

# DC 絶縁エポキシモールド変圧器

■ 岡田 重紀  
Shigenori Okada

## 1 はじめに

タカオカ化成工業株式会社のモールド変圧器は、長年にわたる独自の樹脂配合技術により開発した電氣的・機械的・耐クラック性等に優れた特性のエポキシモールド樹脂を主絶縁材料とし、またコイル部分を真空注型法で成形した固体絶縁方式を採用している。そのため難燃・自己消火性に富み、防災上の安全性が高く保守点検が容易、短絡強度・短時間過負荷耐量が大いなど優れた特性を有する。

またタカオカ化成工業株式会社は、電力設備におけるオイルレス・不燃化の志向とともに多様なニーズに応じて、大容量化・高電圧化・外層接地化・屋外適用等の製品化を進め数多くのモールド変圧器を製作・納入してきた。

近年、モールド変圧器はこれらの優れた特性をもとに、省エネルギー、地球環境保護・温暖化防止等の要求に応えるため種々多様な用途で使われている。

本稿では新たな用途として開発し商品化した半導体製造装置に使用されるDC絶縁エポキシモールド変圧器について紹介する。

## 2 開発の背景

ウェーハ処理工程の半導体製造装置は、イオン注入用のイオンを発生させるイオン源、必要なイオンを取り出すための質量分析器、イオンを必要なエネルギーまで加速を行う加速器等から構成されている<sup>(1)</sup>。このイオン源や加速器等は、直流（以下、DC）電圧を必要とする機器のため超高圧DC発生電源に接続され、接地側と絶縁されたDC課電室内に設置されている。

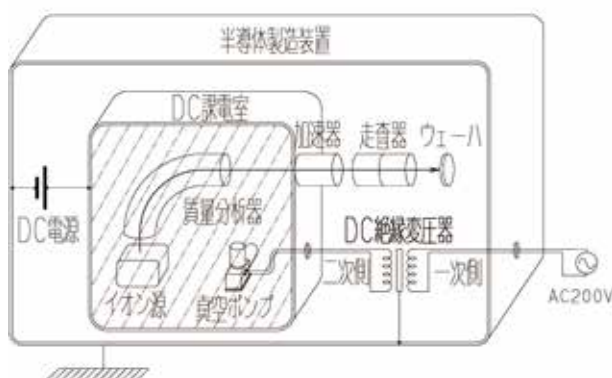


図1 DC絶縁変圧器の構成模式図

このDC課電室内には真空ポンプ等が配置されており、これらの動力電源として交流（以下、AC）200Vが必要となる。このAC200V電源を接地側より供給するためのDC課電室側（変圧器二次側）との絶縁が必要で、更に変圧器二次側端子がDC課電された機器に接続されるため、二次側コイルには超高圧DC電圧が常時重畳した状態となる。図1に半導体製造装置におけるDC絶縁変圧器の構成模式図を示す。

従来はDC100kV以上の課電室に適用されるDC絶縁変圧器はすべて油入変圧器であった。このため装置が設置されるクリーンルーム内の防災上の安全性、および保守点検の容易性のためにオイルレス化の要望があった。そこでDC200kV～DC300kVの定格電圧仕様のDC絶縁エポキシモールド変圧器を開発し商品化した。

## 3 特長

### 3.1 耐DC絶縁設計

主絶縁材料であるエポキシモールド樹脂に対して、試験片によるDC絶縁破壊試験、モデルコイルやプロトタイプコイルによるDC部分放電試験、DC長時間課電試験、およびDC絶縁破壊試験等によりDC絶縁特性を評価している。

またDC絶縁に対する電界シミュレーション解析も行っている。コイル部のエポキシモールド樹脂表面を接地層とし、ブッシング部の周囲を空気層とした状態でエポキシモールド樹脂と空気の抵抗率をもとに導体部にDCを印加した時の電界について解析した単相変圧器モデルおよびその結果を図2および図3を示す。

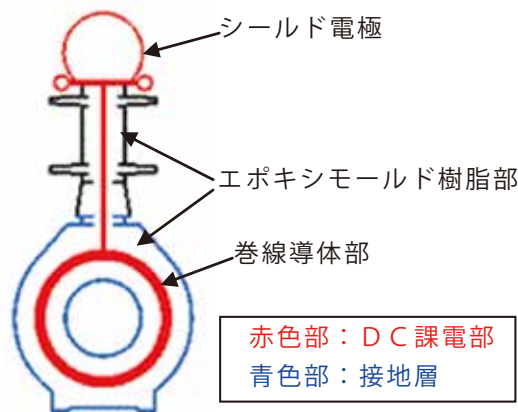
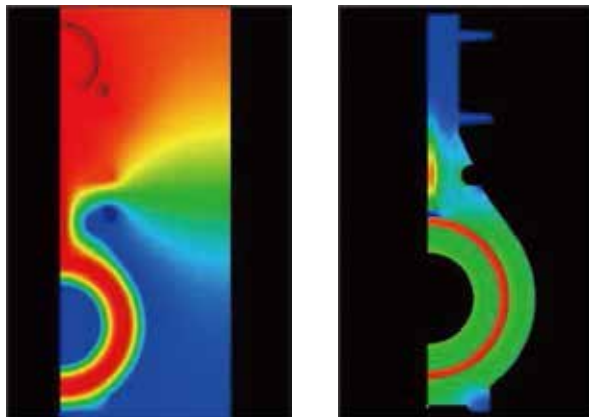


図2 シミュレーション解析変圧器モデル



(a) 等電位線図 (b) 電界分布図

図3 DC印加時のシミュレーション解析例

これらの検証結果とともに、これまで長年にわたり蓄積されたエポキシモールド樹脂配合技術、電界緩和処理技術、および真空注型による成形技術の成果を融合させ長期信頼性に優れた最適な絶縁設計としている。

### 3.2 コンパクト化

DC絶縁変圧器のDC印加側の二次コイル端子は、変圧器の接地部位との沿面距離を確保するためブッシング構造となる。DC200kV～300kVの電圧が重畳される二次側コイルはU相、V相、W相の3相コイルとともにブッシング部もエポキシモールド樹脂で一体に成形することによってコンパクトとなり絶縁信頼性の高いコイル構造とした。

### 3.3 コイル表面の接地化

ブッシング部以外のエポキシモールド樹脂のコイル表面には半導電性処理を施しその部位を接地することによってDC印加に対する樹脂表面の帯電や放電を防止した。このためメンテナンス時の帯電に対する安全性や装置稼働時の放電に対する品質が向上し、また変圧器保護用の金属ケースとの離隔距離も小さくすることが可能となった。

表1 DC絶縁モールド変圧器の定格・仕様

項目	定格・仕様	
適用規格	JEC-2200-1995	
設置場所	屋内用	
冷却方式	モールド乾式自冷式	
定格周波数	50/60Hz	
定格容量	15kVA	
一次定格	相数・線数	三相・3線式(三角結線)
	定格電圧	F220-F208-R200V
	定格電流	43.3A
二次定格	相数・線数	三相・4線式(星形結線)
	定格電圧	200V(線間電圧), 115V(相電圧)
	定格電流	43.3A
	絶縁耐圧	DC260kV
時間定格	連続	
耐熱クラス	F種	
絶縁耐力	二次～一次, 接地間	DC 325kV × 10分間
	一次～二次, 接地間	AC 2kV × 1分間
	二次～一次, 接地間	AC 2kV × 1分間

## 4 製品仕様例

各半導体装置メーカー殿より要求される定格・仕様に基づきDC300kVまでの定格電圧仕様として10種類以上の製品化を行った。その中には100台以上の納入実績がある変圧器もある。表1に一例として定格・仕様を示す。また図4にその変圧器外観を示す。



図4 DC絶縁エポキシモールド変圧器

## 5 おわりに

本稿では、タカオカ化成工業株式会社にて商品化したDC200kV～300kV定格のDC絶縁エポキシモールド変圧器を紹介した。

今後とも半導体製造装置に使用されるDC絶縁変圧器は、設置されるクリーンルーム内の防災上の安全性、および保守点検の容易性のためにオイルレス化の需要が増加していくと想定される。このためモールド変圧器の優れた特性を活かして、環境に優しいDC絶縁エポキシモールド変圧器が幅広く活用されることを期待し、またお客さまのご要求に応じた新たなDC絶縁変圧器仕様に対する商品開発を推進していく所存である。

### ■参考文献

(1) 日本半導体製造装置協会編：「半導体製造装置用語辞典」, 日刊工業新聞社, p.208(2000)



### 岡田 重紀

タカオカ化成工業株式会社

開発本部 所属

モールド変圧器, エポキシモールド樹脂の開発に従事  
一般社団法人 電気学会, 一般社団法人 電気設備学会,  
公益社団法人 日本化学会会員