

賛助会員のページ

## SIGMAPHI 加速器技術の御紹介

L. SWINNEN\*

### 1. はじめに

SIGMAPHI シグマフィは、30年以上にわたって粒子加速器用電磁石システムの設計、製造、測定を専門としてきました。

2013年3月、シグマフィはBRUKER BIOSPIN ブルカーバイオスピンのパワーエレクトロニクス部門を吸収しました。同部門全体がSIGMAPHI ELECTRONICS シグマフィ・エレクトロニクスへ移籍したため、電力変換装置およびソリッドステート高周波電力増幅器ソリューションの開発、製造、販売を、従来通り継続することが可能となりました。同部門は、放射線治療をはじめとする医療分野、あるいは素粒子物理学の加速器をはじめとする基礎研究分野において、世界中で電力装置の製造・販売を成功させてきました。

以上を踏まえ、現在シグマフィが提供する技術をご紹介します。

#### ■電磁石技術

- 最大 120 トンの常伝導磁石
- 低温・高温超伝導磁石 (ヘリウムフリー超伝導磁石の製造も可能)
- AC 磁石
- 永久磁石 / プリント基板使用の磁石 / 耐放射線性コイル

#### ■エレクトロニクス技術

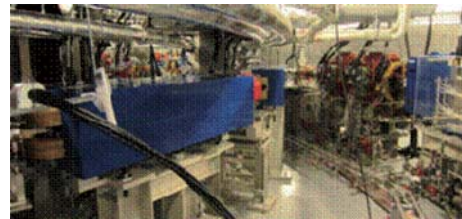
- 超安定化電源
- ソリッドステート高周波電力増幅器

#### ■加速器技術

- 入射 / 出射パルスシステム
- 荷電粒子ビーム輸送ラインの一括設計、設置およびアラインメント
- 加速器設計

### 2. 電磁石技術・製品紹介

シグマフィ製品の95%は、世界の主要な物理学研究施設、ハドロン治療施設のメーカー向けに輸出されています。



#### Aichi Synchrotron Bending magnets

10 Bending magnets for booster ring :  $B_{max}=1.0$  T  
8 Bending magnets for storage ring :  $B=1.4$  T



#### Soleil (Saclay - FRANCE): 124 sextupoles

Gradient :  $320 \text{ T/m}^2$ , Bore diameter : 73 mm  
Field quality :  $1.10^{-2}$ , reproducibility from magnet to magnet / alignment (axis shift):  $30 \mu\text{m} / 0.3 \text{ mrad}$ .



#### CNAO (Pavia - ITALY)

$90^\circ$  gantry dipole (1.8 T, 80 tons)

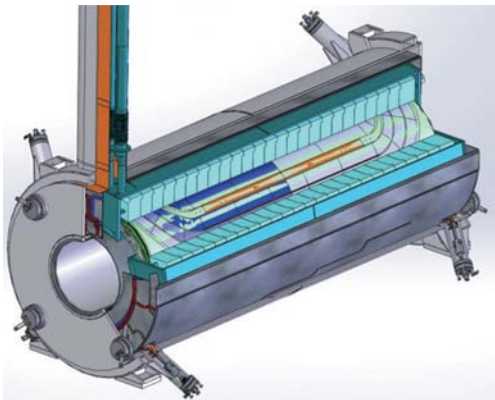
\* SIGMAPHI 日本支店 〒151-0051 東京都渋谷区千駄ヶ谷 5-2-4-101 090-3221-7565  
(E-mail: lswinnen@sigmaphi.jp)



**LHC (Geneva – SWITZERLAND)**  
33 superconducting X-Y corrector dipoles



**J-PARC (Tokai)**  
SCRs technology (12/24 pulses) up to 20 kA  
Efficiency at  $P_{max}$  >90%



**JLAB (Newport News – USA)**  
Superconducting dipole, 4.2 T, 4 m long (in progress)



**SOLEIL (Saclay – FRANCE)**  
Ramped PSU, 3 Hz pseudo-sinus output for booster ring,  
450 V/250 A 1000 V/560 A,  
4 quadrants, secondary Switch mode for dipoles, quadrupoles  
and sextupoles magnets

### 3. エレクトロニクス技術・製品紹介

#### ➤ 電源

弊社の大電流電源は、パルス、DC、単極、両極、2象限、4象限、各モードによる運転が可能で、最大 20,000 A までの供給が可能です。最新のスイッチング制御技術に基づいて最適効率を確保し、スタンドアロンかつフェイルセーフな運転が可能です。また、シリーズレギュレーションを選択することで、安定性を最大化し、ノイズと変動を最小に抑えます。

高電圧電源は最大 50 kV の高電圧を供給します。コンパクトなソリッドステートデザインは最新のスイッチング制御技術に基づき、さらに最も出力の大きい電源では SCR (サイリスタ) 制御を採用しています。

最大変動量 0.1% (peak-to-peak) という安定性により、パルスモード・DC モードいずれにおいても、信頼性と安定性に優れた運転が確保されます。



**ALBA synchrotron (Barcelona – SPAIN)**  
Ramped PSU 1000 V/750 A

シグマフィの超伝導負荷用電源は、最大 20,000 A の電流と最大 1 MW の電力を供給し、充電・放電、一体型ダンプコンポーネント、クエンチ検出、インターロック、電磁石温度制御・モニタリングの各プロセスのプログラム、制御が可能です。



**MGH Boston (USA)**  
 PSU for Dipoles, quadrupoles  
 Proton therapy, 2 or 4 quadrants, secondary Switch mode,  
 200 V/200 A

➤ ソリッドステート電力増幅器およびエミッター

シグマフィの高周波送信機は単独で運転可能なスタンドアロン型ですが、統合制御にも対応しており、次のように完璧な接続性を提供しています。シリアルインターフェースの標準オプションは、EIA の RS232 および RS485 ですが、IEEE488/GPIB にも対応可能です。シグマフィは、電源システムに組み込み可能なスタンドアロン型の EPICS サーバを追加することも可能です。

製品群は幅広く、80 MHz から 1.5 GHz, 100 W から数百 kW, クラス A, AB, または C, そして空冷式と水冷式から、それぞれ選択が可能です。

(了)



**ForschungsZentrum Julich (GERMANY)**  
 PSU for beam transport based on our standard  
 2-5-11 kW product line, Keyboard, LCD display,  
 USB and Ethernet port on each unit



**GANIL, Spiral 2  
 (Caen - FRANCE)**  
 2 × 10 kW + 2.5 kW  
 CW and Pulse @ 88 MHz



**IAP  
 (Frankfurt - GERMANY)**  
 18 kW CW and Pulse @ 88 MHz



**PSU for Superconducting magnets**  
 up to 5000 A, up to ± 60 V



**CORNELL (USA)**  
 5 kW CW and Pulse @ 1.3 GHz