

サイラトロン代替半導体スイッチの開発
DEVELOPMENT OF SEMI-CONDUCTOR SWITCH
FOR MODULATOR

2015年8月6日

日新パルス電子株式会社
技術部

○原田 瞬、佐藤尚登、大下 英次

目次

1. 開発背景
2. スイッチ概要
3. 開発課題設定
4. 開発経緯
5. 試験結果概要
6. 25kVスイッチ組立
7. フィールド試験
8. まとめ

概略仕様

定格電圧	25 kV	周囲温度	25 °C
定格電流	2 kA	周囲湿度	50%以下
耐サージ電流	4 kA (非繰返し)	質量	約15 kg
パルス幅	8 μ s (FWHM)		
パルス繰返し	25 pps		
使用素子	IGBT		

冷却設計などを変更することにより、
長パルス・高繰返しに対応出来るスイッチも可能

開発課題設定

1. スイッチ素子は市販品で容易に入手かつ安価なものであること。
⇒ **スイッチの安定供給**
2. 駆動回路含め安定に動作可能なスイッチとすること。
3. 万一の**故障時には、極力社内で修理対応が可能**とすること。
4. ON時のスイッチング損失には特に注意し、
必要に応じてスイッチング損失低減を図ること。
5. **サイラトロンおよびサイラトロンドライバーと寸法面で同一程度と**
すること。
6. クライストロンブレイクダウン時，2倍の通電電流にも耐えうること。

開発経緯

1. 素子選定

サイリスタ・・・di/dt確保が困難

I G B T・・・採用

S i C・・・ドライブの安定動作に不安

2. 社内試験

1) 実波形に近い回路を組み、素子特性を把握

2) 0N時のスイッチングロス低減の為、
可飽和リアクトル効果も確認する

試験回路

社内試験用として、電圧4 kV 電流2 kAのPFN回路を作成

定格電圧 : 4 kV

定格電流 : 2 kA

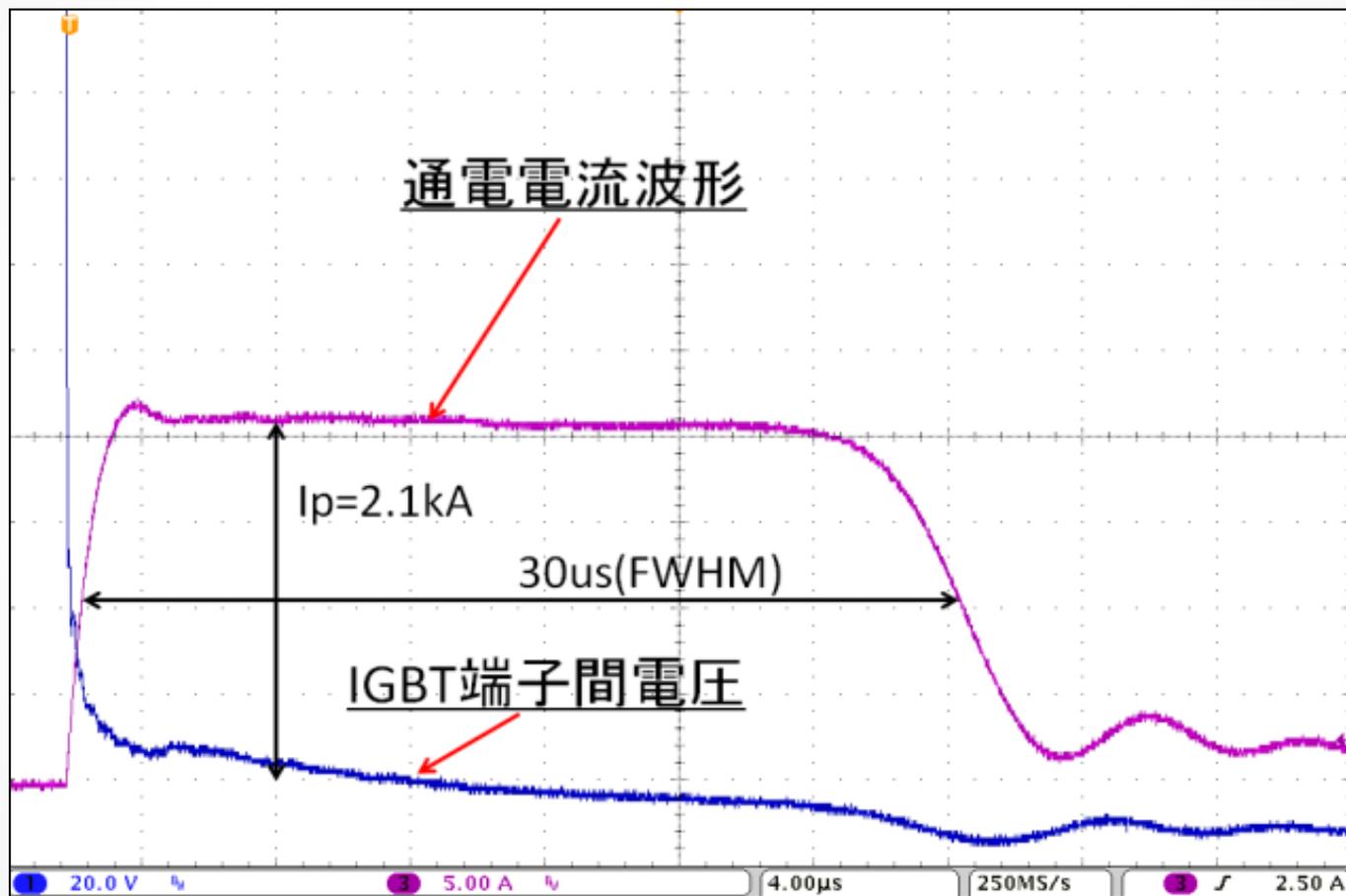
パルス幅 : 30 μ s (FWHM)

パルス繰返し : 25 pps

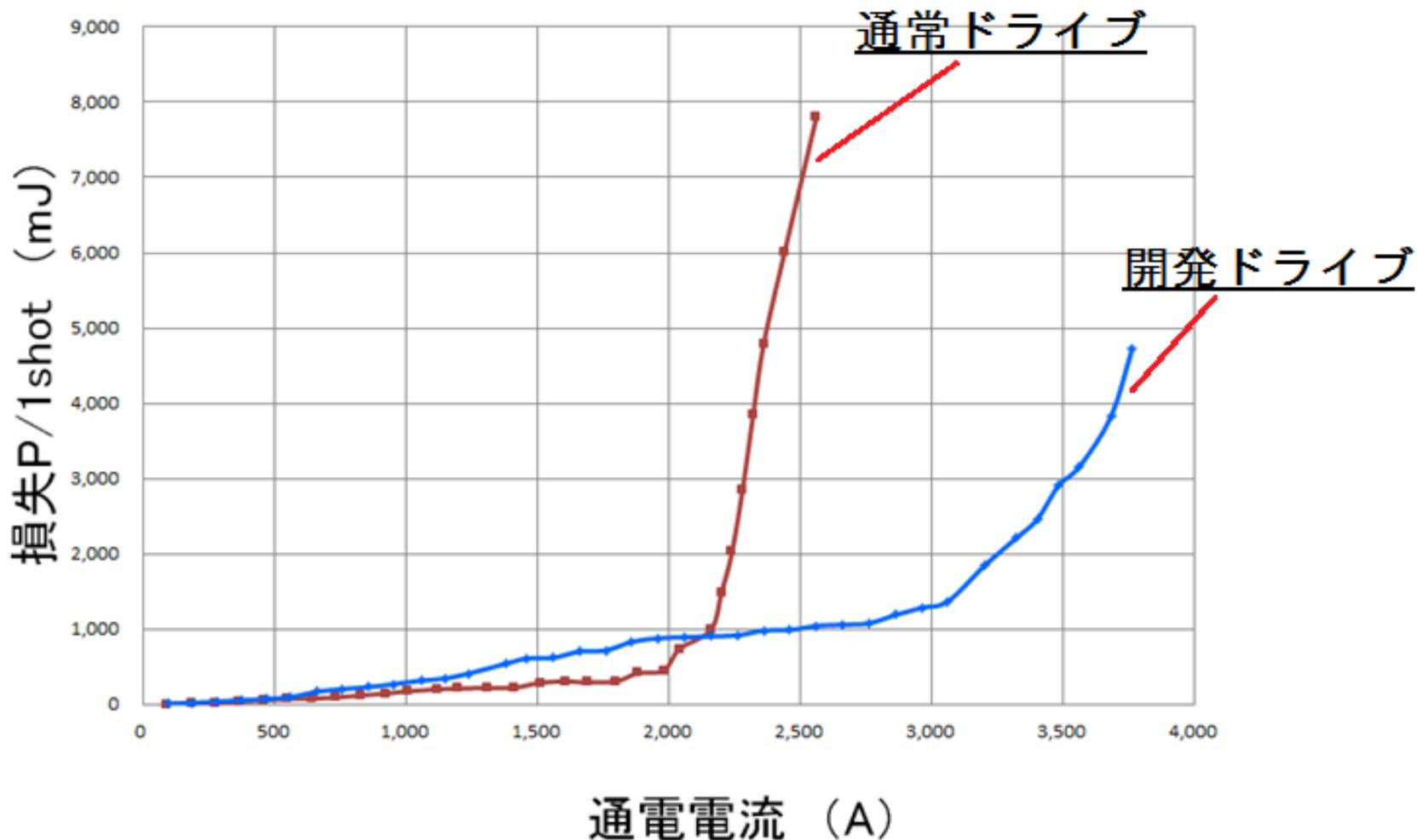
di/dt : ~ 1.5 kA/ μ s

測定波形

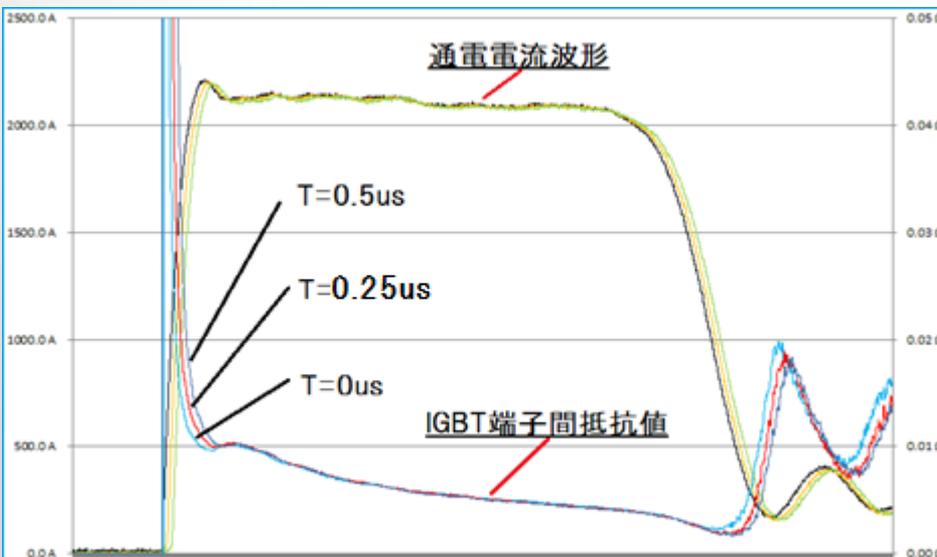
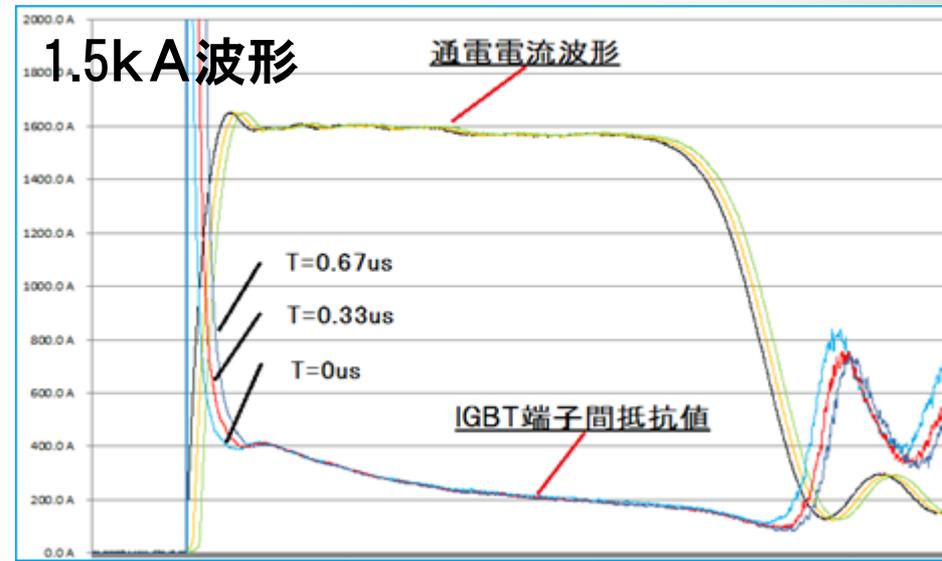
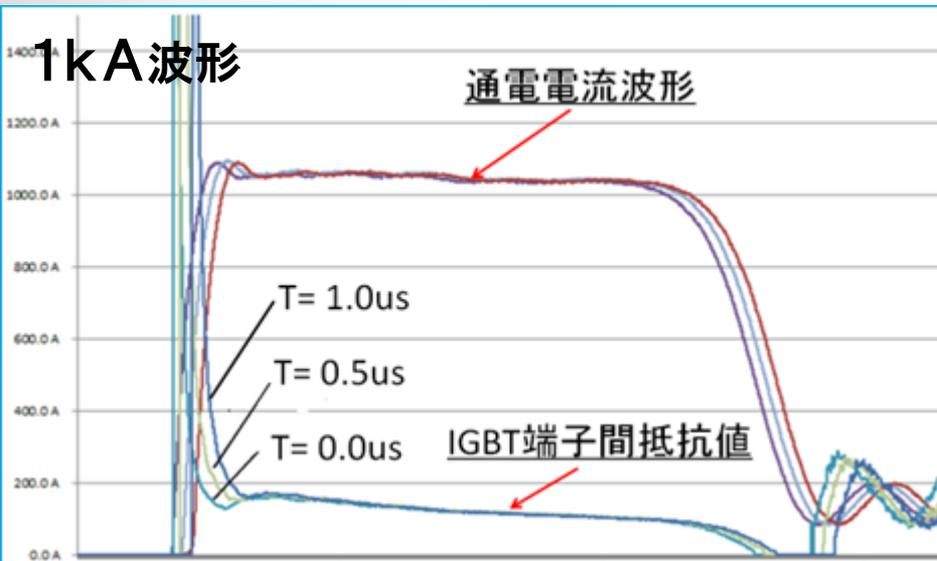
代表的な IGBT 端子間電圧、通電電流波形



I G B T素子損失

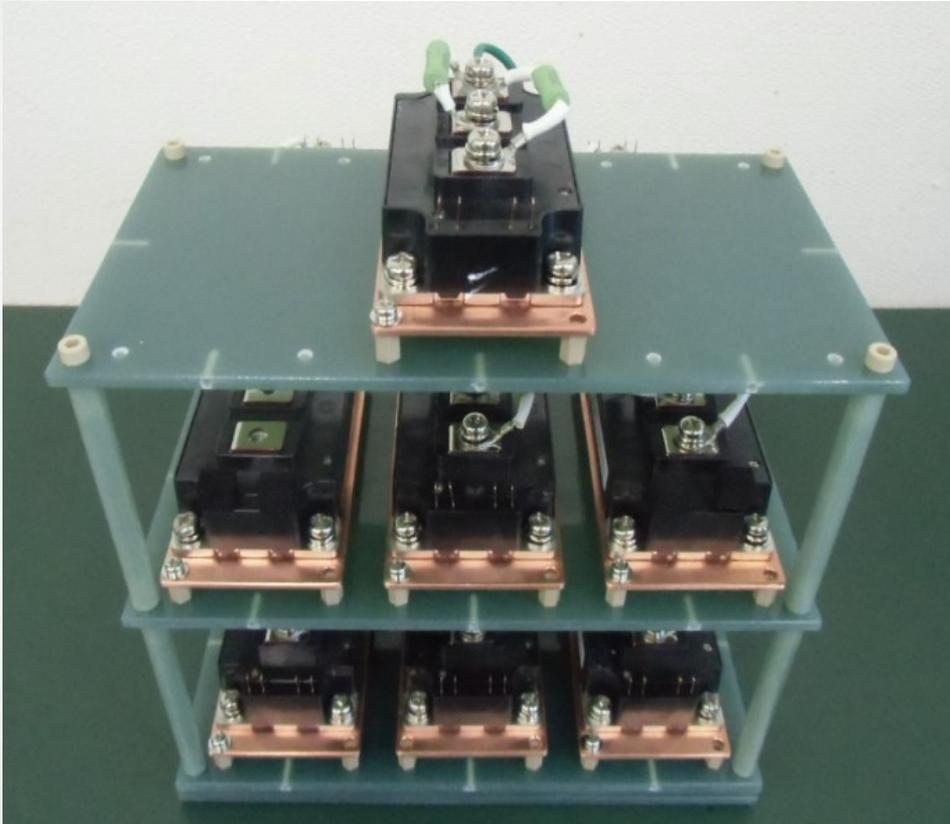


可飽和リアクトル試験



1. ブロッキング時間を $0 \sim 1 \mu s$ としても、素子ON抵抗に大きな変化は見られなかった。
2. 結果、大きな損失低減には繋がらなかった。

25 kVスイッチ組立



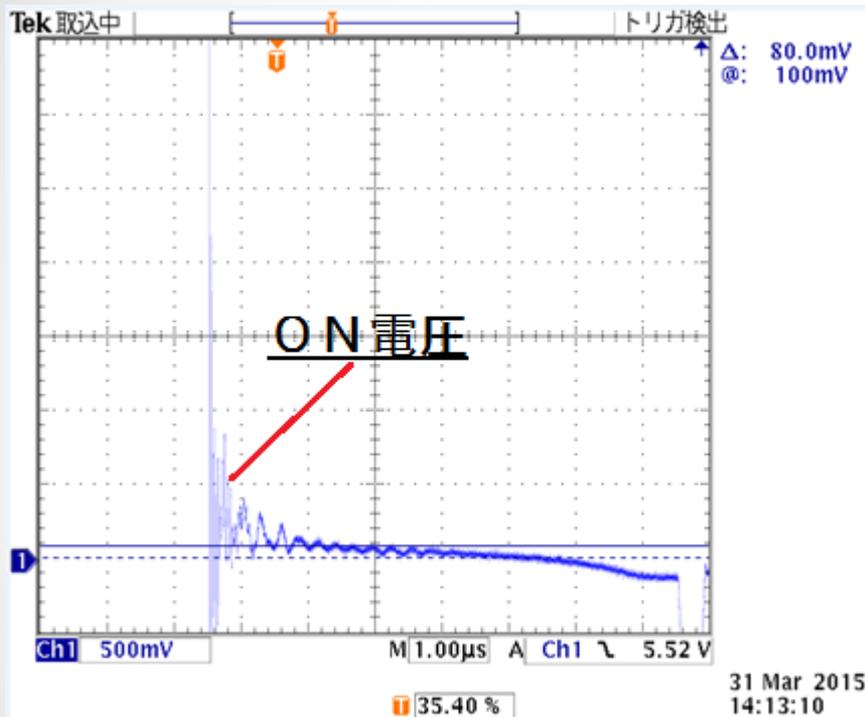
質量 約15 kg

高さ 295 ~ 600 mm

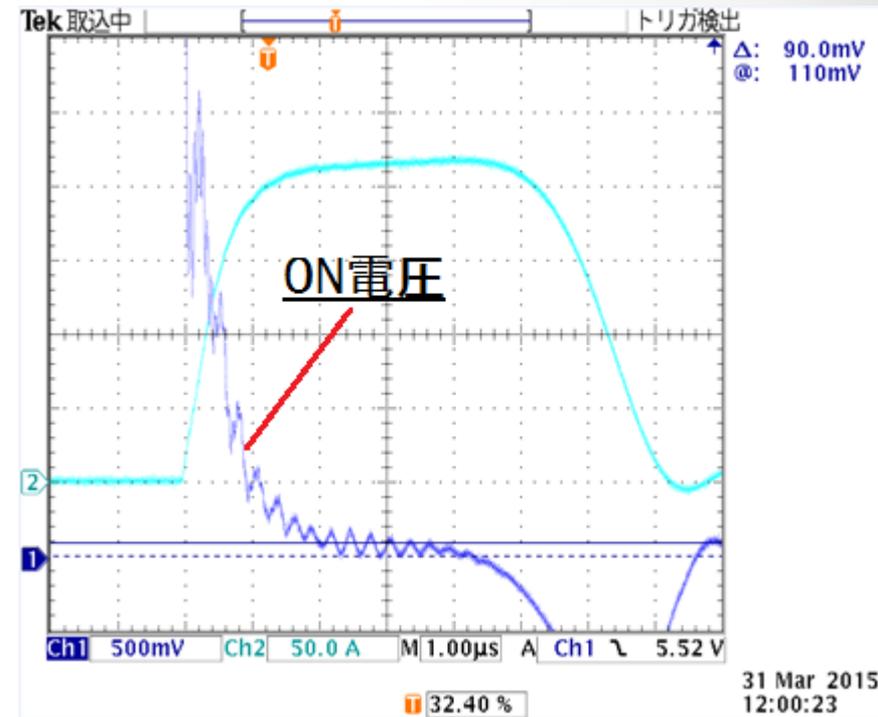
幅 300 × 300 mm

外観写真

フィールド試験 (ON電圧比較)



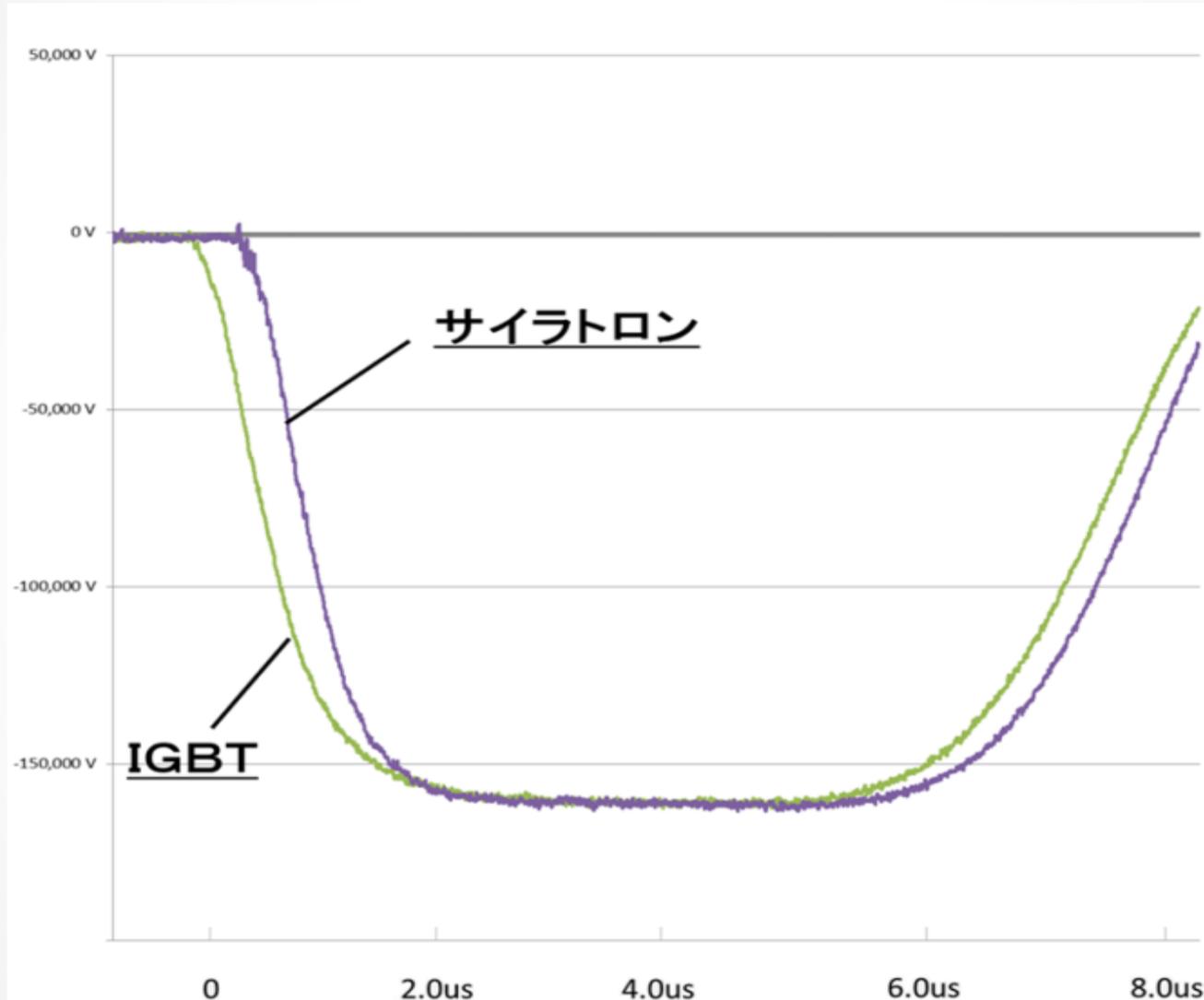
サイラトロン ON電圧



IGBT ON電圧

ON後、 $2\mu\text{s}$ 以降は、ほぼ同じ電圧 (約170V)

フィールド試験 (K L Y印加波形)



出力電圧波形比較

まとめ

1. 25 kV 2 kA、繰返し25 ppsの半導体スイッチを開発した。
2. 実機へ組み込み500時間超の運転でも問題はなかった。

<注意点>

- ・クライストロンブレイクダウン時、2倍の通電になる。
この為、次のショットを止める必要がある。

ご清聴ありがとうございました。