

新型差圧・圧力発信器「FCX-AⅢシリーズ」

特集

木代 雅巳 (きしろ まさみ)

但田 憲彦 (ただた のりひこ)

1 まえがき

ユニークなマイクロキャパシタンスシリコンセンサ(小型静電容量式シリコンセンサ)を搭載した、圧力発信器「FCXシリーズ」は、1989年の発売以来、1995年には「FCX-A/Cシリーズ」⁽¹⁾、2000年には「FCX-AⅡシリーズ」⁽²⁾へと発展してきた。この間、FCXシリーズは世界中のプラントで100万台が稼動し、高い評価を得てきた。このたび、さらなる性能改良と小型軽量化を実現した、「FCX-AⅢシリーズ」圧力発信器を開発した。FCX-AⅢシリーズ圧力発信器の外観を図1に示す。

2 特徴

FCX-AⅢシリーズ圧力発信器の特徴は以下のとおりである。

(1) 長期安定性の向上

センサ信号のSN比を改善することにより、長期安定性±0.1%/5年を実現した。

(2) 小型軽量化

センサハウジングと本体の直結溶接技術の確立および小口径シールドダイヤフラムの開発により、差圧計質量で従来

比70%の3.1kgを実現した。

(3) 高速応答

エレクトロニクスユニットの電源電圧を下げることにより、消費電力を増加させることなく、高速演算を可能にした。その結果、従来比50%となる計測値更新周期60msを実現した。

(4) 現場調整機能の充実(3プッシュボタン)

ハンドヘルドコミュニケーター(HHC)なしの現場調整機能を実現するために、発信器に搭載した三つのボタンを使用して現場にて設定・調整ができるようにした3プッシュボタン付を表示ユニットを開発し、オプション指定できるようにした。

3 構造

FCX-AⅢシリーズ差圧発信器の内部構造を図2に示す。静電容量式センサ、セルユニットおよびエレクトロニクスユニットで構成されている。

3.1 マイクロキャパシタンスシリコンセンサ

FCX-AⅢシリーズ差圧発信器のセンサ構造を図3に示す。センサの中央に配置されたシリコンダイヤフラム(可動電極)の両側に対向して静電容量測定電極(固定電極)

図1 FCX-AⅢシリーズ圧力発信器の外観

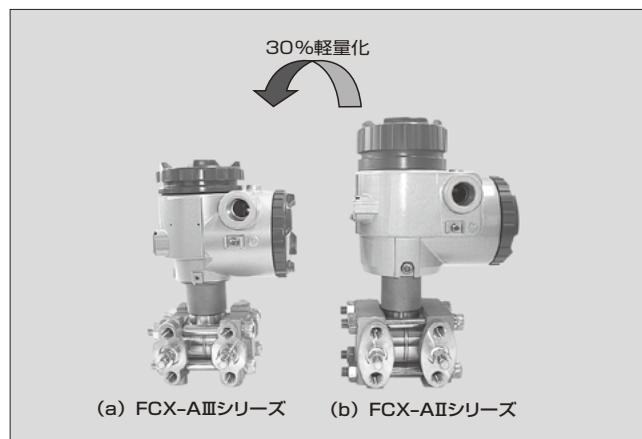
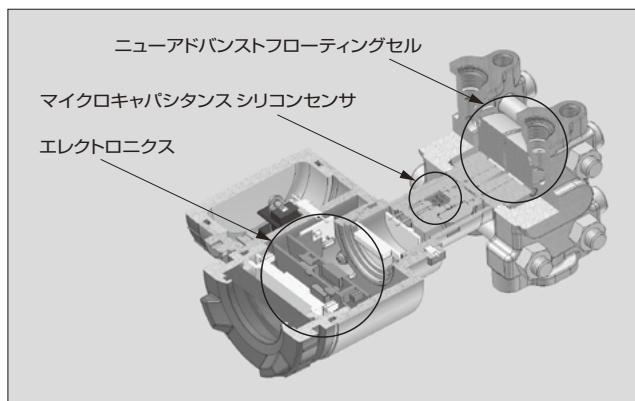


図2 FCX-AⅢシリーズ差圧発信器の内部構造



木代 雅巳

フィールド機器の開発・設計に従事。現在、富士電機システムズ株式会社制御システム本部PIA統括部計測機器技術第一部主任。計測自動制御学会会員。



但田 憲彦

発信器FCX-AⅢの開発に従事。現在、富士電機システムズ株式会社PIA統括部計測機器技術第一部。

が二対配置された構造となっている。センサに導入された圧力は、単結晶シリコンのダイヤフラムを变形させる。その変位量は差圧に比例し、かつ差動的な静電容量 C_1 、 C_2 を基に高精度に検出できる⁽²⁾。よって、静電容量 C_1 、 C_2 を測定して次式に従って差圧に比例したセンサ信号 F を求めることができる。

$$F = \frac{(C_1 - C_2)}{(C_1 + C_2 - 2C_S)} \dots\dots\dots (1)$$

このセンサは、単結晶シリコンの優れた性質を生かし、弾性ヒステリシスが小さい⁽⁵⁾。また、センタディスクを有する測定ダイヤフラムは、静電ギャップを形成する固定電極に対して平行を保ちながら変位するため、直線性がよく複雑な直線性演算が不要である。

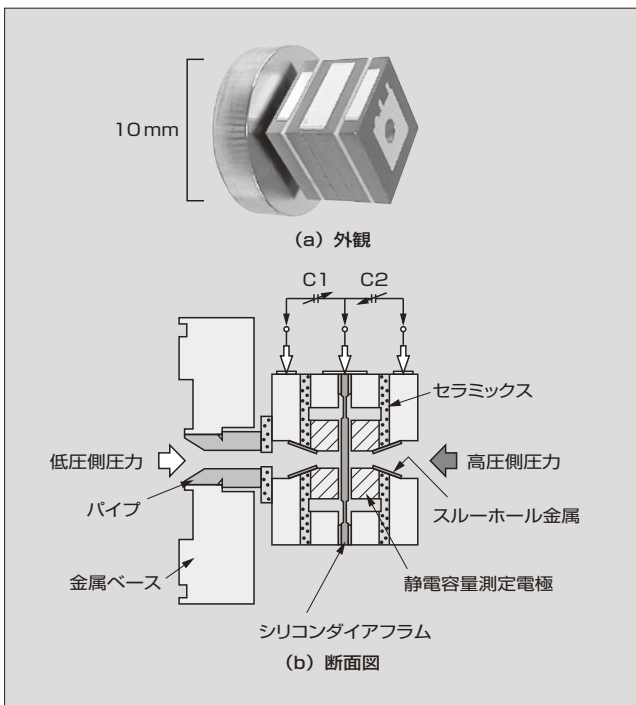
今回、長期安定性の向上を目的にセンサのSN比改善を実施した。静電容量式圧力センサにおいては、前述のように測定ダイヤフラムと固定電極とが形成する静電容量が圧力変化に伴い変化する。理想的なセンサにおいては、センサ信号は、ダイヤフラムと固定電極間に形成された静電容量のみであるが、現実のセンサにはそれ以外の静電容量、つまり配線パターンなどが形成する静電容量（浮遊容量）が含まれてしまう。センサ構造を見直すことにより、この浮遊容量を極小化し、かつ高压側と低压側との浮遊容量の差も小さくした。その結果、±0.1%/5年の長期安定性を実現した。

3.2 センサユニット

センサユニットを小型軽量化するために、センサハウジングと受圧部との直結構造と、シールドダイヤフラムの小口径化を実現した。

センサユニットの基本構造としては、FCXシリーズ以

図3 FCX-AⅢシリーズ差圧発信器のセンサ構造



来、継続して採用され、実績が豊富なアドバンスフローティングセル構造を継承した。ただし、従来のアドバンスフローティングセル構造では、センサハウジングと受圧部本体とをパイプを介して溶接していたため、小型化するうえでこのパイプの長さが障害となっていた。そこで、今回の開発では、このパイプをなくし、センサハウジングと受圧部本体とを直結する構造を考案し、その溶接技術も確立した。図4に今回開発したニューアドバンスフローティングセル構造を示す。

また、シールドダイヤフラムの形状については、有限要素法による数値解析法を使用した設計を行い、センサユニットの小型化にもかかわらず、圧力伝達特性を損なわない最適な波形ダイヤフラムを実現した。

センサハウジングの直結構造およびシールドダイヤフラムの小口径化によって、従来比で30%の小型軽量化を実現した。

3.3 エレクトロニクスユニット

エレクトロニクスユニットを含む電子回路の構成図を図5に示す。圧力はセンサで静電容量になり、ASICでパルスに変換され、ゲートアレイにて計数されてデジタル値になり、CPUにて演算される。近年は高速な応答が要求されるため、電源電圧を下げることにより高速演算を低消費電力で実現した。具体的にはCPU、ゲートアレイを含

図4 ニューアドバンスフローティングセル構造

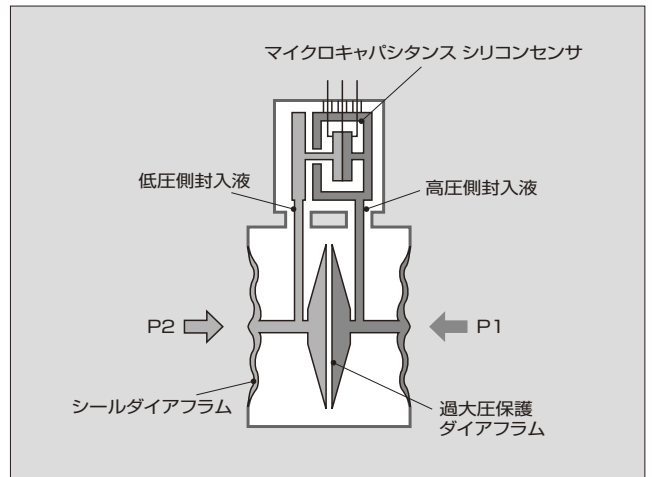


図5 電子回路の構成図

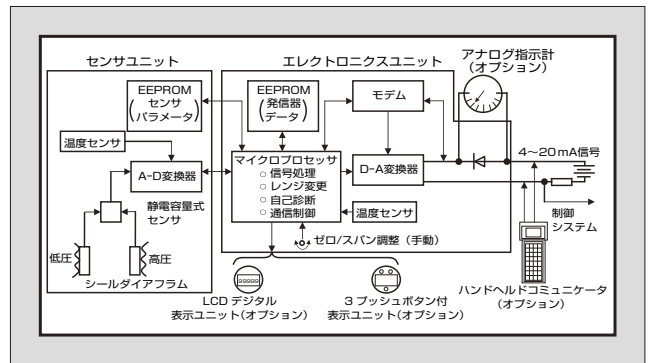


図6 FCX-AⅢシリーズのステップ応答特性

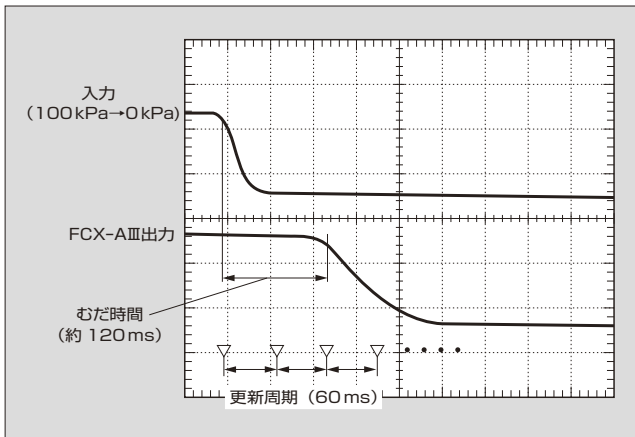
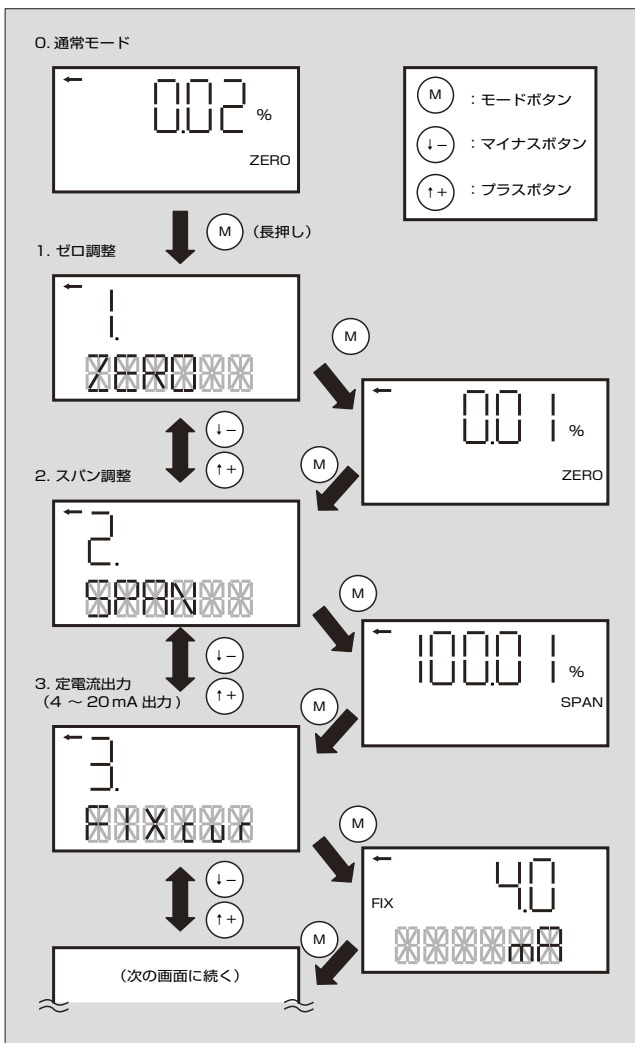


図7 3プッシュボタン付表示ユニットの画面遷移例



むデジタル回路部の電源電圧を下げ、CPU 内部の動作クロックを従来の 2 倍に上げ演算を高速化した。また、ゲートアレイにおけるパルス計数時間は、消費電力を抑えるためにクロックを上げずに、クロックのエッジの立上り・立下りを検出するよう回路を工夫した。これにより、従来と同じクロック周波数で、従来の半分の計数時間で、同じ

分解能を得ることに成功した。この結果、計測値更新周期 60 ms、むだ時間 120 ms という従来比 2 倍の高速応答を実現した。FCX-AⅢシリーズのステップ応答特性を図 6 に示す。

通信機能としては、富士プロトコル通信と HART 通信を標準装備し、ファウンデーション・フィールドバス (FF)、プロフィバスに対応した機種もラインアップしている。FF はファンクションブロック (FB) を拡充し、AI × 2 点 (圧力、温度)、PID 制御、IT (積算)、AR (演算機能)、SI (入力切換)、SC (折れ線補正) とフィールド機器としてはフルラインアップを搭載した。また、リンクマスターを搭載し、DCS などのマスターがダウンした際に代わりを務めることにより、システムの安全性向上を図れる仕様となっている。

一方で、上記のようなデジタル通信を用いなくても、主な機能の設定や調整が簡単に手早くできる 3 プッシュボタン付きの表示ユニットをオプションで用意した。従来機のオプション仕様であったローカル調整機能付きの表示ユニットでは、ダンピングの設定、ゼロ調整、スパン調整、電流出力の校正、圧力・流量の出力切換といった基本的な機能の設定、調整に限定されていた。新しい 3 プッシュボタンでは、メニュー方式により、デジタル通信を利用した HHC と同等の機能の設定、調整が、発信器本体のみで可能となり、発信器本体での現場調整機能がさらに拡充した。図 7 に 3 プッシュボタン付表示ユニットの画面遷移例を示す。

4 主な仕様

表 1 に FCX-AⅢシリーズ差圧・圧力発信器の主な仕様を示す。

アンプケースは、従来機種標準アンプケースであった L 形に加えて、T 形も用意した。T 形ケースは、海外ユーザーから要求のある形状であり、水平配管工事に対して、指示計を横から見ることのできる利点がある。

圧力計および絶対圧計については、ねじ込み式のダイレクトマウント型も用意した。

5 特性

FCX-AⅢシリーズ差圧発信器の代表的特性を、図 8 および図 9 に示す。図 8 は、最大スパン 130 kPa の差圧計の設定レンジ (0 ~ 130 kPa) と、その 1/10 スパンの設定レンジ (0 ~ 13 kPa) の場合の変換特性 (入出力特性) を示す。マイクロキャパシタンスセンサは、ターンダウン (設定レンジを小さくする) しても良好な直線性を維持できる。

図 9 は、ゼロ点出力の長期安定性を示す。センサの SN 比改善の効果により、ゼロ点出力は時間経過に対して極めて安定である。

表1 FCX-AⅢシリーズ差圧・圧力発信器の主な仕様

機種	差圧計	圧力計	絶対圧計	レベル計	リモートシール形差圧計	リモートシール形圧力計	ダイレクトマウント形圧力計	ダイレクトマウント形絶対圧計
形式	FKC	FKG	FKA	FKE, FKY	FKD, FKX	FKB, FKW	FKP	FKH
最大スパン (kPa)	1 6 32 130 500 3,000	130 500 3,000 10,000 50,000	16 130 500 3,000	32 130 500	32 130 500	130 500 3,000 10,000 50,000	130 500 3,000 10,000	130 500 3,000
質量 (kg)	3.1	2.9	2.9	約9~19	約9~19	約4~18	2.2	2.2
精度定格 (%)	±0.07		±0.2	FKE: ±0.2 FKY: ±0.25	FKD: ±0.2 FKX: ±0.25	FKB: ±0.2 FKW: ±0.25	±0.1	±0.2
出力信号	DC4~20mA または電気フィールドバス信号							
通信機能	富士プロトコルおよびHARTプロトコル							
ダイアフラム材質	SUS316L ハステロイC モネル タンタル SUS316L+金メッキ 金&セラミックス コーティング		SUS316L ハステロイC モネル タンタル	SUS316L ハステロイC モネル タンタル チタン ジルコニウム SUS316L+金メッキ			SUS316L	
プロセス接続口	Rc1/4またはNPT1/4			各種フランジ規格			Rc1/4, Rc1/2, NPT1/4, NPT1/2	

図8 FCX-AⅢシリーズ差圧発信器の変換特性

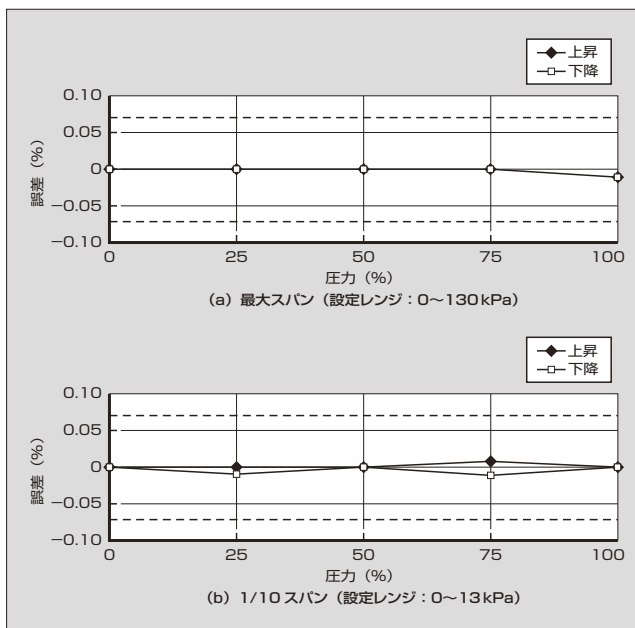
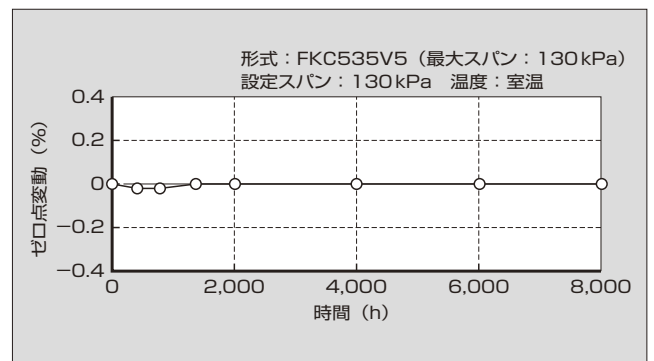


図9 FCX-AⅢシリーズ差圧発信器の長期安定性



これらの要望に応えながら、機種・機能の拡充を図り、さらなる改良を推進する所存である。

参考文献

- (1) 玉井満, 新世代発信器FCXシリーズの開発, 富士時報, vol.62, no.9, 1989, p.578-582.
- (2) 中村公弘, 湯原忠徳, 新世代電子式発信器「FCX-A/Cシリーズ」, 富士時報, vol.68, no.9, 1995, p.493-496.
- (3) 中村公弘, 井上芳範, 新型差圧・圧力発信器「FCX-AⅡシリーズ」, 富士時報, vol.73, no.10, 2000, p.533-536.
- (4) 安原毅ほか, 富士全電子式FCシリーズ発信器, 富士時報, vol.52, no.2, 1979, p.113-122.
- (5) 松本佳宣, 江刺正喜, 絶対圧用集積化容量形圧力センサ, 電子情報通信学会誌C-II, vol.J75-C-II, no.8, 1992, p.451-461.

6 あとがき

新開発のFCX-AⅢシリーズ圧力発信器の概要について紹介した。

FCX-AⅢシリーズ発信器が世界中の市場に浸透するに従って、新たな要望が出てくるものと思われる。今後もこ



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。