

シアモード 1024 ノズルインクジェットヘッドの開発

Development of the KM1024, a 1024-nozzle Shear-mode Inkjet Head

奥野哲生*
Tetsuo OKUNO

渡辺英生*
Hideo WATANABE

平野肇志*
Tadashi HIRANO

上田正人*
Masato UEDA

要旨

近年、インクジェットプリンターの高速化、高画質化に伴い、インクジェットヘッドには低発熱、低消費電力が求められている。

新開発のシアモード 1024 ノズルインクジェットヘッド製品 (KM1024MHB および KM1024MNB) では、従来製品である KM512 に対し、ノズル数および印字幅をそれぞれ 1024 および 72mm と 2 倍にした。KM1024 ヘッドには、従来品の「チョップパートラバース構造 (CT 構造)」に比べて大幅に簡素化した構造である「ハーモニカ構造 (HA 構造)」を採用し、低発熱・低消費電力性能を向上した。

本稿では、上記性能を達成した設計アプローチについて概説し、また商品化した上記ヘッドの紹介を行う。

Abstract

In recent years, with the higher speed and greater image quality of inkjet printers, there has also risen the need to generate less heat and draw less power.

The newly developed and marketed shear-mode KM1024 inkjet heads (KM1024MHB and KM1024MNB) doubled the number of nozzles and the print width to 1024 and 72 mm compared to the previous product KM512. The KM1024 adopts a harmonica structure (HA structure), in which the structure is significantly simplified compared to the current, chopper traverse structure (CT structure). HA structure allows both less generation of heat and lower power consumption.

This paper describes both the KM1024 head and the design approach to achieving its superior performance.

1 はじめに

昨今、小液滴で高画質の方向はもちろん、大液滴で高速プリントなど、多様な方面のインクジェットヘッド(以下ヘッドと略す。)が要求されている。

ヘッドには大きく分類して、ヒーターを用いたサーマルタイプと、圧電材料を用いた圧電タイプがあり、我々は圧電タイプの中でも、電気機械変換効率が高くシンプルな構造であるシアモード方式^{1) 2)}を採用している。従来のシアモード方式のヘッド設計では、使用する加工装置依存となる駆動電極の引き回しの点で吐出ノズルの高集積化が難しい事と、ヘッド全般の問題である多ノズル化や高速駆動による消費電力の増大懸念がある。

多ノズル化や高速駆動を進めるにあたり、ヘッドの消費電力の削減は必要事項であり、これらのために次期主力商品である KM1024 ヘッドではインクチャネル構造を変更し低消費電力、低発熱を達成する必要があった。

今回、新構造を実現する配線技術、配線接続技術を開発し、低消費電力、低発熱を達成した KM1024 ヘッドの商品化に至ったのでこれを報告する。

2 開発コンセプト

2.1 ヘッド概要

Fig. 1 は当社の主力製品である KM512 シリーズの内部の概略図であり、チョップパートラバース構造 (CT 構造) と呼ばれるヘッドの構造である。

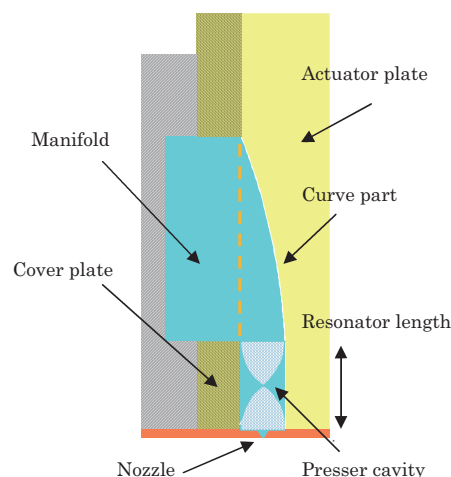


Fig. 1 KM512 head diagrammatical view.

* コニカミノルタ IJ (株)
開発統括部 第2開発部

これは圧力室であるインクチャンネルを加工する溝加工機の動きに由来する名前である。CT構造では、圧電材料であるアクチュエーター基板に接着されたカバー基板の長さが、インクチャンネルの共振器長となっている。この共振器長はインクジェットヘッドの液滴量や、駆動周波数などの性能を決めていく重要なパラメーターとなっている。円弧部は、溝加工機の回転ブレードによって形成され、CT構造の特徴となっており、圧力室から駆動電極の取り出しと、圧力室へのインクの供給に利用されている。ヘッドの静電容量は圧力室の容量と円弧部の容量からなっている。

Fig. 2はKM1024シリーズの内部の概略図であり、駆動部はハーモニカ構造（HA構造）と呼ばれる。これは加工工程で、基板を短冊状に切断した時の端面の形状が楽器のハーモニカに似ていることより由来している。HA構造のKM1024ヘッドでは、円弧部の構造をなくし、共振器長みのシンプルな構造で、KM512シリーズでは円弧部を介して取り出されていた圧力室内部の駆動電極も、KM1024では、配線基板を介して引き出され、ここでは図示していない駆動ICへと接続されている。ヘッドの静電容量は圧力室の容量のみである。

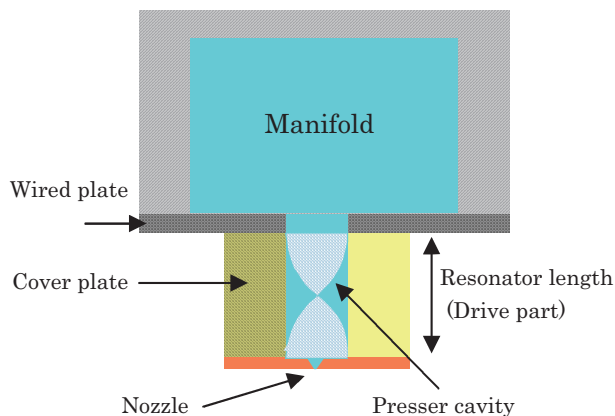


Fig. 2 KM1024 head HA diagrammatical view.

KM1024ヘッドでは、圧力室後端部が開放端であるため、圧力波の反射効率は100%に近く、KM512シリーズよりも効率の良いインク吐出がなされる事が期待される。その結果ヘッドの駆動電圧に対する射出速度の感度が良好になり、少ないエネルギーでインク吐出が可能である。また、ヘッドの持っている静電容量も少ないため、以下の2つの面でも有利になると考えている。

1. 多チャンネルヘッドを高周波数駆動した時に問題となる発熱→インク温度上昇→粘度低下による吐出不安定が抑えられる為、高速駆動に有利である。
2. ヘッドの高周波数駆動は、プリントの生産性に関して有利になる事と共に、小液滴化の設計が容易になり印字物の高画質化につながる。

つまり、このKM1024シリーズのヘッドの開発ポイントとしては、ヘッドに使用される圧電材料の削減により、低静電容量化し、さらには圧力室で発生する圧力波を効率よく使い、インク吐出における感度向上を図ることである。

2.2 性能予測（駆動周波数、発熱）

HA構造ヘッドとCT構造ヘッドの特性の違いを計算した結果を以下に示す。

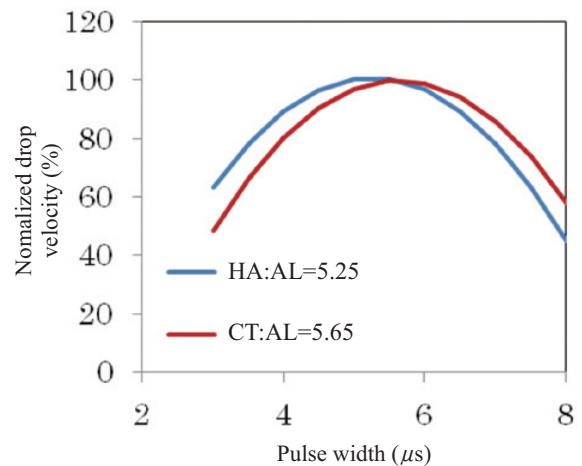


Fig. 3 Ink drop velocity vs. pulse width.

Fig. 3にパルス幅と標準化された液滴速度の関係を示す計算結果を示す。ここでの計算は、共振器長を同じにしたFig. 1とFig. 2に示される形状のみの違いで比較をしている。縦軸には極値で標準化を行った液滴速度、横軸にはヘッドを駆動させる電圧のパルス幅(μs)を示す。最も効率の良い(同じ電圧で液滴速度の速い)パルス幅をAL (Acoustic Length)と呼んでおり、同じ共振器長の場合には、HA構造ヘッドの方が7%程度短い事が分かる。このことにより同じ共振器長のヘッドでは、CT構造ヘッドに比べ短い駆動波形を適用することになり、高速で射出が可能となっている事が分かる。

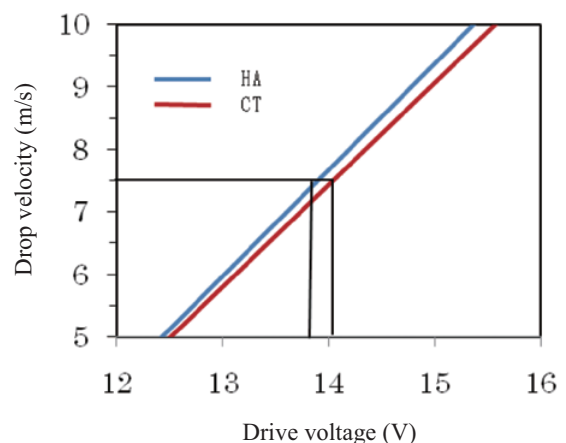


Fig. 4 Drop velocity vs. voltage.

Fig. 4 に駆動電圧に対するインク滴の速度変化について記す。ここで、ALを同じにするために、HA構造ヘッドの共振器長をCT構造ヘッドよりも8%長くし、CT構造ヘッドと液滴量を同じ条件にしている。

ここにおいても同じ液滴速度を得るための駆動電圧はCT構造ヘッドに比べHA構造ヘッドの方が低いことが示され、効率の良い駆動をしていることが分かる。

Table 1 Ink refill time after ink ejection.

HA structure head : 60μsec
CT structure head : 75μsec

Table 1 に射出後におけるインク再充填時間を示す。これは射出により消費された液滴の体積分がインクチャンネルに再び充填される時間を示す。この時間も、より短い方が、高速で駆動できることを示している。ここでも、吐出液滴量を同じにするために、HA構造ヘッドの共振器長をCT構造ヘッドよりも8%長くし、CT構造ヘッドと同じ条件にしている。結果、インクの再充填はHA構造ヘッドの方が早いことが分かる。

これらの特性の差は、HA構造とCT構造でチャンネル後ろの形状の差（CT：円弧状仕切りとカバー部材のリセス構造、HA：リセス構造なし）によるものと考えられる。CT構造では円弧状の仕切りによるリセス構造のために圧力波の反射の状態がHA構造とは異なり、かつ流路抵抗が増加するために、シンプルなHA構造の方がCT構造と比べALが短く、インク供給速度が速くなっていると思われる。

2.3 ヘッド性能（駆動周波数、発熱）

ヘッドの性能を示す測定結果を以下に示す。

Table 2 Performance comparison.

	Capacitance (pf)	Drive voltage (V)	Electricity consumption (mW)
KM1024	800	13	0.87
KM512	1600	16	2.62

Electricity consumption: $W \propto (1/2) CV^2 \times fr$
 C:Capacitance V:Drive voltage fr:Drive frequency

Table 2 は中液滴量ヘッドであるKM512MHのヘッドとKM1024MNBのヘッドの1ノズルあたりの駆動部の静電容量とヘッドの駆動電圧を比較する表である。

静電容量は1600pfから800pfと半分に減り、ヘッドの駆動電圧は16Vから13Vへと低下している。

消費電力はノズルあたり2.6mWから0.87mWと約1/3の低消費電力を達成している。

これは当初の目論見通り、チャンネル後方が開放端のため、圧力波の反射が100%に近く高効率になった為、インクの吐出感度が向上し、低駆動電圧となったと考えられる。またHA構造ヘッドの静電容量は同じ液滴量のCT構造ヘッドと比較して約半分であり、低消費電力・低発熱なヘッドとなっていることが分かる。

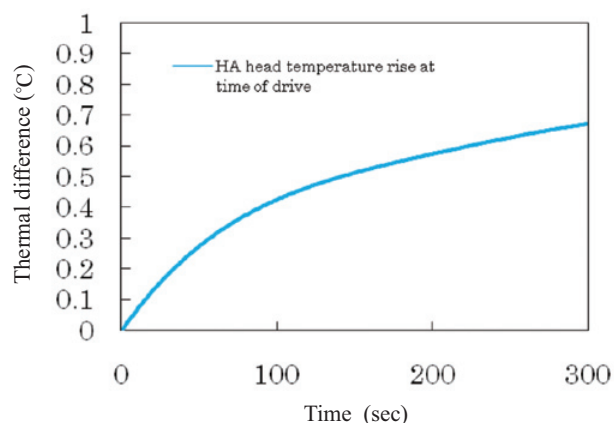


Fig. 5 Temperature rise at the time of the head drive.

Fig. 5 に示したグラフは、横軸に時間、縦軸に温度上昇をとっており、全ノズルから最大駆動周波数12.8kHzで射出を行った実験データである。HA構造ヘッドでは、1°C未満のわずかな温度上昇である。

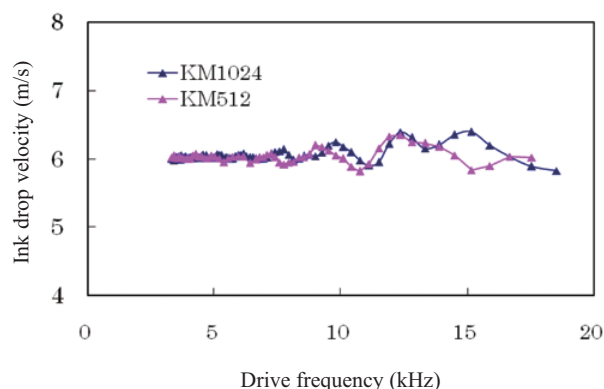


Fig. 6 Comparison of drive frequency performance.

Fig. 6 はKM512ヘッドとKM1024ヘッドの周波数特性を示す。横軸に駆動周波数、縦軸にインク射出速度を表しており、速度変動が高周波側にシフトしているほど、より高速な駆動が出来る事を表している。KM1024ヘッドは同等のインク液量の射出に対して、CT構造のヘッドに比べ、より高周波で射出が可能なる事が分かる。

3 KM1024 ヘッドの紹介

Fig. 7はKM1024ヘッドの外観である。

Fig. 8, Fig. 9にはヘッド内部のインク流路の模式図を示す。

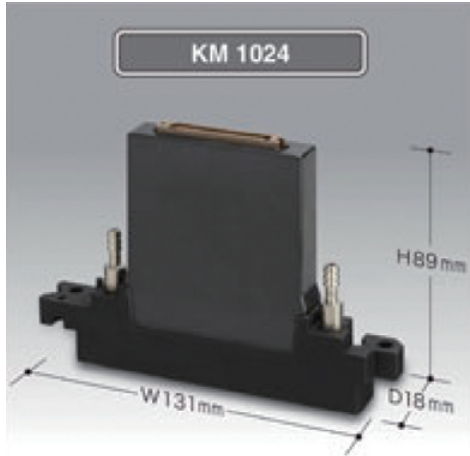


Fig. 7 KM1024 head appearance.

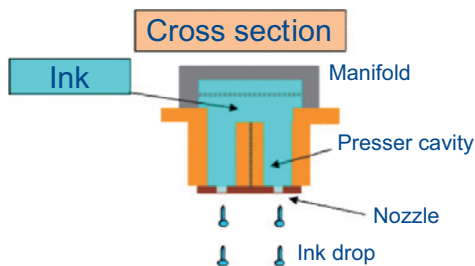


Fig. 8 KM1024 head cross section.

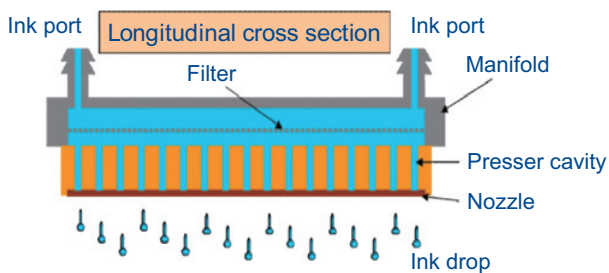


Fig. 9 KM1024 head longitudinal cross section.

KM1024ヘッドはインクポートを2つ持っており、プリンター装着時にインクの引き回しの都合に合わせてどちらからでも供給可能である。共通インク室は非常にシンプルな構造を取り、圧力室の上方にあることにより、良好なインクの導入と泡抜け性を確保している。使用しないインクポートはインクの循環や泡抜きなどの用途にも使用可能である。

Table 3 KM1024MHB/MNB Specifications.

Printhead name	KM1024MNB	KM1024MHB
Technology	Piezoelectric drop on demand (shared wall 3 cycle)	
Resolution	180 dpi × 2 lines = 360 dpi	
Number of nozzles	512 nozzles × 2 lines = 1024 nozzles	
Nozzle pitch	70.5μm (141μm 2 lines)	
Drop size	14pl	
Max. frequency	12.8kHz	
Printing width	72mm	
Dimensions	W131 × D18 × H89	
Weight	140g	
Grey scale	8 levels	
Internal heater		Available

Table 3にKM1024ヘッドの仕様を示す。

ヘッドの厚さは18mmとスリムに抑え、ヘッドの千鳥配置が可能な様に筐体の設計を行っている。KM1024ヘッドのノズル数は1024ノズル、360dpiの解像度であり、印字幅は72mm。駆動周波数は、液滴サイズにより異なるが、代表した14plのサイズでは12.8kHzを射出上限としている。液滴サイズは、代表して14pl、を示したが、30pl、6plの液滴サイズや、多様なインク種へ対応する為に、512ノズル独立チャネルタイプの高速度駆動ヘッドも順次リリース予定である。

4 まとめ

計算により、圧電タイプシアモードヘッドのCT構造とHA構造を比較し、HA構造の有効性を確認した。HA構造のヘッドは、静電容量が約半分、駆動電圧も従来のCT構造のヘッドより低下していることが確認され、消費電力低下を達成出来た。駆動時のヘッドの温度上昇はわずかであることが確認された。このHA構造のヘッドを開発した事により、今後さらなる多チャンネル高速駆動用のヘッドを開発出来る可能性が広がったと考えられる。

●参考文献

- 1) 竹内良夫, Konica Tech. Rep., 15, 31 (2002)
- 2) 竹内良夫, 竹内寛, 小松克明, 西真一
Konica Minolta Tech. Rep., 2, 89 (2005)