

ディスプレイ製造用高精度インクジェットヘッドの開発

Development of New Inkjet Head for the Display Panel Industry

小松 克明* 上田 正人* 浦木 信吾* 荒川 裕明** 卯野 哲夫**
Komatsu, Katsuaki Ueda, Masato Uraki, Singo Arakawa, Hiroaki Uno, Tetsuo

要旨

ディスプレイ製造装置に対応可能なインクジェットヘッドおよび駆動ボードセットを開発した。製造装置からの要求に応えるために、ノズル毎の駆動電圧制御及び駆動タイミング制御を可能にした。

本文ではヘッドとボードの構造、駆動波形および実験結果について報告する。

Abstract

Developed have been a special inkjet head for the display panel industry, as well as driver board sets. To meet high-level requirements, the board set utilizes a so called Drive Per Nozzle technology which controls drive voltage and ink firing timing for individual nozzles.

Structures of the print head and the drive board, a drive waveform as well as experimental results are described.

1 緒言

近年、インクジェット技術をディスプレイパネル製造工程に応用する取り組みが進められている¹⁾。液体を必要な箇所に必要な量だけ非接触で塗布出来る、というインクジェットの特性は、パネルの大型化と低コスト化に好適である。要望されるキーポイントは以下の3点であろう。

- ・液滴体積のばらつき
- ・トータルの着弾精度
- ・部材のインクへの耐性

われわれは従来大判プリンター向けにインクジェットヘッドを開発してきたが²⁾、今回新たにこれらのニーズに合うヘッドを開発したので報告する。

2 課題

インクジェットが適用されるディスプレイの製造工程と要求仕様をTable 1に示す。

(1)DPN技術の必要性

ヘッドの製造プロセスに起因するばらつきのため、各ノズルの特性は一定ではない。上記のように液滴体積を $\pm 1\%$ に揃えるためには、ノズルに与えるパルスを個別に調整する必要がある (Drive Per Nozzle)。

体積を補正するには駆動波形の電圧値を変える必要があり、IC化は出来ていない。そこで回路は外付けとして、セットで提供する。

Table 1 Required specifications

Display Panel	Applied process	General requirements
OLED	LEP coating	Thickness $< \pm 1\%$
PDP	Metal layer	
LCD	Polyimide coating	
LCD	Color filter	Drop placement error $< \pm 10 \mu\text{m}$
LCD	Ball spacer	

(2)着弾精度

液滴を狙った画素に塗布するため、高い着弾精度が求められる。例えば150pixel/inchのパネルであれば、～

* コニカミノルタ IJ (株) 開発統括部 第2開発部
** コニカミノルタ IJ (株) 開発統括部 第3開発部

25 μm ϕ の液滴の印画領域は55 μm 程度であり，許される着弾誤差は $\pm 10\mu\text{m}$ である。

着弾精度は，射出角度，ノズル位置，液滴速度のトータル誤差によって決まる。精度要因をTable 2に示す。

Table 2 Drop placement error factors

Factor	Head performance	Placement error
Jet trajectory angle error	$< \pm 0.4$ degree	$\pm 3.5 \mu\text{m}$
Nozzle position error	$< \pm 3 \mu\text{m}$	$\pm 3 \mu\text{m}$
Time of flight error	$\Delta V < \pm 2\%$	$\pm 1 \mu\text{m}$
Total		$\pm 7.5 \mu\text{m}$

(*) Standoff 500 μm

(**) Scan velocity : drop velocity = 1 : 10

(3)耐溶液特性

ディスプレイパネルの製造工程では種々の液体，たとえば芳香族溶媒やNメチル-2-ピロリドン（NMP），強酸，強アルカリが用いられ，ヘッドに使われる部材には高い耐薬品性が求められる。

3 構成

今回開発したヘッドと駆動ボードについて説明する。

3.1 ヘッド

アクチュエーター部にはエアチャネルを持つ独立駆動タイプを採用した。個別の電極には2個の狭ピッチコネクタを用いて波形が給電される。インク流路の部材には特殊なエンジニアリングプラスチックとSUS316が用いられ，組み立てには独自開発の接着剤を用いている。このため一部のアルカリ液を除きほとんどのディスプレイ産業に用いられる材料に耐える。

用途に応じて液量6.5plと15plの2種類を用意している。代表的な仕様をTable 3に示す。

Table 3 Head operational and physical parameters

Parameter	Specification
Number of nozzles	128
Nozzle spacing	282 μm (90npi)
Nominal drop volume	6.5pl at 6m/s (type206) 15pl at 6m/s (type216)
Drop velocity variation	$\pm 1\%$ after trimming
Nozzle location	$< \pm 3 \mu\text{m}$
Material compatibility	Water based ink, Solvent ink LEP, PEDOT, NMP- based ink

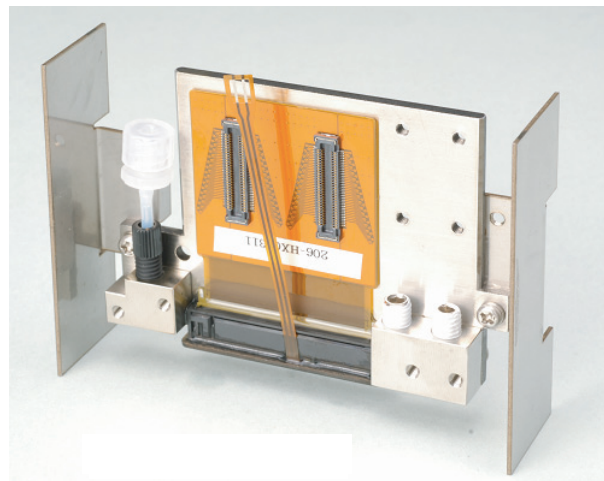


Fig.1 Type 206 print head

Fig. 1 にヘッドの外観を示す。

ヘッドには3箇所インク供給口が設けられている。ヘッドマニホールドには異物の混入を防ぐためのフィルターが設置されているが，2箇所のアウトレットがフィルター上流と下流にそれぞれ連結されていて，ディスプレイ製造で使われる特殊溶液の置換を容易にしている。

Fig. 2 にヘッド内部の流路を示す。

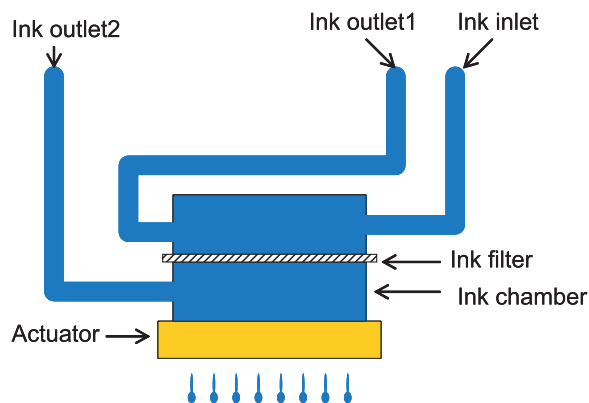


Fig.2 Internal ink flow

3.2 DPNボード

今回，ヘッドのDPN特性を評価するために駆動ボードも同時に開発した。ボードとヘッドを組み合わせたシステムの構成をFig. 3に示す。

駆動ボードは128個の波形発生回路を持ち，各々が独立した波高とタイミングの駆動波形を出力する。制御ボードは最大4枚の駆動ボードを制御できる。内部に画像メモリーを持ち，PCとはUSB2インターフェースにて通信する。このシステムは単なるヘッドの評価だけでなく，

パネル製造装置への組み込みも可能である。

Table 4 にボード仕様を示す。

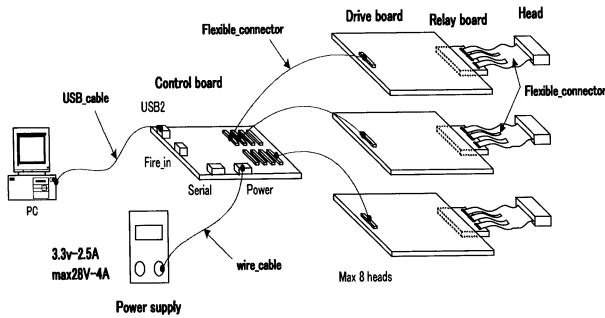


Fig.3 DPN head drive system

Table 4 DPN board set operational parameters

Parameter	Specification
Number of heads / nozzles	4 heads / 128 nozzles
Waveform	Programmable amplitude, width, combination of step pulses
Fire timing delay	Programmable 0 - 200 μ s
Waveform amplitude	10V-24V (0.1% step)
Image memory size	512Mbit (64Mbit/head)
Interface	USB 2.0

4 結果

(1)速度分布

開発したヘッドと駆動ボードを用いて液滴速度の調整を行った。調整前後の速度分布をFig. 4 に示す。液滴体積と液滴速度に対してリニアに変化する。そのため、速度を $\pm 1\%$ に揃えることで体積も $\pm 1\%$ に制御できる。

実際に有機ELパネルに使われる発光ポリマーを射出した状態をFig. 5 に示す。

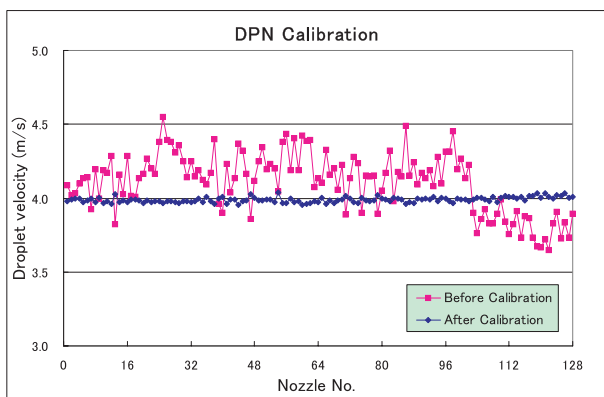


Fig.4 Velocity for individual jet after DPN calibration

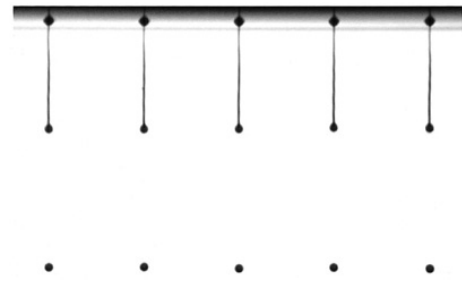


Fig.5 Light emitting polymer at 10kHz

(2)射出角度分布

今回開発したヘッドのために新たに2次元の射出角測定装置を開発した。全てのヘッドは出荷前に速度とXY 2軸の射出角が測定される。検査結果例をFig. 6 に示す。

メディア上の着弾位置はFig. 7 のようになる。全ての液滴が要求仕様である $\pm 7\mu\text{m}$ の範囲に収まっている。

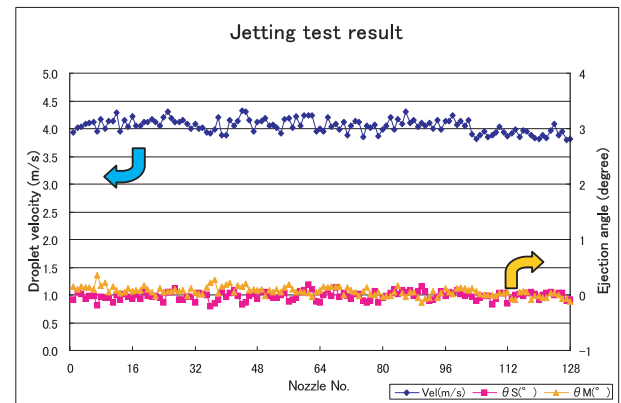


Fig.6 Velocity and angle deviation

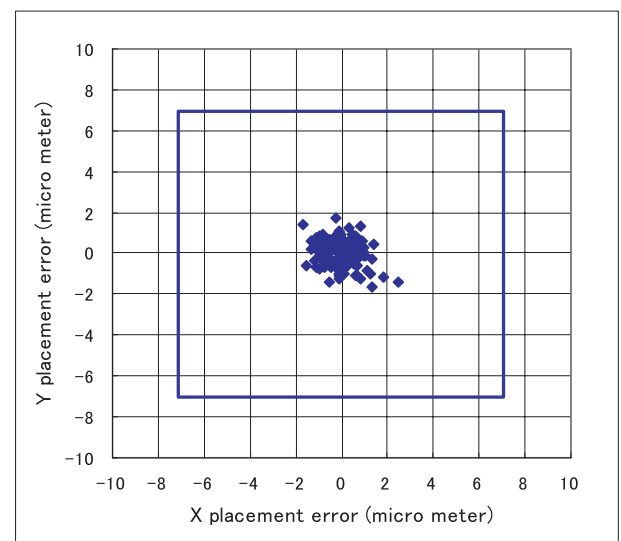


Fig.7 Drop placement error of type216 at 0.5mm distance from nozzle

射出角度はXY面で等方に分布している。連続して検査した12個のヘッドについて、ノズルごとの射出角度ばらつきをFig. 8にヒストグラムで示す。角度ばらつきの標準偏差は1.5mrad（角度レンジ0.51°）だった。

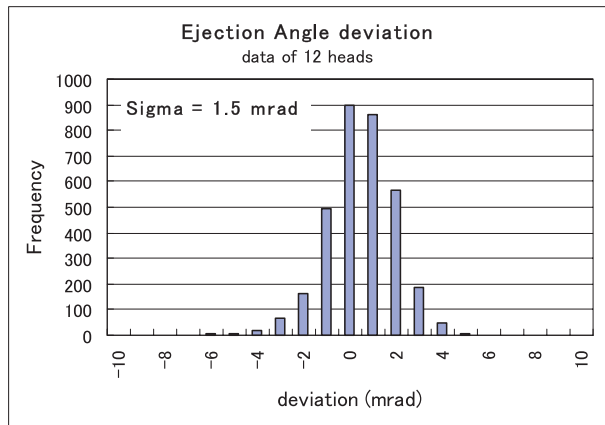


Fig.8 Histogram of ejection angle errors for 12 heads

(3)ノズル位置精度

ヘッドを組み立てる際に調整工程を入れ、ノズル列の反り（Nozzle bow）を補正している。検査結果の例をFig. 9に示す。仕様値である $\pm 3\mu\text{m}$ を満足している。

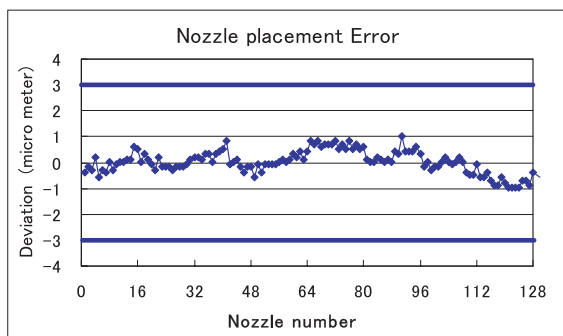


Fig.9 Nozzle placement error with Y-bow

(4)クロストーク

本ヘッドでは駆動チャンネルの間にエアチャンネルを設けており、独立した駆動を可能にしている。しかし共通インク室やPZTウェハーを経由したクロストークが出てしまう。これらは大判プリンターでは大きな問題にならないが、高精度のDPN駆動では無視できない。

Fig.10は射出パターンに拠る速度変化の例である。ノズルをひとつずつ駆動した速度分布を基準とした速度差を示している。この特性は使用条件が一定であれば波形によってある程度まで改善できる。

実際のパネル製造に於いては、ヘッドを傾けてノズルピッチを画像ピッチのズレを合わせている。このような駆動では位相をずらすことになり、影響は小さい。

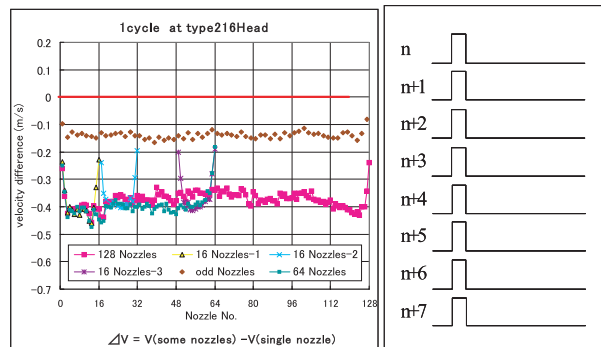


Fig.10 Cross talk appearance at 1 cycle operation

Fig.11は8サイクル駆動時の速度変動を示しているが、クロストークは1%以下である。

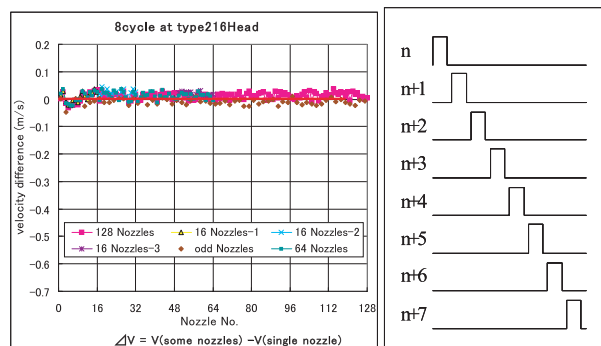


Fig.11 Cross talk free at 8 cycle operation

5 まとめ

ディスプレイ製造用途を狙ったヘッドと駆動ボードを開発し、各種性能が当該分野に必要な仕様を満たしていることを示した。なお、本ヘッドは装置メーカーにて評価中である⁴⁾。

参考文献

- 1) M. Fleuster, M. Klein, P. v. Roosmalen, A. d. Wit, "Mass Manufacturing of Full Color Passive-Matrix and Active-Matrix PLED Displays" SID symposium 2004, vol.35, pp.1276 - 1279
- 2) 竹内良夫, 竹内寛, 小松克明, 西真一 KONICA MINOLTA Tech. Rep., Vol. 2(2005)pp.89
- 3) David Albertalli, "New Process for FPD Manufacturing - Latest Inkjet Technology" FPD international Conference 2004
- 4) David Albertalli, "Gen 7 FPD Inkjet Equipment - development status" SID symposium 2005, vol.36, pp.1200 - 1203