

「ScandiNova pulsed klystron modulator for accelerator facilities around the world」

○湯城 磨 #A)、ミカエル リンドホルム A,B)

A, スカンジノバ・システムズ株式会社、 B, ScandiNova Systems AB

はじめに (背景と歴史)

スカンジノバ・システムズは、2001年にスカンジトロニクス社から独立した3名の精鋭により設立。従来から一般的に使われているPFN (Pulse Forming Network) やサイラトロンを全く使わない、半導体スイッチを並列に使い、トランスのコアを分離する「スプリットコア」の技術で、各国の大型・小型加速器施設で数多く採用されています。

- 1965年 スカンジトロニクス社が設立され、加速器用システム、医療用治療装置などの開発・販売を始める
- 1995年 3人の賢者(Walter Crewson/David Woodburn/Mikael Lindholm)により半導体スイッチとスプリットコアのコンセプトが考案され、試作・開発を始める
- 1997年 初号機を日本向けに出荷 (放射線治療装置向け)
- 2001年 ScandiNova Systems ABが設立
- 2009年 CERNよりXBOX-1向けの受注を皮切りに、XBOX-2/-3向けモジュレータを開発
- 2011年 MAX-LABよりMAX-IV計画向けRFユニット(モジュレータ+クライストロン)を受注
- 2017年 放射線治療装置向けOEM供与始まる
- 2018年 日本法人 スカンジノバ・システムズ株式会社を創設
- 2019年 累計出荷台数が1,000台を超える
- 2020年 新本社工場完成
- 2021年 ScandiNova Systems AB 設立20周年
- 2022年 累計出荷台数が2,000台を超える
- 2023年 スカンジノバのグループ会社を拡大

1965 スカンジトロニクス社設立

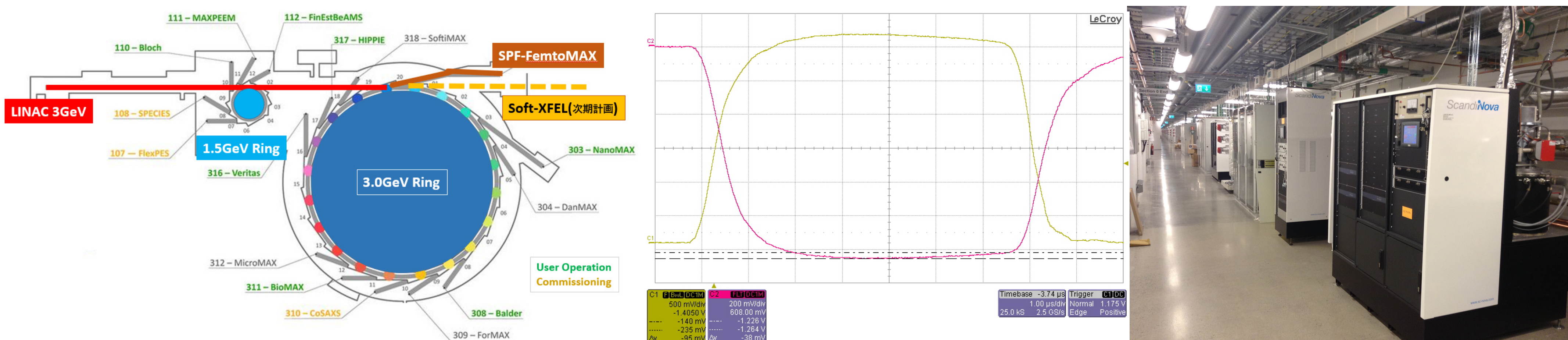
1995 半導体スイッチ、スプリットコアをコンセプトにした新型モジュレータを考案。試作/開発に着手。

1997 初号機を日立製作所向けに、国立がんセンターに納入。

2001 ScandiNova Systems AB 設立

MAX-IV 加速器の実例 (Lund/Sweden) @2013

スカンジノバ・システムズのモジュレータ K300 は、MAX-IV 計画にも参入。クライストロンを含むRFユニットとして入札にかけられ、RF性能までを担保した契約で採用された。3GeV ライナック部に計20式のモジュレータ K300 とクライストロンシステムがスカンジノバが責任機関として最終調整までを実施した。[契約性能] (RF) 38MW, 18kW, 4.5usec, 100pps (モジュレータ) 300kV/350A, +/-1%(平坦度), 100PPM(安定度)



SwissFEL 加速器の実例 (Villigen PSI/Switzerland) @2018

スカンジノバ・システムズは、スイスのPSIのFEL施設向けに13式のモジュレータを納入した。最終調整では、RFの性能確認までを実施。モジュレータメーカーとして、RFまでの性能を担保した。一方、PSIの仕様はFEL加速器の為非常に高度なもので、特にパルス安定度15PPMは過去にない難度な要求仕様であり、かつクライストロンの定格75-100%での担保、及び製造バラつきをもモジュレータ側で担保することが求められた。

最高性能 : パルス平坦度 0.72%, パルス安定度 8ppm/100pps 時
 13台平均 : パルス平坦度 1.34%, パルス安定度 13ppm/100pps 時
 スカンジノバでは、真空管(サイラトロン)を使わない、並列IGBTスイッチによるパルス生成により、パルスのタイミングの調整を細かくチューニングできるところに大きな利点がありこの方式ゆえに実現できたものである。

項目	要求仕様	備考
クライストロン仕様	370kV, 344A, 1-3us	タイプ E37212 (5712MHz)
パルス繰返し	100pps	1-100pps 可変
電圧立上り時間	≤ 0.8 μs	10→90%
電圧立下り時間	≤ 1.7 μs	90→10%
パルス平坦度	± 1 %	ripple+droop、絶対値で 2% 以下
パルス安定度	< 15 ppm	定格の 75-100% の範囲に於いて

項目	CB01	CB02	CB03	CB04	CB05	CB06	CB07	CB08	CB09	CB10	CB11	CB12	CB13
電圧 rise 時間	平均 1.0												
電圧 fall 時間	平均 1.5												
パルス平坦度 (絶対値 %)	1.75	1.34	1.69	1.43	1.71	1.70	1.73	0.74	0.90	1.16	1.28	0.72	1.32
パルス安定度 (100%, 100pps)	9.4	11.3	10.9	10.5	14.5	8.1	10.7	8.0	9.6	11.5	9.7	10.3	10.7
パルス安定度 (100%, 100pps)	10.9	12.4	13.0	12.1	13.4	13.8	12.5	13.0	13.8	13.1	13.3	13.4	13.9

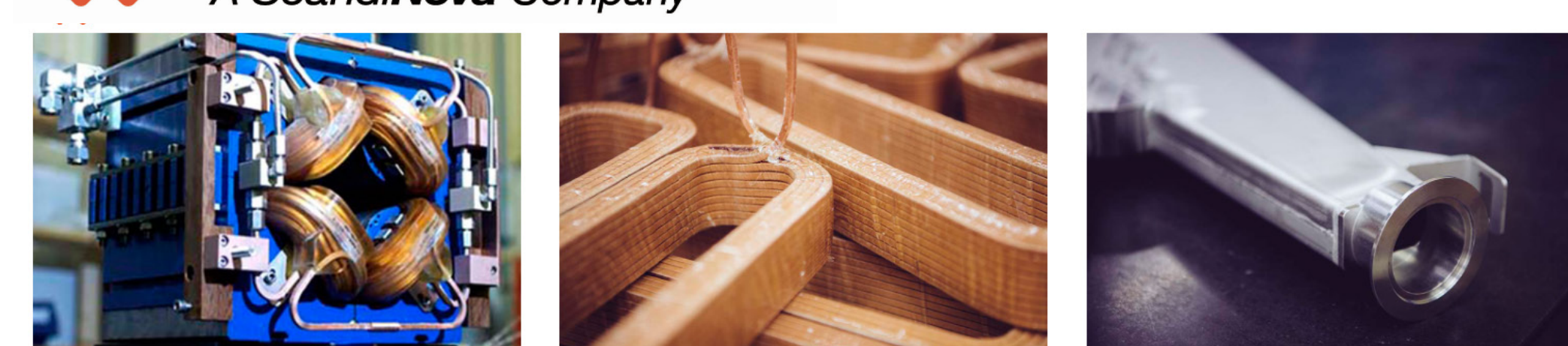
(2023/08 時点のデータ)

スカンジノバ・システムズの最新状況

スカンジノバ・システムズの製品出荷台数は、2023/09 時点で 2,853 台に達し、本年中または来年初には 3,000 台を突破する見込みである。

モジュレータ出荷実績 **2,853 台**
 総計運転時間 **3,288,105 時間**

また、共通のフィールドで世界的に業界を牽引している3社をグループ会社に加え、スカンジノバが25年を超える年月で独自に培ってきたノウハウと、これら3社が持つ新たなテクノロジーを融合・発展させ、医療・科学技術及び民生の分野で世界最高の製品と高い品質・サービスをお届けします。



4象限バイポーラ電源
傾斜磁場電源、マグネット電源

広帯域アンプ、
パワーアンプ、デジタルTV用アンプ



マグネット

コイル

周辺機器