衰特性, 研実報, **18**, 5 (1969) 1165
- 5) 千葉孝雄, 杉浦幸雄: レーザービームの大気伝搬特性(I), NHK 技術研究, **24**, 4 (1972) 255
- 6) 元木紀雄, 杉浦幸雄, 千葉孝雄: 自動軸合せ機構をもった双方向レーザー伝送装置, NHK 技術研究, **24**, 3 (1972) 160
- 7) 平野順三: 光ファイバー, 応用物理, **42**, 1 (1973) 2
- 8) M. J. Cowan, D. R. Herriott, A. M. Johnson and A. Zacharias: The Primary Pattern Generator—Optical Design, Bell System Tech. J., **49**, 9 (1970) 2033
- 9) 種田悌一, 愛甲明毅: 高品位テレビの評価用レーザーディスプレイシステム, NHK 月報, **15**, 2 (1972) 62
- 10) 種田悌一, 益子 仁: 高解像度レーザーディスプレイ, NHK 月報, **13**, 3 (1970) 120
- 11) 種田悌一, 竜岡静夫, 愛甲明毅: 高精細度レーザーディスプレイにおける走査線ピッチむらの光学的補正方式, テレビ全大予, **12** -3 (1972)
- 12) Philips TV disk read by light beam, could shape market, Electronics, Sept. 11 (1972) 29
- 13) R. F. Kenville: Noise in Laser Recording, IEEE Spectrum, **8**, 3 (1971) 50
- 14) L. Beiser, W. Lavender, R. H. McMann, Jr. and R. Walker: Laser-Beam Recorder for Color Television Film Transfer, J. SMPTE, **80**, 9 (1971) 699
- 15) E. N. Leith and J. Upatnieks: Reconstructed Wavefronts and Communication Theory, JOSA, **52**, 10 (1962) 1123
- 16) D. H. McMahon: Holographic Ultrafiche, Appl. Opt., **11**, 4 (1972) 798
- 17) R. Bartolini, W. Hannan, D. Karlsons and M. Lurie: Embossed Hologram Motion Pictures for Television Playback, Appl. Opt., **9**, 10 (1970) 2283
- 18) R. L. Spalding, S. A. Ochs, E. Luedicke and R. E. Flory: Bivicon ®—A New Double Vidicon, Proc. IEEE, **60**, 10 (1972) 1236
- 19) Y. Takeda, Y. Oshida and Y. Miyamura: Random Phase Shifters for Fourier Transformed Holograms, Appl. Opt., **11**, 4 (1972) 818
- 20) 角田義人, 武田康嗣: ランダムフェーズサンプリングによる高密度画像ホログラム, 昭 47 秋応物予稿集 1, p. 81
- 21) 竜岡静夫: イメージホログラムによる静止画像の多重記録, NHK 月報, **16**, 1 (1973) 11
- 22) 竜岡静夫: レーザーの放送への利用, NHK 月報, **13**, 8 (1970) 348

テレビジョン 7 月号 予定目次

【随 想】	東芝 沢崎 憲一
【解 説】	テレビジョン映像音声伝送方式.....電電公社 多田 寛五・山本 孝美
【論 文】	カラーテレビジョン伝送機器に対するシステム設計手法.....東京放送 内藤 宏・伊藤 豊
	テレビジョン画像における鮮鋭度の尺度化.....松下電器 長岡 良富・古橋 道夫・佐々木玲一
	TV受信用小形単方向性アンテナ.....東芝 永井 淳・三国 良彦
【資 料】	医用デジタル式カラーディスプレイ装置.....東芝 伊藤 健一・朝比奈清敏・斎藤 清人
	東京電子工業 溝淵 健二 日生病院 横井 浩
【講 座】	半導体物性とデバイス (第 1 回)
	半導体物性概論.....東大 青木 昌治