

液體結晶을 사용한 텔레비전 디스플레이

“Reflective Liquid Crystal Television Display”

by John A. Van Raalte Proc. IEEE Vol. 56 No. 12, 1968

韓國科學技術研究所 電子裝置研究室

金 英 雄 譯

概 要

새로운 反射型 텔레비전 디스플레이를 소개한다. 이 방법에서는 綫狀의 液體結晶의 다이내믹 스퀀터링 모드 (Dynamic Scattering Mode, DSM)를 利用하며 周圍가 밝은 곳에서도 볼수 있다.

6~12 μ m 두께의 液體結晶은 뜯을수 있는 陰極線管 위에 ワイ어-모자의 웨이스 프레이트를 使用하는 電子束으로 實時間에 番地選擇 된다.

두가지 種類의 液體結晶物質—Anasyliden Para-Amino Phenyl Acetate (APAPA)와 RCA 特有的 室溫 液體結晶—을 試驗했는데 動作溫度 (APAPA는 82~110°C이고 다른것은 室溫)를 除外 하고는 비슷한 結果가 나왔다. 四方 3.1cm의 디스플레이에서는 解像도가 商用 텔레비전에 必要한 150 line 보다 약간 떨어졌는데 그 원인은 液體結晶 때문이 아니고 모자의 構造에 依한 制限 때문이다.

더 나은 解像도를 얻으려면 디스플레이를 좀더 크게하면 된다.

콘트라스트는 最適化(7.5:1)하지 않았다. 그러나 이 값을 靜적인 디스플레이에서 본 비와 길이 15~20대 1로 改善하기 爲해서는 몇가지의 技術을 使用할수 있다.

이 디스플레이 方法의 魅力으로는 適當한 外部照明 下에서는 約 $\pm 45^\circ$ 의 넓은 觀覽角을 갖는데 있다고 하겠다. 液體結晶內에서 DSM이 일어나도록 하는데 必要한 電流, 電壓值들을 보면 평평한 텔레비전 畫面에 適合한 完全한 番地選擇法에의 近似方法이 發見될수 있으리라는 希望을 갖일수 있다.

序 論

지난 數年間 RCA에서는 디스플레이에 使用할 目的으로 綫狀液體結晶에 關한 積極的인 研究를 했다.

우리는 새로운 物質의 發見과 또 綫狀液體結晶內에서 일어나는 DSM⁽¹⁾을 理解하려는데에 努力을 集中했다.

다른 여러곳에서도 디스플레이에 쓸 目的으로 다른 根幹構造를 가진 物質을 에 붙들면 코레스티물계의 화합물⁽²⁾들이 널리 研究되었다. 綫狀液體結晶內에서의 DSM에 關한 자세한 내용은 어디서나 찾아볼수 있다. 電氣的으로 誘導된 入射光線의 散亂은 液體結晶媒質을 通過하는 이온

의 分裂的인 效果에 依하여 생긴다.

電界를 加하지 않으면 液體結晶胞는 透明하다 그러나 10~100V의 電壓을 液體結晶層을 가로질러 걸어주면 DSM으로 因하여 入射된 光線束은 散亂되어 前方으로 넓은 角의 圓錐를 이루며 傳播된다. 이때 液體結晶의 뒷면의 電極을 반짝 거리는 反射面으로 만들면 前方으로 散亂된 빛이 反射되어 보는사람에게로 돌아온다.

이렇게해서 電氣的으로 調節이 可能한 反射的인 光線의 散亂이 일어난다.

動作시킬때는 뒷면의 電極이 반짝반짝 反射하도록된 液體結晶의 前面을 平行光線으로 均一하게 비쳐준다. 그러면 電氣的으로 勵起된 部分은 入射光線을 散亂 反射하여 觀覽者에게로 보내서 觀覽者에게 밝은 感を 준다.

DSM의 上乘時間은 1~5ms이고 消滅時間은 大部分 液體結晶物質의 誘電體弛緩時間에 依하여 決定되므로 30ms 보다 길게도 할수있고 짧게도 할수있다.

標準白色의 45%의 効率로 20:1 보다 큰 反射의 콘트라스트의 比例가 靜의胞*⁽¹⁾에서 實演된 적이 있다.

最近 使用할수있는 液體結晶物質의 改善으로 이런 物質들이 反射의 텔레비존 디스프레이에 有効하게 使用될수 있으리라는 希望이 더 커졌다.

靜止한 畫面の 再現에서 본 充分한 解像도와 黑白階調*⁽³⁾로 평평한 反射의 텔레비존 畫面の 魅力을 確實히 立證하였다. 過去에는 畫面上에 x-y 番地選擇이 複雜하고 또한 使用할수 있었던 液體結晶物質들의 誘電體弛緩時間이 짧았던 고로 反射의인 평평한 텔레비존 畫面に 움직이는 그림을 再現하는것이 不可能했지만 RCA 研究室에서 最近에 液體結晶物質에 많은 改善을 했으므로 보통의 텔레비존과 같은 率로 動作하는 液體結晶의 畫面을 實際의인 것으로 論할수 있게 되었다.

이 論文에서는 電子束으로 番地選擇 하는 液體結晶畫面に 關하여 記述하였다.

番地 選擇

그림. 1에서 보는바와 같은 뜰을수있는 陰極線管을 만들었다.

mm當 6 line의 解像度를 얻기위하여 投射距離 15cm의 RCA의 單色 Einzel 電子銃을 使用했다

더 微細한 部分을 再現하려면 RCA 5TP₂의 電子銃을 使用하면 mm當 9 line의 解像度를 얻을수 있다.

陰極線管의 前部分은 黃銅으로된 웨이스프레이트의 中央에 設置된 四方 3.75cm의 모자이크로 構成되어 있다. 모자이크는 100 μ m씩 멀어진 距離에 25 μ m 導線을 內包한 3.1mm 두께의 유리板인테 內包한 導線의 配列은 半無作爲的이다 모자이크는 Mosatics, Inc, Sturbridge, Mass.로부터 購入한것인데 眞空內에있는 電子束과 眞空밖에있는 液體結晶素子 사이에 電氣的連結을 하는 役割을 한다.

液體結晶層의 두께는 6~12 μ m로 모자이크과 NESA膜을 입힌 表準넛개유리板 사이에 끼어있다.

陰極線管의 內部를 繼續 排氣해서 氣壓을 10⁻⁵程度로 維持했는데 모자이크을 헤리움 漏泄試驗한 結果 製作者가 保證안했는데도 眞空密閉가 되었다.

液體結晶胞

陰極線管의 前部分은 모자이크 웨이스 프레임과 함께 液體結晶디스프레이가 實時間에 番地選擇되는 方法을 이룬다. DSM의 反射의 明도와 콘트라스트를 增加시키기 爲해서는 반짝거리는 反射器를 畫面뒤에 設置해야한다.

핀들은 液體結晶素자와의 電氣的 接觸을 維持해야 하며 핀 相互間에는 絶緣되어 있어야 하므로 反射器는 모자이크의 前面에 分割蒸着시켰다.

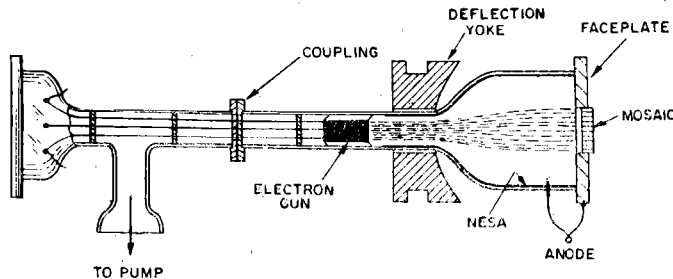


그림 1. 모자이크 웨이스 프레이트를 한 뜰을수있는 음극선관

모자이크 내부의 핀의 分布가 半無作爲的이므로 反射器의 조각과 핀을 짝지어 놓는것은 不可能했다.

핀과 핀사이의 距離와 反射器와 反射器사이의 距離가 비슷한데서 생기는 물결모양의 무늬가 될수있는한 생기지않도록 노력하면서 標準의 포토레지스트 技術을 使用하여 모자이크면위에 규칙적으로 mm當 10個의 正四角形의 反射器가 생기도록 Cr을 蒸着시켰다.

反射器조각과 핀을 짝지울수 없는고로 因하여 어떤 反射器조각은 近接한 두핀을 合線시키기도 했고 또 어떤핀은 反射器조각사이의 空間에 끼어 連結이 안되기도해서 絶對解像度를 떨어트리지만 이러한 境遇는 全體의 10% 以下 였다.

反射器로 덮인 部分은 全體의 約 70% 程度가 되어 結果的으로 畫像의 明度와 콘트라스트의 低下를 避할수 없었다. 모자이크板을 잘 갈아서 填隙料를 써서 웨이스 프레이트에 付着한다음에 液體結晶胞를 組立했는데 6~12 μ m의 Teflon 隔子를 써서 두께를 限定하고 NESA膜을 입힌 薄게 유리판으로 20~25KV의 陽極에 連結했다.

運 轉

두 種類의 서로다른 線狀液體結晶을 實驗했는데 첫째로 APAPA와 둘째로 室溫線狀液體結晶(RCA 特有)이다.

APAPA는 線狀의 狀態를 維持하기 爲하여 (82 $^{\circ}$ ~110 $^{\circ}$ C) 外部로부터 加熱을 해야 했는데 反하여 室溫 線狀物質은 加熱할 必要가 없었다.

動作溫度를 除外하고는 두 物質사이의 注目할 만한 差異가 없었다.

따라서 다음에 나오는 結果들은 좀더 廣範圍하게 研究된 室溫物質에 關한 것이다. 또 두께 6 μ m의 胞와 12 μ m의 胞 사이에 別다른 差異가 없었으므로 引用된 結晶은 두께 6 μ m의 胞에서 얻어진 것이다.

靜的인것과 動的인것의 두가지 畫像을 모두 實演해 보았다.

反射的 畫面을 水平以下 45 $^{\circ}$ 의 方向으로부터 照射함으로써 水平面內에 $\pm 45^{\circ}$ 에걸친 相當히 큰 觀覽角을 얻었다. 그림2에서 液體結晶디스푸

레이에 依한 實際의 畫面을 볼수있다.

모자이크板의 핀의 間隔과 反射器들사이의 間隔이 비슷하기때문에 생기는 물결모양의 무늬가 약간 나타난것을 볼수있는데 이것은 핀과 反射器를 짝맞춤 할수있다면 없어질수 있다.

畫像의 解像度는 四方 3.1cm의 可視域 全般에 걸쳐서 150~175 line인데 이것은 모자이크판의 解像度 300 line이 電子束의 크기라던가 핀과 反射器가 짝지어지지 않은 것등으로 因하여 劣化된 까닭이다.

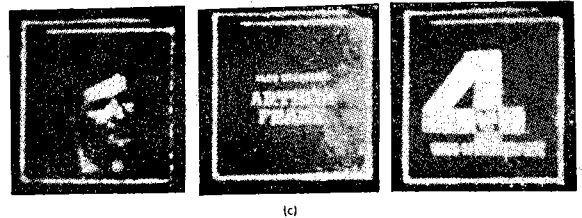
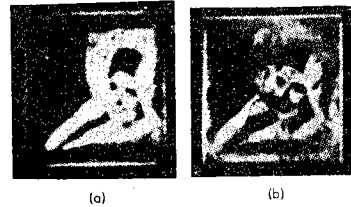


그림 2. 液體結晶디스푸레이 (a) 低解像度의 電子銃 (b) 高解像度의 電子銃 (c) 放送된 프로그램

이외에도 모자이크판위의 近接한 핀사이의 容量 때문에 생기는 解像度의 劣化를 생각했다. 番地 選擇時間이 짧기때문에 (0.1~1 μ s) 電子束이 와서 닿는 핀에 近接된 핀들을 部分的으로 充電시키게 되며 그로因해서 그림이 지저분해진다. 이러한 좋지못한 相互充電은 핀사이의 容量(0.5~2 $\times 10^{-2}$ pF)과 液體結晶素子の 容量(5~10 $\times 10^{-2}$ pF for 6 μ m胞)의 比例로 定해진다.

그림의 消滅時間은 液體結晶物質의 誘電體弛緩時間을 機械的弛緩時間으로 나눈것으로 室溫物質과 APAPA의 最低動作溫度에서 다같이 十分之一秒 程度였다.

이것은 液體結晶素子の RC 消滅時間에 相應한다. 두가지경우 모두 適當히 加熱하면 텔레비존 放送 프로그램에 充分한 程度까지 지저분해짐을 줄일수있도록 誘電體弛緩時間을 줄일수는 있지만 다른 發光管에서와 마찬가지로 明度 θ°

콘트라스트가 약간 줄어든다.

이 液體結晶物質들을 酸素存在下에서 動作시키면 固有抵抗이 減小한다.

그래서 封하지않은 胞에서는 時間에 따라 誘電體弛緩時間이 짧아져서 明도와 콘트라스트가 약간 줄어들지만 응답은 더 빨라진다.

靜의 胞로 實驗한結果는 다이내믹 스퀛터링이 定常狀態에 이르려면 몇개의 펄스가 必要하다는 것을 나타낸다.

이러한 造成時間때문에 움직이는 텔레비존 그림의 先端이 지저분해지는데 이러한 지저분해짐을 여기서는 찾아볼수 없었다. 測定된 最大의 콘트라스트의 比는 7.5:1이었다. 그러나 실제 디스플레이에서는 그림3에서 보는바와같이 明도가 비직선적이므로 黑點階調가 5:1 程度 필요한 곳에 使用할수있다.

이 콘트라스트의 比가 商用 텔레비존에는 不充分 하지만 여기서는 콘트라스트와 明도가 最

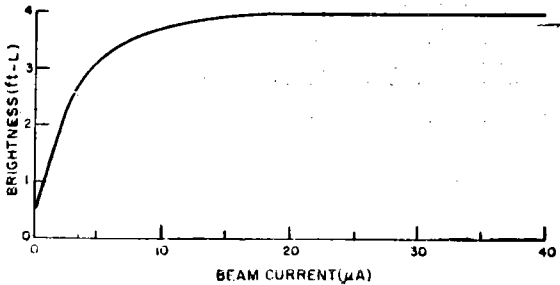


그림 3. 均一한 白領域에 있어서의 液體結晶 디스플레이의 明度

適化되지 않았음을 指해야만 된다.

첫째 反射器조각으로 덮인 부분이 使用 가능한 面積의 70%에 不過하고 또 이렇게 작은 디스플레이에서는 反射器조각의 모서리들도 相當한 量을 散亂시켜 버린다. 따라서 誘電體 反射器를 쓰면 反射面을 늘일수있고 따라서 明도와 콘트라스트를 增加 할수있다.

둘째로 핀自體도 全面積의 5~10%를 차지하는데 이것들은 반적거리지 않으므로 畫面을 어렵게하는 要素가 되므로 이것들도 漸漸하게 갈아 광을내면 콘트라스트를 相當히 改善할수 있다.

셋째는 先端組立部가 NESA 被膜이 입혀진 유리조각 이었는데 이것自體가 相當量의 散亂을 일으킨다.

그래서 지금은 광선이 더 잘 透過하는 유리를 쓸수도 있고 外面에는 反射防止被膜을 입힐수도 있어서 빛의 散亂을 더 줄일수도있고 따라서 能率을 높일수도있다.

넷째는 反射器조각을 Cr 대신 Al로 만들면 밝기를 대략 2倍로 늘일수있다. D. C.로 動作시키靜의 胞에서는 30:1의 콘트라스트를 낼수 있었고 또 x-y 番地選擇에서 펄스화된 系統에서는 20:1의 콘트라스트를 얻을수 있었다.

따라서 電子束을 써서 番地選擇을하는 디스플레이에서도 15:1의 콘트라스트를 기대할수 있다 디스플레이에 있어서 明도가 非直線的 이므로 最大의 콘트라스트와 밝기를 얻으려면 人力信號를 特別히 補償하고 또 δ -補正을 하는 등의 조작을 해야만 한다. 標準信號는 畫面이 바뀔때마다 必要한 明도와 콘트라스트를 調節할수 있을 정도로 그세기가 充分히 變化해야 한다. 관찰해본 어떤경우에도 液體結晶胞에서도 陽極電流를 最適運轉值보다 더 증가시켜도 브레이크 다운이 일어나지 않는 것으로보아 液體結晶에 걸리는 電壓이 브레이크다운이 일어나는것으로 알려진 200V 까지 도달치 못하는것 같다. 또 핀들이 양극 전압으로부터 二次電子放出轉還點까지 (-)로 充電되지 못하는 것으로 보아 모자이크판의 유리가 電子에依해 充分히 負로 充電되어 핀을 靜電的으로 차폐해서 부가적인 電子가 핀에 떨어지는것을 막는다고 생각된다. 우리는 절연체이므로 상당한 양의 전하가 축적될수있다.

유리에 도달하는 전자수의수를 줄이기위한 노력의 하나로 各各의 핀에 半球型의 Ni 點들을 電氣塗金했는데 塗金作業은 點들이 아직 서로 絶緣되어있는 狀態에서 그친다. 즉 點의 直徑이 50~75 μ m될 때다. 接觸이 어려워므로 핀의 90% 程度가 Ni 點들과 連結되지만 이것으로서 모자이크의 電子束側으로 向한 有效面積은 크게 增加한다.

그러나 이런 Ni點들의 첨가는 별로 큰 효과를 내지는 못했다.

우리의 추측으로는 밝기가 포화상태에 도달하는 이유로서 일부분은 (一)로 충전된 유리가 편을 차폐하기 때문이고 또 다른 일부분은 액체 결정현상에 의한것인데 전압대 밝기의곡선에서 포화치나 극대치를 D. C.로 동작시킨 표준 靜的胞에서도 볼수있었다. 그렇지만 이때의 값은 상당히 더 높은 치였다.

全胞에 대한 電子束電流은 $1\mu A$ 程度로서 胞가 오래되면 약간 증가한다.

結 論

우리가 液體結晶의 DSM을 利用한 디스플레이를 實演했다.

우리가 아는바로는 이것이 反射的 텔레비존 디스플레이의 最初 發表일것이다. 이 結果로 線狀液體結晶物質內的 DSM現像을 使用해서 평평한 텔레비존畫面을 쉽게만들수 있다는것을 잘 알수 있다.

이러한 디스플레이 방법의 또다른 장점은 주위가 밝은데서도 볼수있다는 점이다. 電子束으로 番地選擇하는 방법에서는 散亂을 일으키기 위해서 自體蓄電이 必要한곳에서는 液體結晶胞를 한 line 時間동안 또는 한 素子時間동안 (各 各 $60\mu s$ 와 $0.2\mu s$)씩 番地選擇함이 可能함도 보여준다.

즉 이것은 밝기의 信號가 DSM을 일으키는데 필요한시간 ($1\sim 5\mu s$)보다 훨씬 짧은시간동안 液體結晶素子內에 電氣的으로 蓄積됨을 의미한다.

더 나가서 實驗한 物質들은 室溫에서도 動作이 可能함을 보여주었다.

즉 물질들을 可熱하거나 좀 변경하면 미소하지만 誘電體蓄電時間을 調整할수 있다.

이 3.1cm 四方의 畫面에서는 解像도가 標準 텔레비존 화면보다 좀 못하지만 이러한 제한은 液體結晶自體에 의한것이 아니었다.

畫面을 좀더 크게하거나 혹은 작더라도 더 精密하게 만들면 充分한 解像度를 얻을수 있다.

이런 反射式 디스플레이에서 얻어지는 콘트라스트는 텔레비존 방송에 필요한것 보다는 좀 모자라지만 胞의 구조를 改善하고 規則적인 모

자익을 쓰고 또 誘電體反射器를 쓰면 使用하기에 充分한 程度까지 콘트라스트를 改善할수 있다.

觀覽角은 잘 조절된 方向으로부터 畫面을 照射하면 상당히 넓고 또 均一함을 알수 있었는데 이것은 靜的 디스플레이로 광범위하게 실험한 결과와 일치하는 것이다.

液體結晶畫面은 投射式으로도 쓸수있다. 映像을 映寫幕에 投射하는데는 不透明환등기와 透過屈折式환등기의 양자를 모두 쓸수있다. 그러나 DSM의 散亂樣式이 擾動을받지않은 상태에서도 液體結晶이 入射光線의 方向이라든가 平行化된 程度에따라 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 의 散亂을 일으키고 擾動되었을 때에는 入射된 광선을 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 의 圓錐形으로 前方에 散亂하므로 投射式에 아주 適合하지는 못하다.

그래서 透過屈折式 환등기에서는 $10^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 로 散亂된 광선은 집속하고 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 로 산란된 광선은 막아 버리는 장치를 붙여야만 된다.

効率が 높은 렌스를 쓰더라도 全體의 集光 効率は 꽤 낮은편이다.

환등기 집광렌스의 집광각을 40° 以上으로 늘리면 효율이 증가해서 밝기가 조금 개선되지만 이렇게 하려면 렌스값이 비싸지고 또 그림의 콘트라스트가 저하된다.

REFEREFNCES

(1) G.H. Heilmeyer, L.A. Zanoni, and L.A. Barton, "Dynamic scattering: A new electrooptic effect in certain classes of nematic liquid crystals," Proc. IEEE, vol. 56, pp. 1162-1171, July 1968.

_____, "Dynamic scattering in nematic liquid crystals," Appl. Phys. Letters, vol. 13, pp.46-47 July 1968

(2) C.H. Jones, J.L. Ferguson, J.A. Asars et al., "Investigation of large-area display screen using liquid crystals," Westinghouse Tech. Rept. RADC-TR-65-274, December 1965

(3) RCA Publicity Release, June 1968. Reprints available from A. Pinsky, RCA Labs., Princeton, N. J.