ハードコピープリンタ用 CRT のデジタル駆動方式

正会員 奥 田 治 雄[†], 正会員 蓼 沼 眞[†]
正会員 大 野 信^{††}

あらまし CRT の通常の発光量制御法であるアナログ変調は, CRT を自己発光型光源として使う場合には, 解像度, ダイナミックレンジ, 階調などに十分な特性を与えない. 本論文では, CRT を光源とするハードコピー作成用プリンタにおける駆動法の一方式を提案する. まず, 解像度が高く, 階調のガンマ特性を考慮しなくて良いためデジタル方式が有利なことを明らかにした. そして, 簡易な回路で実現できるパルス幅変調とパルス数変調について得失を比較し, 階調が完全にリニアでダイナミックレンジも必要なだけ確保できる点で後者が優れることを示した. このときの解像できる空間周波数はアナログ変調に比べて約2倍であった. プリンタとして利用可能な高速画像出力のために, パルス振幅を多値とする方式を採用し, そのときの階調の誤差について考察した. 画像出力実験により特性向上と階調の滑らかさを確認した. ハイビジョン信号をプリントして高画質なハードコピーが得られた.

1. ま え が き

CRT は階調, 解像度, 輝度, 発光スペクトルなどの画像再現のための特性に優れ, 駆動が容易であるため, 映像信号のディスプレイ用として最も優れたデバイスである. また, これらの特性を生かして, 放送や画像記録の分野で自己発光型光源としても多用される¹⁾. ここでは, CRT をハードコピー作成用プリンタの光源として使用する場合の駆動法について検討する.

ハードコピーの応用範囲はハイビジョンのような高画質な画像信号源の出現により, これまで以上に広がるものと期待される. しかし, 記録する信号の密度が上るに従ってプリンタに要求される性能は高くなる. 通常, CRT の発光輝度の制御は信号値に応じたアナログ量で行われ, 我々も本誌で報告したが²⁾, ハイビジョン信号の記録に用いるためには解像度が必ずしも充分ではなかった. また, 輝度を上げるほど解像度が低下する現象があり, 高輝度での使用が制限され, ダ

イナミックレンジを大きくとれなかった. さらに, 信号処理の立場からは階調がガンマ特性を持つことも好ましいことではなかった³⁾. 一方, ハードコピー作成においては記録の実時間性は求められない. そこで, 特性の改善をめざして CRT をデジタル的に低振幅で駆動する方式を検討した.

本論文では, デジタル的な駆動方式として信号値にパルスの幅または個数を対応させる方式を考え, その得失を比較し, 階調性に優れる後者について, さらにパルスの振幅を多値にして記録時間を短縮する方式を提案する. そして, 試作プリンタにおいて CRT の特性向上を確認し, ハードコピー画像出力により検証した結果について述べる.

2. デジタル駆動方式

2.1 アナログ方式とデジタル方式

CRT の駆動では, 信号をカソードまたは第1グリッドに入力し, ビーム電流に変換した後, 蛍光体を励起して光出力を得る. 入力信号と出力光量の間にはよく知られた非線形のガンマ特性がある.

CRT の通常の使い方であるアナログ変調では, 入出力の対応がとれているため1輝点で1画素を表現できる. このため, 階調再現にディザ法等の面積変調⁴⁾を用いる必要がない. しかし, ハレーションや最大輝

[†] NHK 放送技術研究所

^{††} NHK 送出技術局

“Digital-driven CRT Light Source for Hard-copy Printer” by Haruo Okuda, Makoto Tadenuma (NHK Science and Technical Research Laboratories, Tokyo), and Shin Ohno (NHK Network Operation & Engineering Department, Tokyo)

度によりコントラスト比（ダイナミックレンジ）が制限され、また、信号値に輝度を対応させるため、解像度が低下したりブルーミングが発生する可能性がある⁵⁾。さらに、階調や色修正、解像度改善などの処理を線形領域で行おうとすると、逆ガンマ処理が必要となる。

一方、デジタル方式では信号をパルスの集合に変換し、それらに対する応答の合計を出力とする。階調再現に CRT 内部の電光変換特性を利用しないため、原理的にガンマ特性を考慮する必要がない。階調再現のためにパルスをディザ法のように空間的に面積変調すると、画素サイズが広がったり、ノイズが重畳して画像を劣化させるが⁴⁾、時間的に変調すればこの問題はなくなる。また、各パルスによる輝度が低くて一定であるため、ブルーミングも生じない。処理のデジタル化が進んだ今日では、回路とのマッチングや安定性の点でもデジタル的な制御は有利である。

2.2 パルス変調における方式の決定

前節での考察により、CRT のデジタル的な駆動

図 1 CRT 蛍光体の発光の立ち上がり、残光特性
Emission characteristics of CRT phosphors.

図 2 デジタル駆動による CRT の階調特性
Tonal transfer characteristics of the digital driven CRT.

による特性改善の見通しを得た。ここでのパルス変調は情報の伝送や記録のためではなく、画像レベルに応じた発光出力を得ることが目的であり、パルスのエネルギーを利用するものである。したがって、電力や帯域などについての制限は少ないが、信号とパルスのエネルギーが比例する変調方式でなければならない。このような方式の中で比較的簡易な回路で実現できるパルス数変調（Pulse Number Modulation, 以下 PNM と略す）とパルス幅変調（Pulse Width Modulation, 以下 PWM と略す）について得失を比較した。

まず、今回使用する CRT において、発光の立ち上がりと残光（りん光）特性を測定した。この結果を図 1 に示す。蛍光体は赤(R)用に $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}^{3+}$ 、緑(G)青(B)用に $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Tb}^{3+}$ の 2 種類を使用した。残光時間は R 用蛍光体が約 1.2 ms、G・B 用は約 0.4 ms であった。

次に、PNM、PWM 駆動における入出力特性を調べた。駆動条件として、PNM では蛍光体の温度特性と残光の影響をなくすため、パルス間隔が残光時間以上であればよいと考えた。そこでパルス間隔を 1.2 ms として測定した結果、図 2 実線に示すように入出力が完全に比例することが確認された。この特性には飽和特性がないため、ダイナミックレンジを必要だけ確保できることを示している。一方、PNM と同じパルス振幅を与えたときの PWM の特性は図 2 の破線に示すようになった。この特性は明らかに直線性が良くなく、入力が増加に従って出力が飽和する傾向が見られた。

以上の実験結果により、PNM の入出力特性が優れることが明らかになったので、これによる駆動回路を試作し、評価することとした。

3. PNM による駆動方式

3.1 駆動方式の基本仕様

プリンタの試作に当たって、ハイビジョン画像（画素数 1500（水平）×1000（垂直））を 3 分以内に記録することを目標に、基本仕様を表 1 のように定めた。本方式で記録時間を決定する項目は、画素数の他に階調数、CRT に入力するパルスの幅および間隔である。階調数は画質や他の回路との整合性を考えて 256 レベル（8 ビット）とした。また、パルス幅と間隔は、信号を記憶するメモリーのアクセス時間、CRT の残光時間などを考慮して、それぞれ $0.8 \mu\text{s}$ 、1.2 ms 以上とした。この他に、高画質出力のためにパルス振幅をアナログ変調に比べて低振幅の -10 V （カソード電位）に抑えて解像度低下を防ぎ、さらに偏向位置精度

表 1 駆動方式の基本仕様
Basic specifications of the driving method.

項 目	設定値 (概略)	考 慮 し た 条 件
画 素 数	1500(H)×1000(V)	ハイビジョン画像の出力
階調, ダイナミックレンジ	8 ビット	フィルムの階調分解能
記 録 時 間	3 分以内	アナログ駆動プリンタの記録時間
パルス変調方式	パルス数変調	回路構成, 階調特性, 解像度
パ ル ス 幅	0.8 μ s	メモリーアクセス時間, フィルムの相反則不軌
パルス振幅	カソード電位でカットオフより -10 V, 1 p=1 μ A	CRTの解像度低下, フィルムの感度, 所要露光量
パルス間隔	1.2 ms	CRTの残光時間, 温度特性

を保つために CRT の偏向速度を一定にした。なお、このようなパルスによるフィルム露光では相反則不軌 (通常の露光条件に比べて高照度短時間露光では感光効率が低下する現象) の影響が現れ、露光量が不足する可能性がある⁹⁾。この場合には、信号の補正により対応することとした。

ここで、以上のパラメータを用いた場合の記録時間について考察する。PNM において 8 ビットの階調を持つ画素は最大 255 個 (2^8-1) のパルスで構成される。パルス間隔が 1.2 ms であれば 1 画素の記録時間は $255 \times 1.2 = 306$ ms になる。偏向速度を一定にしたので、1 画素の時間は信号の最大値で決定され、このままでは記録時間が非常に長くなる。待ち時間の無駄をなくすには 1 つの画素で次のパルスを待つ間に、次々に隣の画素にパルスを入力していけばよい。1 画素については 1 水平偏向期間中に 1 個のパルスがオンまたはオフになるだけである。そして、255 回の水平偏向で 1 ラインのすべての画素のパルスの入力が完了する。また、1 つの画素におけるパルス間隔は最も短い場合で $0.8 \mu\text{s} \times 1500 = 1.2$ ms となる。この方法により、記録時間はパルス列を密に配置した場合と同じであるにもかかわらず、パルス間隔を 1.2 ms 以上にする条件も満たされる。しかし、本方式によっても 1 画面の記録時間は単色で約 5 分かかり、目標には達しない。記録時間をさらに短縮するためにパルスの振幅を多値にする方法を次に検討した。

3.2 パルス振幅の多値化

記録時間短縮のためにはパルス振幅の数が多いほど効果的である。しかし、振幅値が多くなるに従って振

幅の設定に誤差をとめない易く、また、大振幅のパルスを CRT に入力することになり、デジタル化の利点も薄れる。ここでは回路構成や振幅設定の容易さを考慮して、高(H)、低(L) 2 種類のパルスを用いることにした。また、記録する信号も上位、下位各 4 ビットずつの H、L 信号に分割し、それぞれを H、L パルスで構成させた。ここで、H、L パルスによる発光量をそれぞれ H、L 光量とすると、CRT の入出力特性の比例関係を保つには H、L 信号の重みの比と H、L 光量の比を一致させればよい。この場合、光量の比は 16 であり、H、L パルス振幅設定時にこのように大きな比の光量を同じ精度で測定することは難しい。そこで振幅設定の誤差を少なくするために、この比を半分の 8 とした。ただし H 信号の光量は半分になるため同じ変調を 2 度繰り返した。なお、H、L 信号はともに 4 ビットであるのでパルス数変調回路は同じ回路が共用できる。

ここで、本方式で入力信号と出力光量が比例することを示す。今、L 光量を p とする。 p は 1 画素の記録に必要な最大光量 (フィルムを完全に露光できる光量) の $1/255$ である。H 光量は前述のように $8p$ である。例えば、ある画素の信号値を 100 (16 進数表現では 64) とする。このとき H 信号は 6、L 信号は 4 である。そして、記録時にオンになるパルス数は H パルスが $6 \times 2 = 12$ 回、L パルスが 4 回で、全光量は、

$$12 \times 8p + 4 \times p = 100p \quad (1)$$

となり、入力信号値 100 に比例する。

パルス振幅を 3 値にした結果、1 ライン出力のための偏向回数は $15 \times 2 + 15 = 45$ 回となった。カラー記録を行うために 1 ラインの記録には 3 色の出力が必要となるが、画像記録時間は 3 分以内におさめることができた。

H、L パルスの振幅は、すべての画素の位置において光量を測定して設定した。これにより CRT に発光むらがあっても H、L 光量はそれぞれすべての位置で一定である。設定した値は H、L 振幅メモリーに登録した。

光量測定にはフォトマルチプライヤを用い、必要な精度の測定値を得るため同期加算を行った。

3.3 システムの構成

図 3 に試作したシステムの構成を示す。1 ライン分の映像信号はラインメモリーに入り、1 ライン出力期間中に 45 回読出されながらパルス数に変換される。この数だけ振幅メモリーの出力を取出し、カソードへ送り出す。これにより変調された光出力が得られる。ラインメモリーのアドレス信号は振幅メモリーのアド

レスとして用いると共に、D/A 変換し、CRT の水平偏向信号としても使用する。

プリンタ部はアナログ駆動方式の従来型⁷⁾と基本的に変わらない。CRT には 1 ラインのみ発光する扁平管を用いている。使用した CRT の仕様を表 2 に示す。2 次元像を得るために主走査 (水平方向) は CRT の水平偏向、副走査は結像レンズをフィルムに平行に上下方向に移動させた。また、カラー画素を得るために管面には R および G・B 用の 2 種類の蛍光体を平行に塗布し、さらに、RGB 色分解フィルタを通して 3 原色の光出力とした。これらの切り替えは入力信号に対応して CRT を垂直に偏向して行った。結像位置においてレジストレーションをとるため、プリンタには

表 2 CRT の仕様
Specifications of the CRT.

項 目	仕 様
CRT 形式	高解像度扁平型 (フェースプレート: クリアガラス, 有効画面 210×8 mm)
輝 度	最大 $2 \times 10^7 \text{rlx} (E_0: 12 \text{ kV}, I_p: 10 \mu\text{A})$
蛍光体	R: $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S:Eu}^{3+}$ (P 22-RE 3), G・B: $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S: Tb}^{3+}$ (P 45)
ビーム径	公称 $70 \mu\text{m}$ (半幅値)
色分解フィルタ	フジフィルタ R: BPB-60, G: BPB-53, B: BPB-45

図 3 試作システムの構成

Diagram of the trial printer system.

(a) Before correction, (b) After correction of L emission.

RGB 間のずれに相当する走査線分だけあらかじめずらした信号を入力した。

4. 特 性

4.1 CRT の階調特性

本方式における CRT の入力信号対出力光量 (階調) 特性は図 2 に示した場合と同じく完全に直線である。ただし、H, L パルスの振幅の設定には誤差が含まれるため、発光出力の階調にも以下のように誤差が見込まれる。

振幅設定の精度は振幅メモリの分解能で決まる。メモリの階調数は H, L とともに 8 ビットとした。そして H, L メモリの振幅の中心値がそれぞれ 224, 144 になるように D/A 変換器のゲインを調整した。設定における誤差は最大 $\pm 1/2 \text{ LSB}$ (Least Significant Bit) であるから H は $\pm 0.22\%$, L は $\pm 0.35\%$ 程度である。パルスから光量への変換のゲインは CRT にガンマ特性があるためパルス振幅によって異なり、H が約 2, L は約 1 であった。したがって、H 信号の変化する点において最悪ケースでは、

$$0.22 \times 2 + 0.35 \times 1 = 0.79\%$$

の誤差が生じる。

フィルムへの記録において、この程度の誤差は画像の小面積の部分では粒状性にマスクされるといわれるが⁸⁾、濃度がゆっくり変化する大面積については、フィルムの階調分解能によっては誤差が認められる可能性がある⁹⁾。

4.2 CRT の解像度特性

本方式による CRT の解像度特性を測定した。測定は、CRT 輝点の LSF (Line Spread Function) をフーリエ変換する方法によった。比較のためにアナログ変調における特性もあわ

図 4 CRT の解像特性

Resolution characteristics of the CRT.

図 5 出力画像の階調特性
Tone reproduction of the reproduced hard-copy.

せて調べた。CRT に入力したパルスまたは信号の振幅はカソード電圧で、デジタル変調は -10 V (H パルス)、アナログ変調では -28 V である。アナログ変調における信号の振幅は 1 回の偏向でフィルムを完全に露光できる値とし、偏向速度は従来方式と同じ 20 ms/ライン とした⁷⁾。測定は特性が等方的と考えられるため垂直方向についてのみ行った。測定結果を図 4 に示す。測定方法の詳細は付録 1 に示した。

この結果、デジタル変調ではハイビジョンの最高周波数に対応する空間周波数(画素数 1500, CRT の有効画面長 200 mm から 3.75 ラインペア/mm)まで十分なレスポンスを持つことが確認された。一方、アナログ変調では解像度が大幅に低下し、解像できる空間周波数はデジタル変調の約 $1/2$ であった。

4.3 フィルム上の画像特性

フィルム上に記録された出力画像の特性を階調と解像度について測定した。

まず、階調特性について、対数値が直線的に増加するような信号を記録し、その濃度変化を測定した。記録媒体はインスタントカラーフィルム(フジ F1-160)である。信号値と露光量は比例するので、得られる特性は本方式の記録条件における対数域でのフィルムの入出力特性(H-D 特性)¹⁰⁾となる。測定に当たっては、フィルムの粒状性に起因するノイズの影響を減らすため 16 カ所のデータを平均した。測定結果を図 5(a)に示す。このカーブには H 信号の変化する部分でわずかに階調の不連続性が認められた。これらはいずれも階調の反転であり、L 光量が多すぎるために生じたものである。このため、L パルス出力時にパルス振幅設定用 D/A 変換器のゲインを変更して L 光量をわずかに減少させた。この結果、図 5(b)に示すように滑

図 6 出力画像の解像度特性
Resolution characteristics of the reproduced hard-copy.

らかに、写真様の階調特性を持つハードコピーが得られることが確認された。滑らかな階調を得るためのゲインの変更量は 3 色で異なり、R は 75%, G は 88%, B は変更が不要であった。

ここで、階調の不連続性の原因について考察する。原因には、CRT 発光階調の誤差とフィルムの相反則不軌による H, L 光量に対する感光効率の差の 2 つが考えられる。4.1 節で議論したように、前者の誤差はランダムであるため一律の補正は不可能である。L 光量の減少による補正が有効であったということは、不連続の原因がフィルム特性であるとともに、CRT の階調誤差はフィルムの階調分解能を下まわっており、4.1 節で示した H, L パルス振幅の設定精度は妥当であったことを示している。本記録条件では相反則不軌が無視できず、パルス光量が大きいほど、また、記録波長が長いほど影響が大きかったことになる。

次に、解像度特性を測定した結果を、図 6 に示す。

図 7 フィルム上での線像の広がり (横軸のスケールはデジタル変調の入力信号に相当)
Spread of line image on the film. (Horizontal scales correspond to input signal level by digital modulation.)

表 3 試作プリンタの特性
Characteristics of the trial printer.

項 目	特 性
画像サイズ	76×114 mm (ハイビジョン画像記録時)
記録媒体	4×5 インチサイズ インスタントカラーフィルム, 透過型カラーフィルム
記録時間	3 分 (露光+機械的走査時間, 現象時間は含まず)
解像度	5 ラインペア/mm にて MTF 35%
濃度幅 (D_r)	シアン: 1.8, マゼンタ: 1.5, イエロー: 1.3
図形歪, RGB 間レジストレーション	走査線幅の 1/2 以下 (全画面)

レスポンスは空間周波数 0 における値で規格化した。画像サイズを 7.6×11.4 cm (4×5 サイズのフィルムを使用) とすると、ハイビジョン画像を記録して信号周波数 30 MHz (5.6 ラインペア/mm) まで十分に解像することが確かめられた。

さらに、CRT 光量とフィルム上での線像の広がり (半値幅) の関係を測定した。これを図 7 ○印に示す。同じ光量におけるアナログ変調での広がりも同時に調べた (同図、×印)。ここで、フィルム特性の非線形性の影響を避けるため、半値幅の測定は記録濃度を図 5 (b) の特性を用いてフィルム入射光量に換算した有効露光量域¹¹⁾で行った。この結果、両変調方式ともに光量の増加に従って広がりが大きくなったが、その増え方はアナログ変調の方がより顕著であった。これは 4.2 節で示した CRT の解像度の違いがフィルム上の出力画像でも保存されることを示しており、ここでもデジタル方式が解像度向上に有利であることが確認された。ここで、CRT のビームスポット径が一定のデジタル変調においてもフィルム上では像の広がり

写真 1 試作プリンタによるハイビジョン画像のハードコピー

Output hard-copy of Hi-Vision image reproduced by the trial printer.

が増加しているのは、有効露光量域においても非線形性が完全には除去できなかったためである。

試作プリンタの特性を表 3 にまとめた。この表において、濃度幅は灰色バランスがとれた条件のもので¹²⁾、フィルムの特性に依存したものである。本プリンタによるハイビジョン画像のハードコピーの例を写真 1 に示す。

5. む す び

CRT をハードコピー作成用のプリンタの光源に用いる場合の駆動法について検討した。特性の改善をめざしてデジタル的な駆動方式を検討し、パルス振幅を 3 値 (H, L および 0) とするパルス数変調 (多値 PNM) による新しい方式を提案した。これに基づいて駆動回路を試作した結果、階調特性は CRT のガンマ特性に関係なく完全に直線であり、ダイナミックレンジはフィルム露光に必要な充分な値を確保できた。また、解像度特性は従来のアナログ変調方式に比べて大幅に向上し、解像できる空間周波数帯域が約 2 倍に広がった。4×5 インチサイズのインスタントフィルムにハイビジョン画像をプリントした時、ハイビジョン信号の上限に相当する空間周波数 5.6 ラインペア/mm において MTF は 0.3 であった。さらに、信号レベルによる解像度の変化はわずかであった。ハイビジョン画像をプリントし、通常の写真に近い画質のハードコピーが得られた。

運用面では、本方式はプリント時に不可欠な信号処理を線形な領域で行え、例えば、色再現性向上のための処理などが効率良く行えるという特長を持つ¹⁵⁾。また、回路構成が簡易であり、フレームメモリーなどのデジタル機器との整合性も良い。さらに、単位パルスによる発光量が少なく、偏向速度も速いため、焼き付きが生じにくく、管寿命の長期化にも有利である。

以上、本方式がハイビジョンのような高密度信号の記録に、特性、運用性の両面から適することを明らかにした。

最後に、本研究の機会を与えられた当所 横山記録・機構研究部長、CRT 発光についてご教示いただいた映像デバイス研究部 小島主任研究員に深く謝意を表します。

(昭和 63 年 2 月 25 日受付, 昭和 63 年 6 月 23 日再受付)

〈付録 1〉 CRT の解像度の測定方法

測定系統を付図 1 に示す。光学系は試作プリンタの系統を利用した。CRT を 1 線発光させ、線像を横断する方向の光強度分布を LSF とした。この分布を、結像面 (フィルム位置) に置いたスリットを通してフォトマルチプライヤで測定した。スリットはガラス板にアルミ蒸着をしたもので、形状は幅 $56\mu\text{m}$ 、長さ 1mm の長方形である。スリットの長手方向を線像に平行に置き、結像レンズを 1 ステップずつ動かして LSF を $5.5\mu\text{m}$ ピッチで得た。測定した分布をフーリエ変換した後、付図 2 に示すような光学系の MTF (Modulation Transfer Function), スリットのアパ

付図 1 CRT 解像度の測定回路
Measuring system of CRT resolution.

付図 2 レンズの MTF およびスリットのアパーチャ効果 (レンズ特性は日本写真機光学機器検査協会の測定による)

MTF of the lens and aperture effect of the slit. (The characteristics of lens is measured by Japan camera and optical instruments inspection and testing institute)

ーチャ効果および光学倍率 (2/3) で補正して CRT の解像度特性とした。

〔参 考 文 献〕

- 1) J. E. Wlutz: "Cathode-ray-tube Photorecording", Proc. SID, **22**, 2, pp. 81-86 (Feb., 1981)
- 2) 奥田, 大野: "CRT プリンタによるテレビ信号ハードコピー画像の再現特性", テレビ誌, **40**, 11, pp. 1140-1146 (Nov., 1986)
- 3) 奥田, 大野, 村上: "CRT プリンタによるテレビ画像のカラーハードコピー", テレビ学技報, **1**, 13, OPT-180, pp. 5-10 (Aug., 1983)
- 4) J. C. Stoffel, J. F. Moreland: "A Survey of Electronic Techniques for Pictorial Image Reproduction", IEEE Trans., **COM-29**, 12, pp. 1898-1924 (Dec., 1981)
- 5) 大石, 大越, 中山: "画像ディスプレイ", pp. 50-63, コロナ社 (1977)
- 6) T. H. James, ed.: "The Theory of Photographic Process, 4th ED", pp. 536-560, Macmillan, New York (1977)
- 7) H. Okuda, S. Ohno: "Video Hard-copy Output on Color Photographic Film", J. Imaging Science, **29**, 5, pp. 200-207 (Sep./Oct., 1985)
- 8) 大野, 白田, 本庄: "テレビ画像と写真・ハードコピー画像の特徴と画質要因比較", テレビ誌, **35**, 10, pp. 929-937 (Oct., 1984)
- 9) J. Helmberger, F. Bestenreiner: "Visibility of Contour Distortion in Image Recording System Using Positive and Negative Processing", Photographic Science and Engineering, **26**, 5, pp. 232-235 (Sep./Oct., 1982)
- 10) 6) の p. 481
- 11) J. C. Dainty, R. Shaw: "Image Science", pp. 212-241, Academic Press, London (1974)
- 12) 夢沼, 奥田, 大野: "ビデオハードコピーにおける色再現 (1) —中性灰色の再現—", 昭和 62 日写年大, pp. 102-104 (May, 1987)
- 13) 夢沼, 奥田, 大野: "ビデオハードコピーにおける色再現—有彩色の好ましい再現—", 電子写真学会第 4 回 NIP シンポジウム 1-2, pp. 5-8 (July, 1987)

おくだ はるお
奥田 治雄 昭和 50 年, 九州大学大学院修士課程修了。同年, NHK に入局。岡山放送局技術部を経て, 54 年, 同放送技術研究所に勤務し, 現在に至る。テレビ信号ハードコピー化およびその信号処理の研究に従事。正会員。

たでぬま まこと
夢沼 眞 昭和 57 年, 東京大学工学部電子工学科卒業。同年, NHK に入局。61 年より, 同放送技術研究所に勤務し, 現在, 同所視覚情報研究部において, ビデオハードコピーの研究に従事。正会員。

おおの しん
大野 信 昭和 37 年, 千葉大学工学部卒業。同年, NHK に入局。放送科学基礎研究所, 総合技術研究所, 放送技術研究所を経て, 現在, 同放送技術局に勤務。画像記録材料および同システムの研究に従事。工学博士。正会員。

Molecular Alignment Control in Ferroelectric Liquid Crystal Cells by Combined Effects of Oblique Deposition and Electric Field Application in the Cooling Process

by Michio Kuwahara, Hiroyoshi Onnagawa and Kazuo Miyashita

A method of controlling molecular alignment in ferroelectric smectic liquid crystal (FLC) cells is described. It uses the combined effects of the following two steps of treatment: (1) oblique deposition of metal oxide, e.g., yttrium oxide, to the substrate surface, and (2) application of an electric field in the process of cooling from the isotropic liquid of the FLC to its chiral smectic C phase. With the combination of the deposition at 60° incidence and the application of a DC field with a strength of about 10MV/m in the cooling process, the FLC molecules are aligned to a uniform pretilt of about 50°. Smectic layers are inclined at 40°~50° to the electrode surface in this cell. When no electric field is applied in the cooling process, on the other hand, the pretilt angle of the molecules is about 15° and the smectic layers are nearly parallel to the substrate surface.

J.Inst. TV Engrs. of Japan, Vol. 42, No. 10 (1988) 1042~1050

A Complex Lens Trinitron Gun for a High-Resolution Color Tube

by Kouji Ichida, Yoshifumi Nakayama and Hiromu Inoue

19V" Cathode Ray Tubes (CTRs) with phosphor pitch of 0.31 mm and neck diameter of 36.5 mm have been installed in graphic display monitors with the 1280×1024 pixel format. However, to meet user demand for greater compactness, a new Trinitron gun has been developed for 16V" high resolution CRT with neck diameter of 30.6 mm. A combination of small caliber bi-potential and large caliber Trinitron lenses, complex lens structure, is employed for the new gun in order to obtain the same resolution as the current on 16V" CRT with 30.6 mm diameter. The spherical aberration coefficient has successfully been reduced by half with optimum gun structures calculated by the finite element method (FEM).

As a result, this gun's spot size at screen center is now as small as that of the conventional Trinitron gun for 36.5 mm neck. The spot size at the screen corner is also well-focused by dynamic focus and well-formed by dynamic electrical magnetic quadrupole.

J.Inst. TV Engrs. of Japan, Vol. 42, No. 10 (1988) 1051~1056

Digital-Driven CRT Light Source for Hard-Copy Printers

by Haruo Okuda, Makoto Tadenuma and Shin Ohno

On a CRT hard-copy printer, normal analog modulation of the CRT light source does not produce optimum resolution, dynamic range, or tone reproduction on the output video hard-copies. Two new digital driving methods, pulse number and pulse width modulation for CRT emission, improve these pictorial characteristics. The former has superior linear relation of input and output when driving the CRT. Furthermore multiple pulse amplitude effectively shortens printing time. The dynamic range of emission expands sufficiently to expose the film, and the resolution doubles from that obtained by analog modulation.

The output video hard-copies prepared by Hi-Vision signals are very impressive, equaling conventional photographic print quality.

J.Inst. TV Engrs. of Japan, Vol. 42, No. 10 (1988) 1057~1063