

# 5相ステッピングモータ用 マイクロステップドライバ

中村 宣敏  
Nobutoshi Nakamura

降幡 大作  
Daisaku Furihata

戸田 貴久  
Takahisa Toda

## 1. まえがき

ステッピングモータは、汎用的なアクチュエータシステムとして半導体製造装置をはじめとして、OA機器、食品機械、刺繍機といった用途に幅広く使用されている。特に半導体製造装置においては、ウエハの大型化と微細加工技術の進歩により、ステッピングモータの低振動駆動、マイクロステップ駆動による微分割制御への要求が高まってきている。

(1) ステッピングモータ固有の特性である、中速領域の振動・垂直軸の下降時の振動を抑える制御の開発。

(2) 空圧やソレノイドのような他のアクチュエータからの置き替えとして、部品点数を減らしさらなる小型化。

これらを実現するために、マイクロステップ、低振動制御用ASICとパワーブリッジ、電流制御部、ASICを一体化したハイブリッドIC(以下「HIC」という)を開発し、DC電源用小型マイクロステップドライバを製品化した。

本稿では、その製品概要・特長を紹介する。

## 2. 開発製品の概要

### 2.1 開発コンセプト

#### 【5相ペンタゴン結線の低振動制御技術の開発】

ステッピングモータの弱点であったモータの中速域における共振を低減させ、垂直軸の下降・軽負荷における振動を低減する。

(1) HIC・・・PMM5310 オールインワンタイプ

ASIC、パワーブリッジ、検出抵抗などの主要部品を内蔵し、当社既存製品、PMM530\*システムに対して省部品化を達成する。

(2) ASIC・・・PMM7002 マイクロステップ制御

2, 3, 5相ステッピングモータのマイクロステップ制御機能を搭載し、外部データベースによりマイコンからのマイクロステップ制御を実現する。

## 2.2 開発製品

開発した製品は、HIC, ASICとそれらを実装した2機種の5相小型マイクロステップドライバである。図1と図2にそれらの製品外観を示す。

(1) HIC……………PMM5310 [図1参照](#)  
(ASIC PMM7002内蔵)

(2) ASIC……………PMM7002 [図1参照](#)  
(64ピン ゲートアレイ)

(3) DC電源入力ドライバ [図2参照](#)

- (a) 多機能タイプ  
PMDPC1S3P01 (HIC PMM5310搭載)
- (b) 小型ハイパフォーマンスタイプ  
PMDPD1S1P01 (ASIC PMM7002搭載)

---

## 3. 機能・特徴

---

### 3.1 低振動・マイクロステップ制御

従来の5相一括電流制御方式から各相電流制御方式へ変更することによりモータ振動を低減した。

(1) 励磁、回生電流検出回路の小型、省部品化

(2) 電流制御用PWM、電流指令、高速トルク制御、入力パルス分配などの各回路をワンチップ化

## 3.2 省部品・小型化

### (1) オールインワンタイプのHICの採用

パワーブリッジ、検出抵抗、制御用ASIC、発振子をHICに組み込んだ。

### (2) 部品配置・実装密度の最適化

### (3) 制御電源の単一化

ゲートドライブ電源の5V化を実現した。

## 3.3 各開発品の機能・特徴

開発した製品の個々の機能・特徴を紹介する。

### (1) HIC PMM5310

先に述べたようにオールインワンタイプのHICとしたことにより、従来製品で必要とした外部部品をなくした。

表1に従来製品との外部部品点数の比較を示す。

表1 従来製品との部品点数比較

		開発品 PMM5310	従来製品 PMM5301
パワー部	本体	PMM5310	PMM5301
	電源	2電源 主電源、5V	3電源 主電源、5V、12V
	外部部品	無し	コイル 1点 コンデンサ 1点 パワーダイオード 3点 検出抵抗 2点
制御部	本体	無し (ASIC内蔵)	PMM7001 1点
	外部部品	無し	発振子 1点
外形寸法(mm)		78×44×8.5	78×32×8.5
発熱量		20%低減	

(注)9点の部品を削減した。

### (2) ASIC PMM7002

入力パルスの分配回路をはじめ、開発した電流検出回路、マイクロステップ制御回路を組み込み、制御部のデジタル化を図った。さらに2, 3, 5相の各ステップモータの電流指令テーブルを搭載し、外部データバスを設けたことで電流指令へのアクセスを容易にした。これにより、パルス指令に加えて、シリアルインタフェースの位置指令型ドライバ(DeviceNet、RS485インタフェースなど)のマイクロステップによる低振動制御が容易に実現できるようになった。

### (3) 2, 3, 5相のマイクロステップ機能を内蔵

従来、マイクロステップ制御用として必要だった、電流指令テーブル用メモリ、メモリアクセス回路をこのASIC 一つに集約した。このASICとパワー回路部を組み合わせることで、2, 3, 5相ステッピングモータのどのシステムでも、入力電源仕様、必要な容量にあったドライブシステムを構築できるようになった。

### (4) DC電源入力タイプ マイクロステップドライバ

HICとASICをそれぞれ組み込み、パルス列入力タイプの2機種を開発した。

#### (a) PMDPC1S3P01

開発したHIC PMM5310を搭載し、既存品のドライバに対して大幅な小型化を達成した。

#### \* 容積比

従来製品 PMM-MD-53030に対して約50%

#### (b) PMDPD1S1P01

開発したASIC PMM7002を搭載し、当社の製品群にない小型カードタイプのマイクロステップドライバとした。28, 42mm角の小型モータとの組み合わせにより、コンパクトなシステムを提供できる。

表2に各ドライバの仕様を示す。

表2 ドライバの仕様一覧

項目		PMDPC1S3P01 低振動多機能タイプ	PMPD1S1P01 小型ハイパフォーマンスタイプ
外形寸法 (mm)	開発品	82 × 64 × 33	72 × 56 × 10
	既存品	100 × 70 × 53	従来製品無し
電源		DC 24V	DC24/12V
電流設定		定格100%～55%	定格値に固定
マイクロステップ 分割数		10種類の分割数 1, 2, 2.5, 4, 5, 8, 10, 20, 40, 80	
パルス入力方式		2入力 CW, CCW 1入力 CK, UD	2入力 CW, CCW
入力信号 インタフェース		フォトカプラ入力 最高入力周波数 400Kpps	

## 3.4 振動性能について

[図4](#)、[図5](#)に開発したHICによる低振動制御の効果を示す。位置指令型のDeviceNetインタフェースドライバにより、従来製品と開発品の振動性能の比較を行った。

[図3](#)に評価方法の概要を示す。振動の発生しやすい垂直軸(ボールネジ負荷系)における下降時の特性について評価したものである。

### (1) ボールネジ負荷の下降時の低振動化………[図4](#)参照

従来製品では、下降時にマイナスのトルクが働き、ステッピングモータ固有の中速域の共振が発

生している。振動低減のためにモータダンパの使用やモータの巻線定数の適正化が必須であった。それに対して開発品は、大幅に振動が低減していることがわかる。

(2)低速時の低振動制御による低振動化………[図5](#)参照

電流指令テーブルの外部データバスのアクセス機能とソフトウェアによる低振動制御を組み合わせ、1/2分割(ハーフステップ)駆動においても従来製品に対して、大幅な低振動化が図れている。

開発した製品は従来、問題とされたボールネジ負荷系の振動を大幅に低減できたとともに、低速時においても滑らかな駆動を実現した。

---

## 4. むすび

---

本稿では、ステッピングモータの低振動・小型化の要求に応えるために開発したHIC、ASIC、それを組み込んだドライバを紹介した。

本開発により、5相ステッピングシステムの低振動化、小型化が達成できたものとする。

(1)HIC PMM5310の展開

- (a) 外部部品の削減により、小型多軸ドライバへ対応ができる。顧客ニーズを取り込み、カスタマイズ・付加価値のある製品のラインナップができる。
- (b) プリンタ、複写機などのOA機器への市場の開拓
- (c) 位置指令型(シリアルインタフェース)ドライバの性能向上

(2)ASIC PMM7002の展開

- (a) AC電源タイプドライバの小型化、コストダウン
- (b) 3相ステップドライバの製品ラインナップ強化
- (c) 2相マイクロステップドライバの小型化

開発したDC電源タイプのドライバ、HIC、ASICの展開により、カスタマイズ、高機能化したドライバを投入し、市場のニーズに応じていけるものとする。

---

中村 宣敏

1985年入社

サーボシステム事業部設計第二部

ステッピングモータの設計・開発を経て「PMドライバ」の設計・開発に従事。

降幡 大作

1996年入社

サーボシステム事業部設計第二部

サーボアンプの開発を経て「PMドライバ」の設計・開発に従事。

戸田 貴久  
1997年入社  
サーボシステム事業部設計第二部  
「PMドライバ」の設計・開発に従事。

---



図1 PMM5310とPMM7002

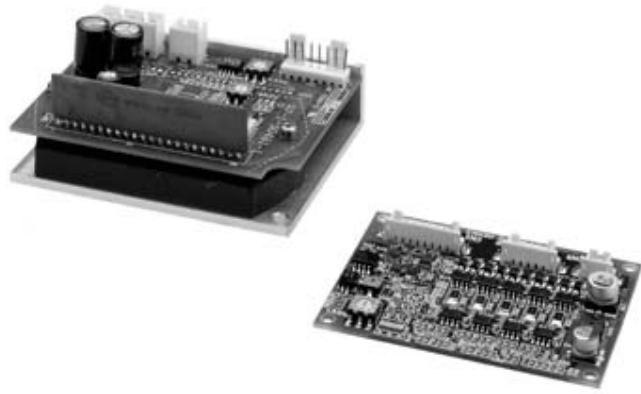
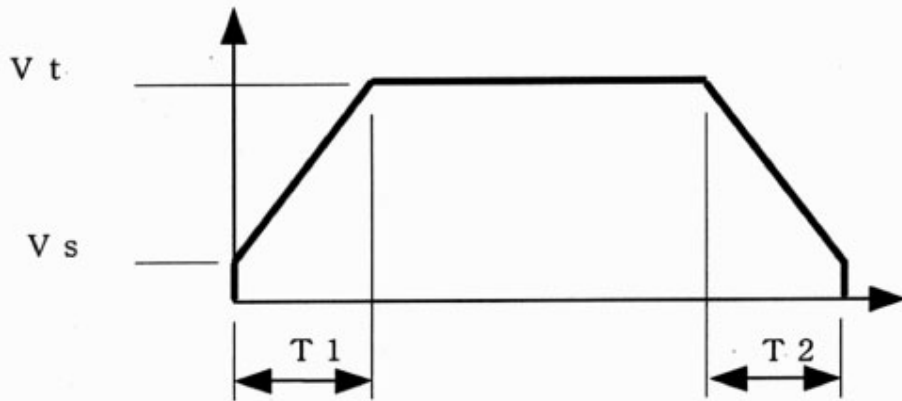


図2 PMドライバ  
PMDPD1S1P01(右側)  
PMDPD1S3P01(左側)



### 新 HIC 搭載 PM ドライバ性能比較



#### 測定条件

①ボールネジによる

上下動作の速度変動

<駆動パターン>(上下とも同じ)

起動周波数  $V_s=1000\text{pps}$

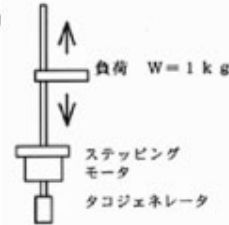
最高周波数  $V_t=6000\text{pps}$

加減速時間  $T_1=T_2=500\text{ms}$

電源電圧 24V

励磁電流 0.75A/相

ボールネジ



②モータ単体での起動・停止時の

速度変動

<駆動パターン>

起動周波数  $V_s=V_t$  と同値

最高周波数  $V_t=500\text{pps}$

加減速時間  $T_1=T_2=0$ (矩形駆動)

電源電圧 24V

励磁電流 0.75A/相

#### 使用機器

5相ステッピングモータ

比較対象のドライバ	PMDPA1C3P20(DeviceNet インターフェース、従来型)
	PMDPC1C3P20(DeviceNet インターフェース、新 HIC 搭載)
モータ	103H7851-7011
タコジェネレータ	11TG(7v/1000rpm)
ボールネジ	Φ8mm、リード 1mm

図3 振動比較の測定条件

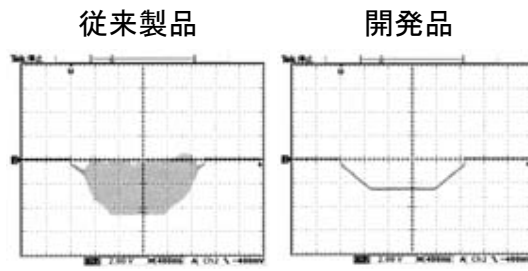


図4 中速時の振動比較(6000pps at HALF ステップ)

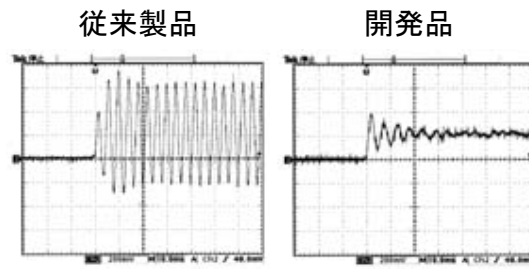


図5 低速時の振動比較(500pps at HALF ステップ)