

真空コンデンサ (VC)

深井利眞 Toshimasa Fukai
 巽 敏規 Toshinori Tatsumi
 下川琢也 Takuya Shimokawa
 錦織祐市 Yuichi Nishikiori

キーワード 真空, コンデンサ, 可変, モータ付き, 高周波, RF, 真空絶縁, 高精度, 温度安定性

概要



当社 VC

当社は、半世紀以上にわたる真空遮断器の開発と製造で蓄積した真空に関する技術・ノウハウを活用し、国内唯一の真空コンデンサ (VC) メーカーとして、1992年からVCを開発・製造してきた。VCは、薄膜製造装置のプラズマ発生用高周波 (RF) 電源や制御用回路機器に組み込まれ、半導体やフラットパネルディスプレイ (FPD)・太陽光発電パネルの製造に貢献している。VCには、固定タイプと可変タイプ、静電容量制御に必要なモータや制御系をモジュール化した真空自動コンデンサ (オートVC) がある。当社独自の技術で、低トルク化を実現した二重ベローズタイプ、高速制御や長寿命化への要求に適応したボールネジタイプを製品化した。さらに静電容量機差±1%化や製品の小型化を実現し、様々な要求に合わせた製品をお客様に提供している。

1 まえがき

当社は半世紀以上にわたり、鉄道や高圧変電設備向けの真空遮断器 (VCB) や真空インタプラタ (VI) を開発・製造している。これらを通じて蓄積した真空に関する技術・ノウハウを活用し、1992年に真空コンデンサ (VC) の開発を開始し、1994年に量産化に成功した。以来、国内唯一の製造メーカーとして、信頼性の高いVCを開発・製造している。主な適用分野は、半導体やフラットパネルディスプレイ (FPD)・太陽光発電パネルの製造装置で、プラズマエネルギーを利用する薄膜製造装置のプラズマ発生用高周波 (RF) 電源や制御用回路機器に組み込まれている。また、放送通信機器、質量分析やX線検査装置などの分析機器、加速器などの研究設備、誘導加熱やCO₂レーザなどに使われており、VCは産業機器の高周波エネルギーのパワーサプライを支える

製品と言っても過言ではない。本稿では、当社が開発・製造しているVCの特長を紹介する。

2 開発動向

近年、半導体では、CPU (Central Processing Unit)・MPU (Micro Processing Unit) などの高性能化やメモリの大容量化が進み、製造装置には加工の微細化や積層するための多頻度加工が求められる。一方、FPDではスマートフォンの画質の向上やテレビやデジタルサイネージの大形化に対応したガラス基板の面積化 (第10.5世代: 2940 × 3370mm) とともに、製造装置は高精度化と大面積対応が進み、VCは高精度化・高耐電圧化・大電流化が求められている。

当社では、これらの要求に対応し、高速制御可能なボールネジVCや真空自動コンデンサ (オート

VC), 静電容量機差 $\pm 1\%$ の高精度化を実現した真空固定コンデンサ, 400Armsを通電可能な真空可変コンデンサ (VVC: Variable Vacuum Capacitor) などを開発した。

3 VCとは

VCは, 文字どおり電極間が真空のコンデンサである。第1図に当社VCの内部構造図を示す。電極間に誘電体を入れることで蓄えられる電荷を増やしているセラミックコンデンサなどと異なり, 真空にすることで誘電損を無くし, 真空で絶縁することに

よって小形で高耐電圧のコンデンサになる。そのため, 100Arms以上の電流を通電することができ, 真空中では大気中の10分の1の電極間距離で同じ耐電圧を得られることから, 小形で大電流を通電できる。また, VCはコンデンサの中でも最も温度安定性に優れ, 温度・湿度・汚れなどの外的環境変化の影響をほとんど受けない。

また, VCには真空を封止しながら伸縮するベローズによって静電容量を調整できる可変タイプがあり, 例えば, 静電容量を10pFから1500pFに桁を超えて調整できる。これはインピーダンスを連続的に調整できる機能で, 高電圧用に限れば, 他のコンデンサにはない機能である。そのため可変VCは, 古くは通信機器のチャンネル調整, 近年ではプラズマ制御に使われ, 特にkWクラス以上の高周波エネルギーを制御するRF技術用途に適している。今後は, EV・PHVの電力伝送用に期待されているワイヤレス給電へも応用していく。

VCが求められる分野は, 主に以下の特長のいずれかが求められる。

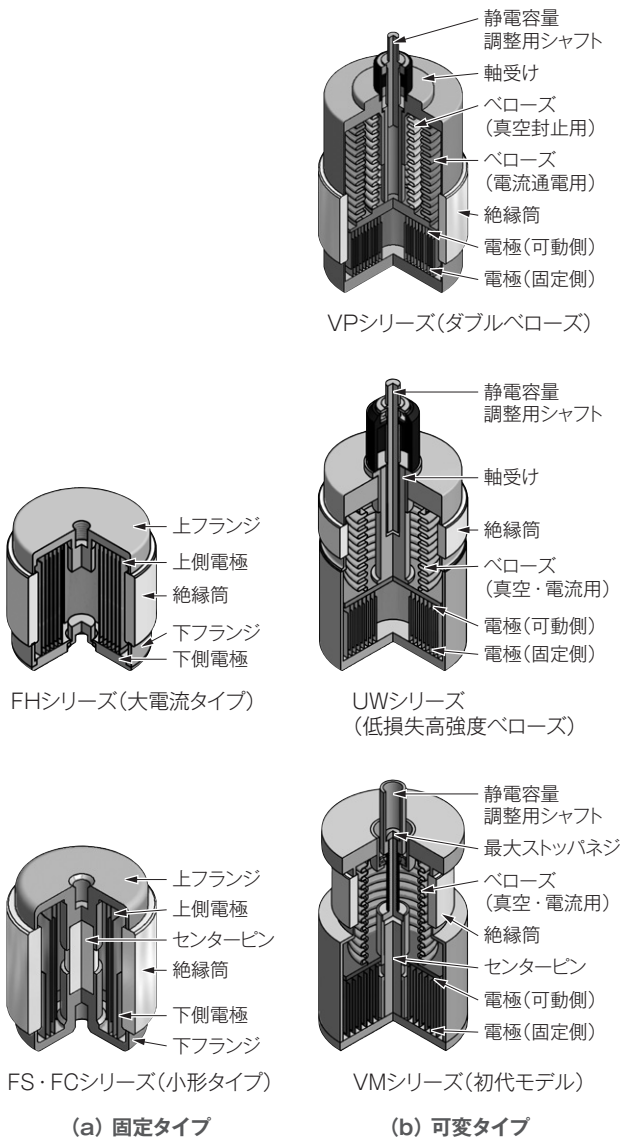
- (1) 数100kHz～数100MHzの高周波
- (2) kWクラス以上の電力エネルギー
- (3) kVクラスの高耐電圧
- (4) 100ppm/°C以下の温度特性
- (5) $\pm 5\%$ 以下の静電容量機差

4 当社VC

当社のVCは, 真空炉による排気管レス真空封止ろう付け方式で製造しており, 接合・真空排気・ベーキングを同時に行うため, 量産性に優れている。また, 半世紀以上の真空寿命が要求されるVCBやVIの開発・製造で蓄積したノウハウを利用することで, VCの真空容器寿命は20年以上を実現している。

当社のVCには, 真空固定コンデンサ (固定タイプ) と静電容量を調整可能なVVC (可変タイプ), 静電容量制御に必要なモータや制御系をモジュール化したオートVCがある。

固定タイプには, センターピンで小形化を実現したFSシリーズ, 100Arms以上の許容電流や30kV_{0-P}



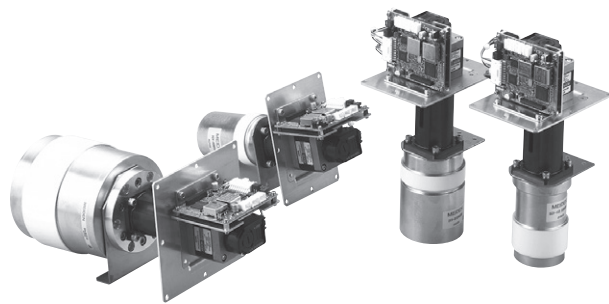
第1図 当社VCの内部構造

固定タイプと可変タイプがあり, 可変タイプは真空を封止しながら伸縮し, かつ電流を流すためのベローズがある。



第2図 ボールネジVC

高速制御や長寿命化への要求に対応したボールネジ搭載VVCを示す。



第3図 オートVC

静電容量制御に必要なモータや制御系をモジュール化したオートVCを示す。

以上の高耐電圧に対応したFHシリーズがある。FHシリーズでは、独自の電極製造技術で高精度化を実現し、静電容量機差 $\pm 1\%$ （通常は $\pm 5 \sim 10\%$ ）に対応できる。

可変タイプには、真空封止と通電を両立した高強度ステンレス銅メッキベローズ及び電極間絶縁距離の確保と真空中摺動を両立したセンターピンを採用し、開発当時から製品寿命が飛躍的に向上した当社初期モデルのVMシリーズ、当社独自の電極製造技術によって小形化を実現したUWシリーズ、ベローズを真空封止用と電流通電用に分けた二重ベローズ構造によって低トルクと大電流を両立したVPシリーズがある。さらに高速制御や長寿命化への要求に対応したボールネジやDLCコーティングネジに対応している。第2図にボールネジVCの外観を示す。

オートVCは、当社出荷時に静電容量を測定し、容量設定コマンドを校正することで、静電容量設定精度を $\pm 0.5\%$ 以下（一般的な可変タイプは $\pm 5\%$ 程度）を実現した。また、お客様が可変タイプを採用する際に課題となるモータと可変タイプとの接続形状やモータ制御を当社が準備することで、お客様の開発期間を短縮した。第3図にオートVCの外観を示す。

5 むすび

VCは半導体やFPDの製造の根幹を支える製品でありながら、一般にはあまり知られていない。しかしながら、この製品がなければ、スマートフォンやテレビを大量生産することができない。

今後もお客様の要求に応え、VCの性能や利便性を更に高めることで、お客様に喜んで使っていただける製品を開発していく。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



深井 利真
Toshimasa Fukai
電子機器工場
真空コンデンサ・エックス線管の設計・開発に従事



巽 敏規
Toshinori Tatsumi
電子機器工場
真空コンデンサの設計・開発に従事



下川 琢也
Takuya Shimokawa
電子機器工場
真空コンデンサの設計・開発に従事



錦織 祐市
Yuichi Nishikiori
電子機器事業部営業部
真空コンデンサ・エックス線管の営業・販売に従事