

「低ノイズ超小型マルチレベルインバータ」

インバータとは？

直流を交流に変換する電力変換器。変換の過程で電圧や周波数を自在に変えることができる。電化製品、電車やエレベータ、産業機械など様々なところで使われており、省エネルギー化時代に欠かせない電力変換器として確固たる地位を築いている。



エアコン

インバータによって部屋の温度に応じて冷暖房能力を連続的に調整することで、省エネルギー化を実現している



電車

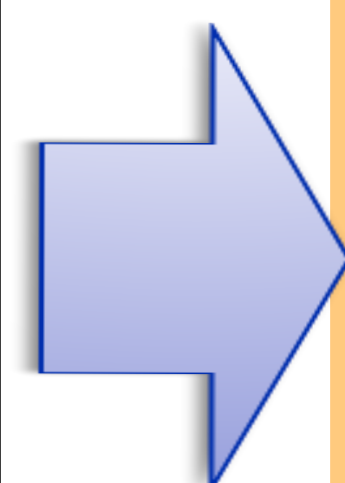
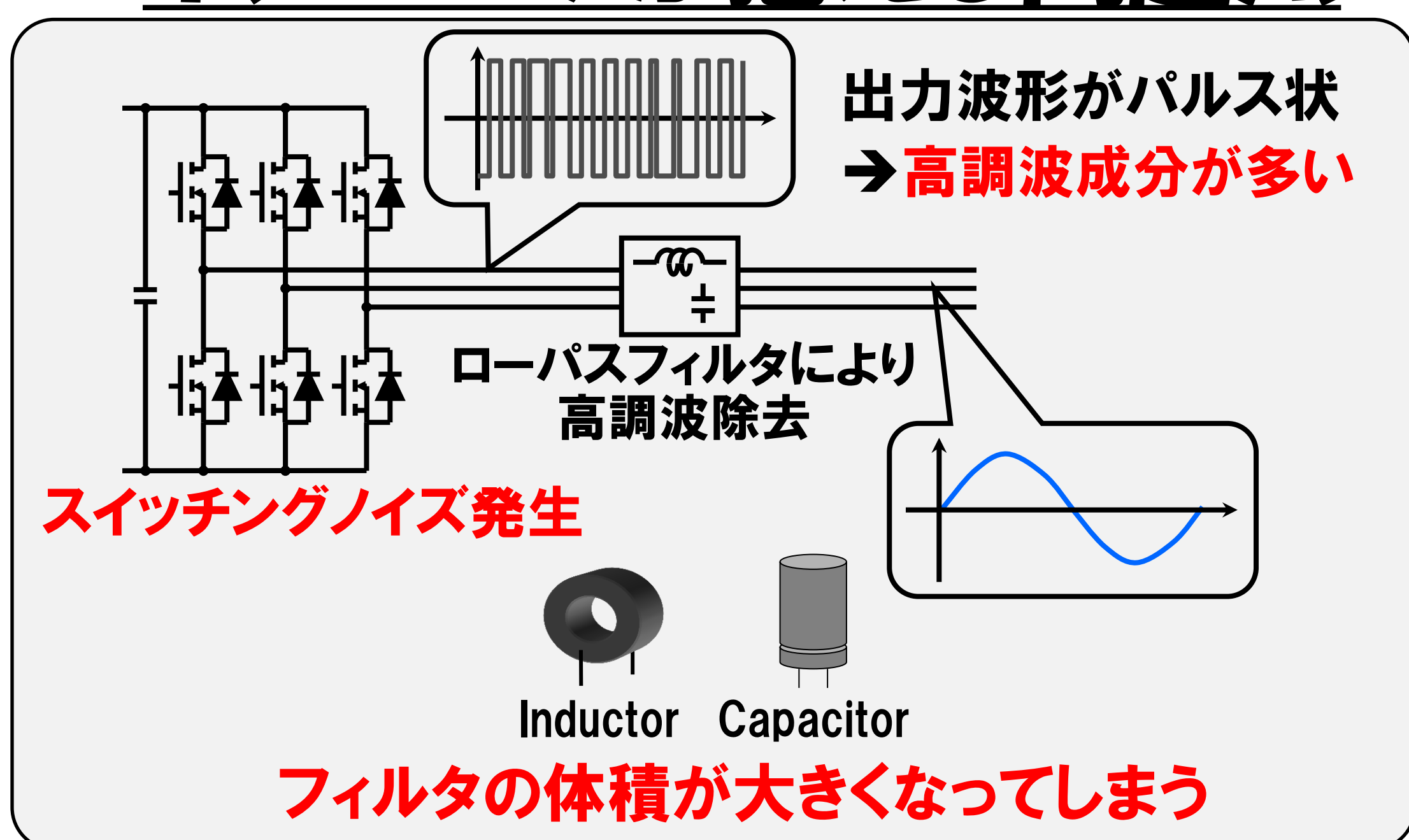
インバータの恩恵により速度を自由に変えることができ、ブレーキの際には通常熱として無駄になってしまうエネルギーをインバータによって回収できる



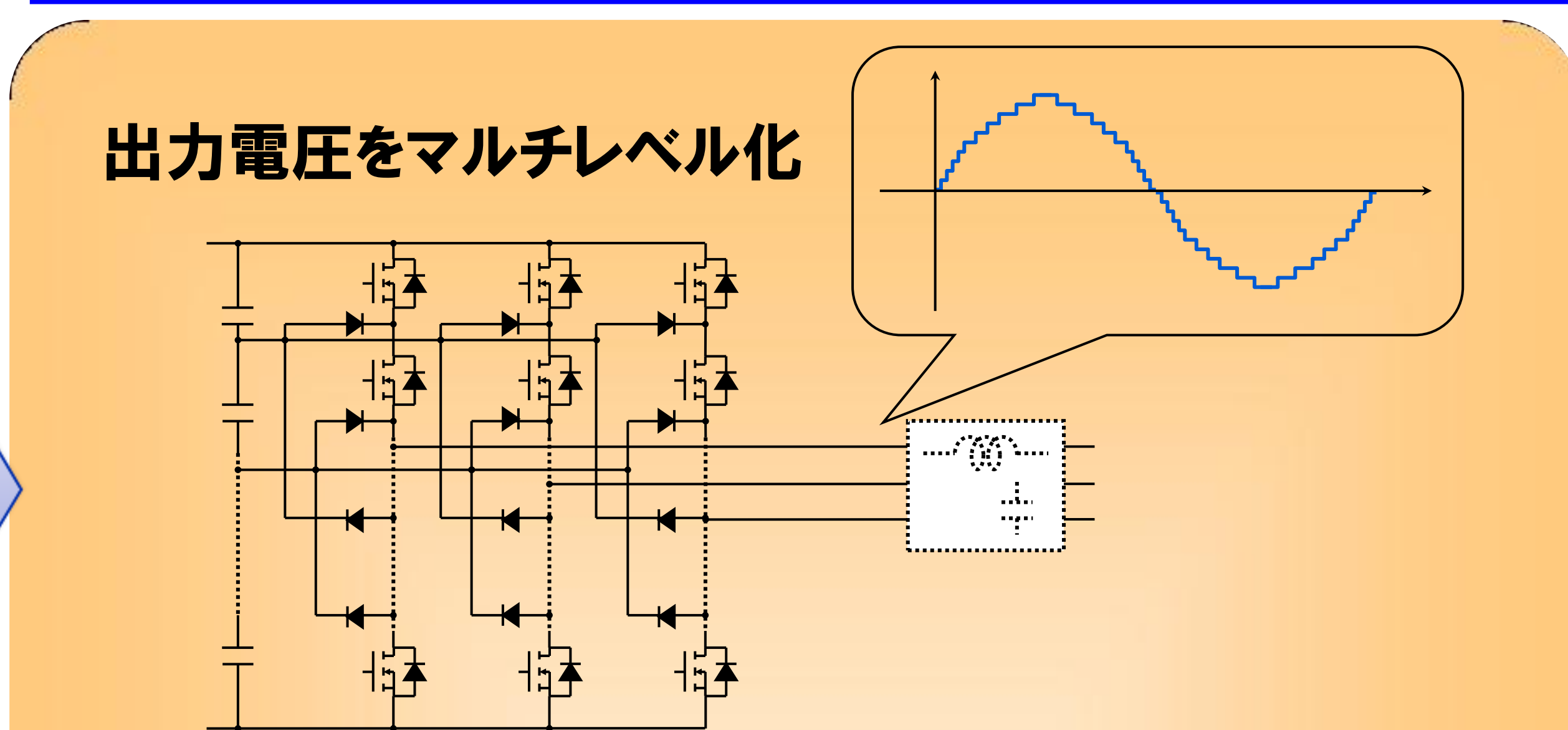
太陽光発電

発電した不安定な電力を使用可能な形に変換したり、電力系統へ接続する変換器としてインバータが使用されている

インバータが抱える問題点



解決策：マルチレベルインバータ



本質的に高調波を抑制

レベル数を増やすほど、より正弦波に近い出力電圧波形を得ることができる

電磁ノイズ、スイッチング損失の低減

スイッチング素子ひとつ当たりの電圧が小さくなるため、スイッチングに伴うノイズおよび損失を低減することができる

変換効率の向上

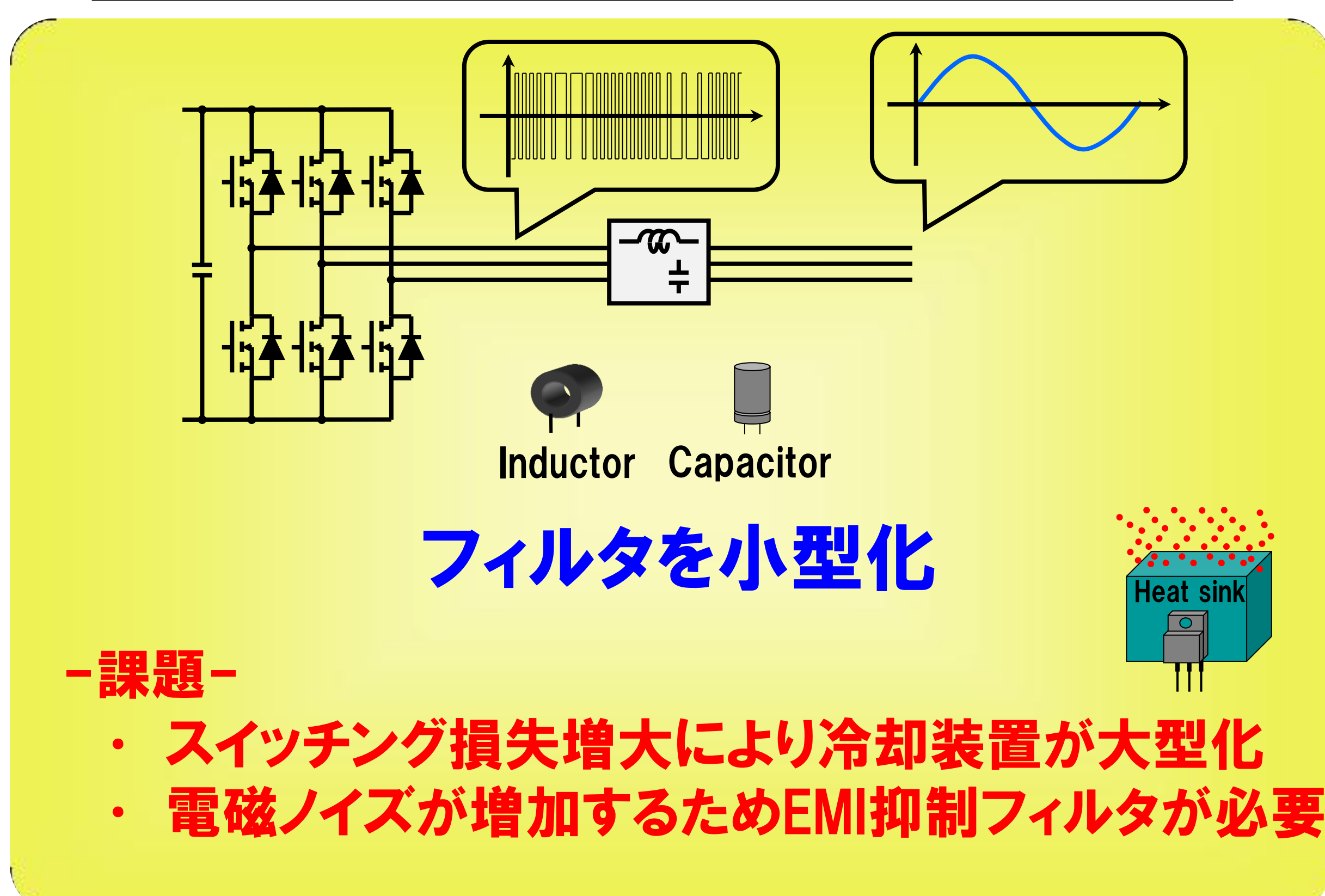
特性の優れた低耐圧の素子を使用可能

-課題-

素子の増加により変換器が大型化

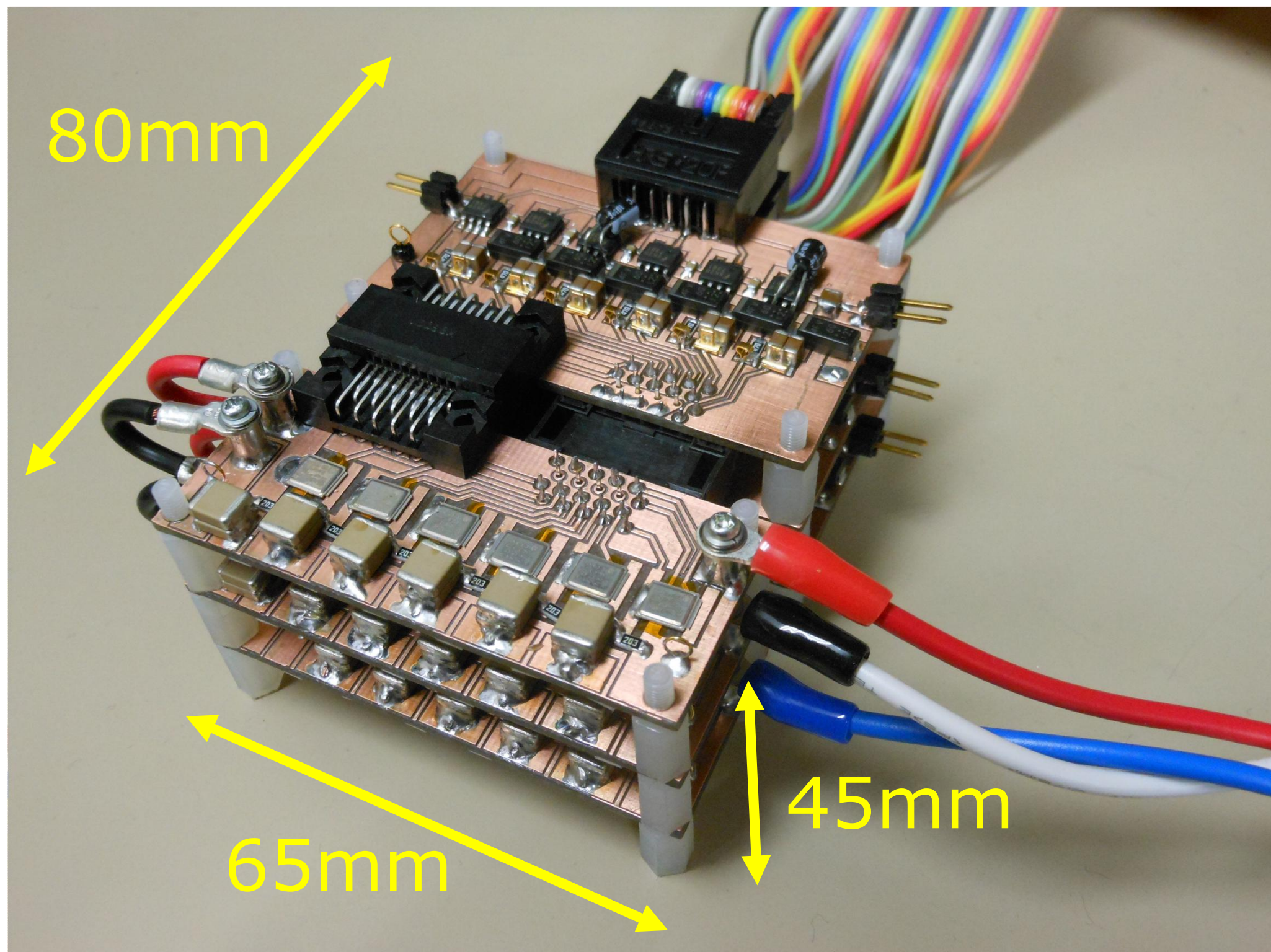
→ 小型化が急務

解決策：超高周波スイッチングインバータ



「低ノイズ超小型マルチレベルインバータ」

試作機 三相7レベルフライングキャパシタ形インバータ



<出力>

550 W (ファン、ヒートシンク無し)

<最大効率>

97.8 %

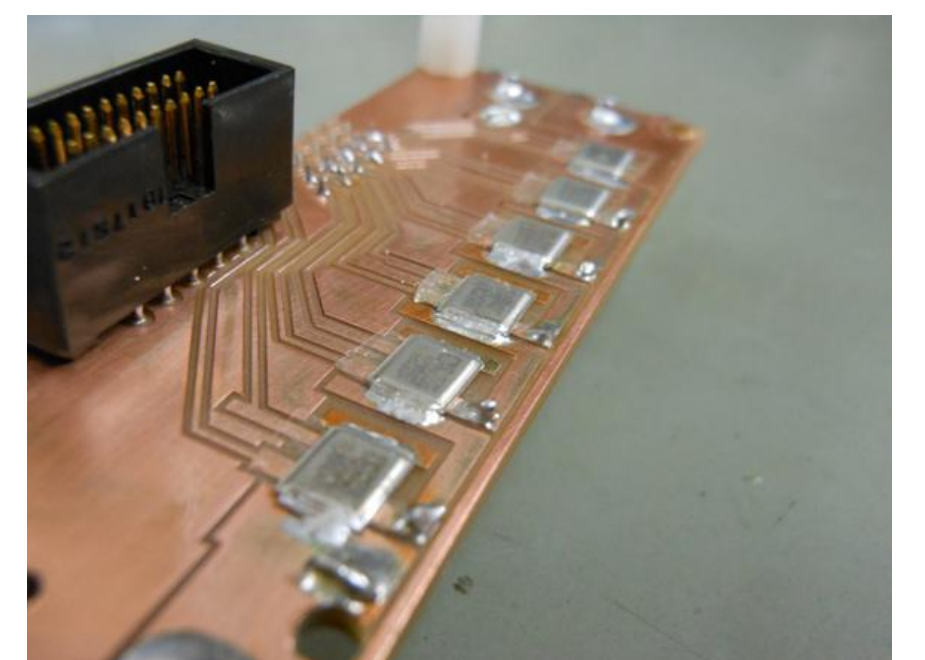
<出力パワー密度(出力パワー/体積)>

6.27 W/cc (主回路のみ)

2.35 W/cc (主回路+ゲート回路)

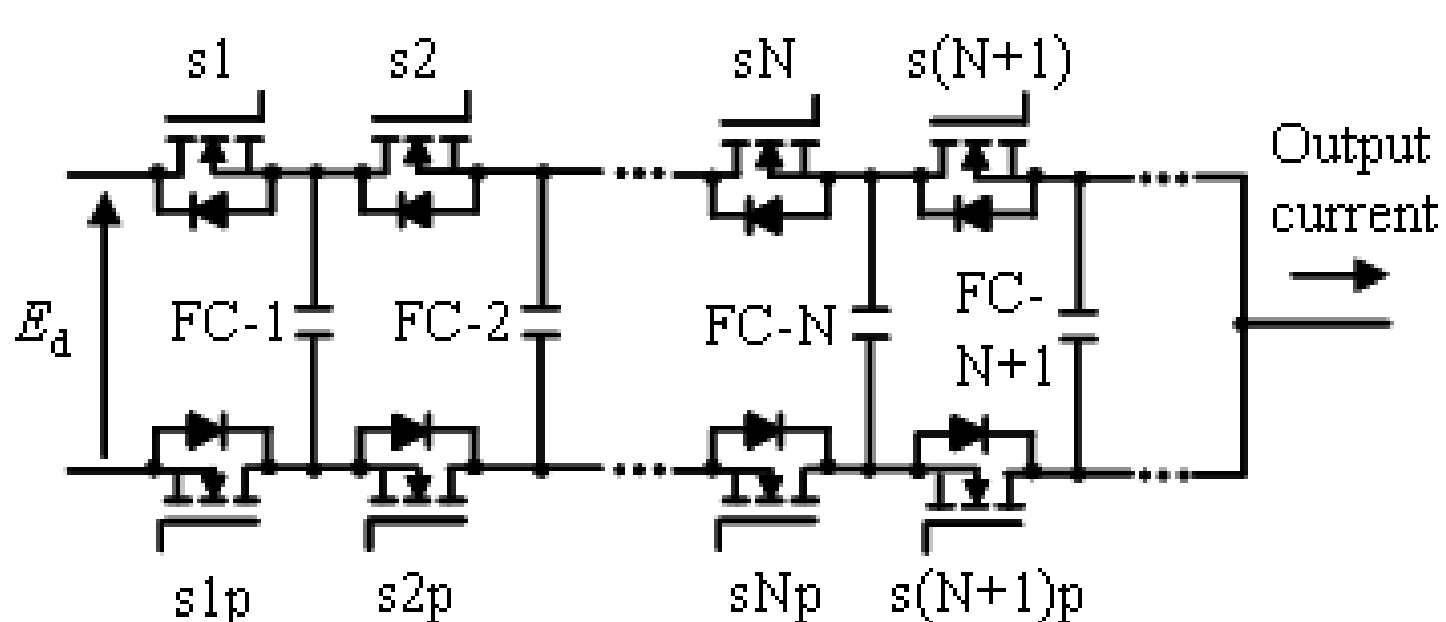
小容量で真価を発揮するマルチレベルインバータ

- ☑ これまで大容量用途向けと考えられてきたマルチレベルインバータを小容量のインバータに適用し、**小型化を追求**
- ☑ 従来型マルチレベルインバータの**常識に囚われない実装方法を提案**
- ☑ **低ノイズ, 低高調波**といったマルチレベルのメリットを存分に活かす



使用したIR社製Direct FET

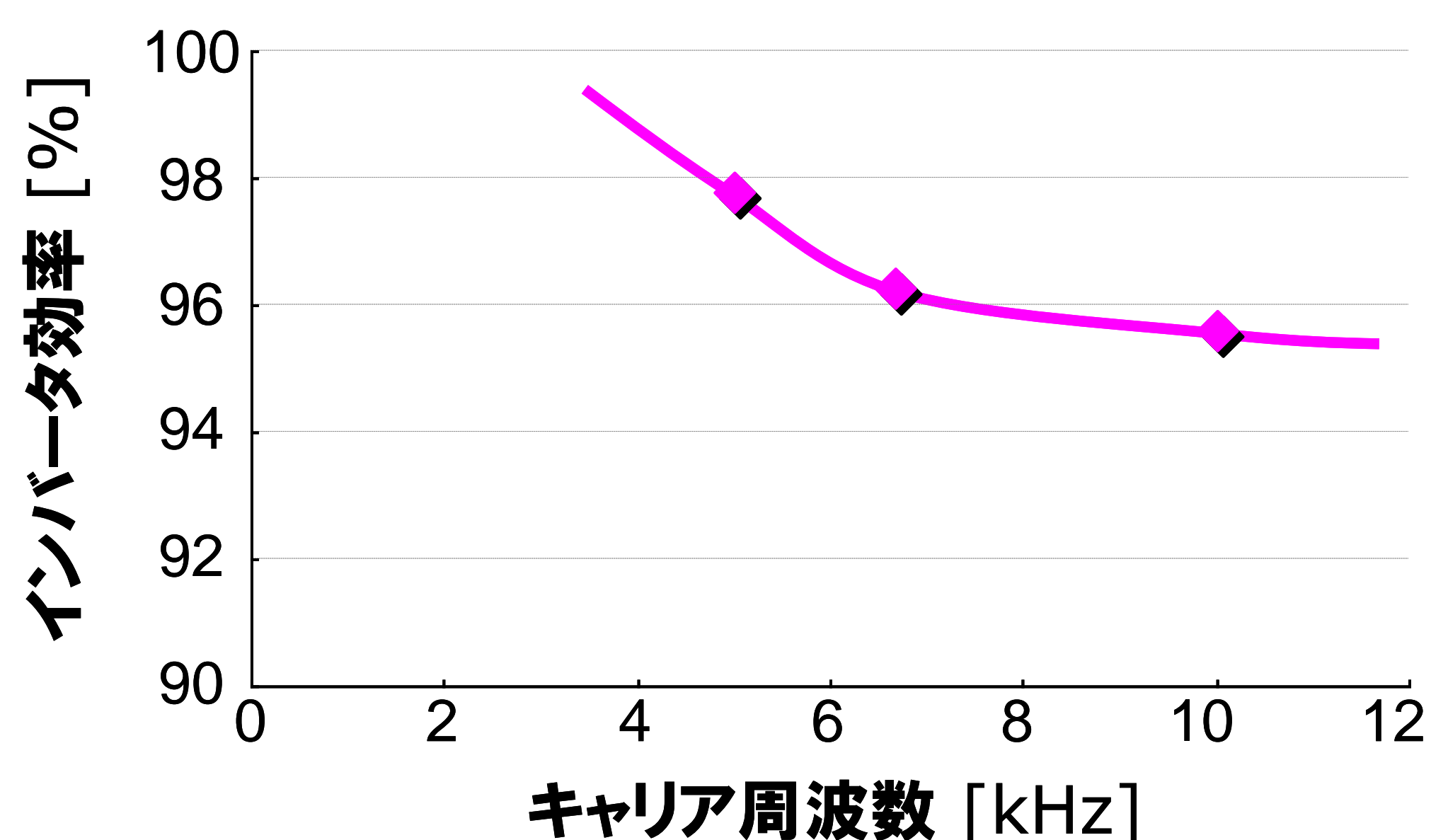
フライングキャパシタ回路方式の採用



- ☑ 他の方式に比べて**分圧コンデンサを非常に小さくできる**
- ☑ 分圧コンデンサの電圧が本質的に**バランスする**

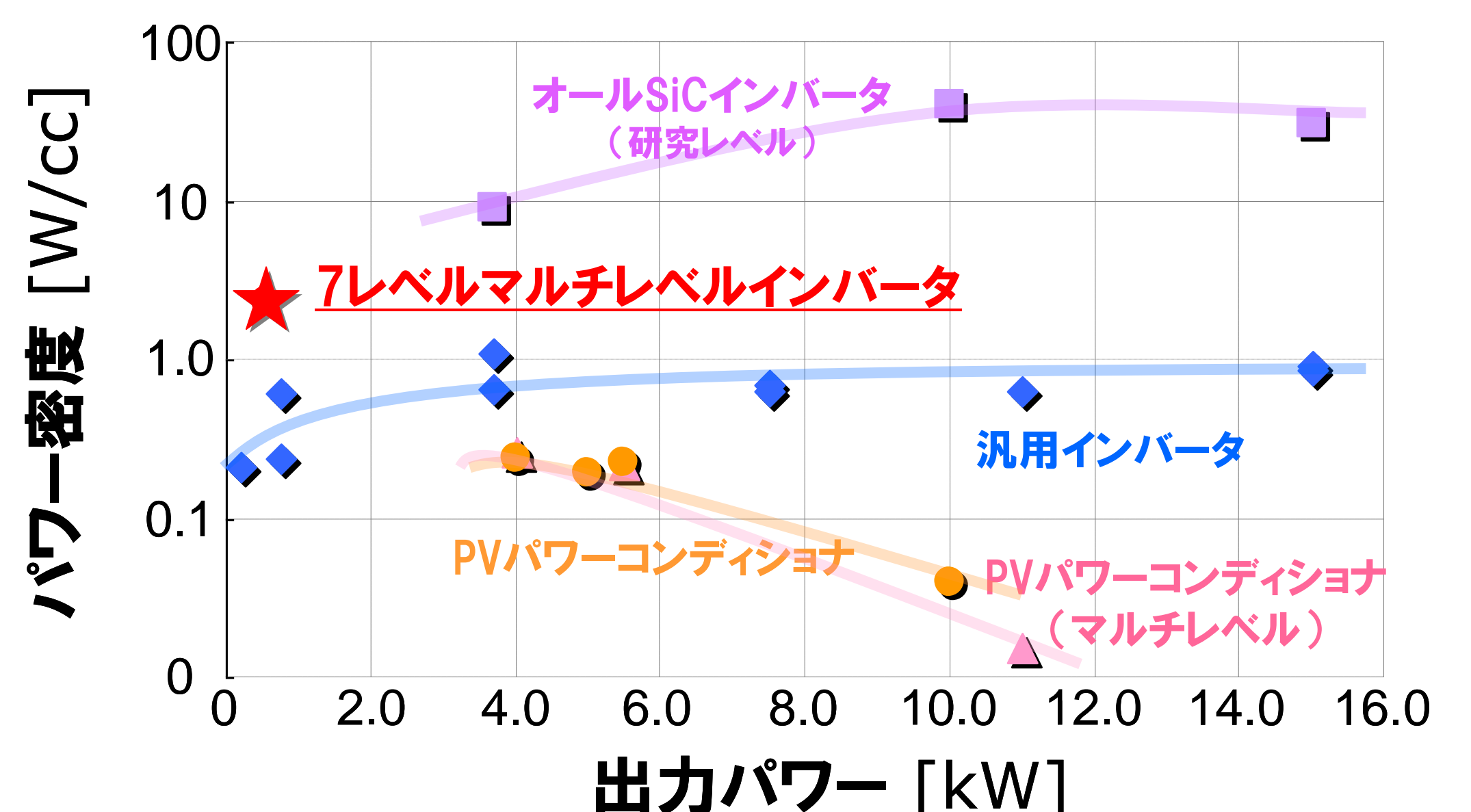
高パワー密度, 高効率を実現

インバータ効率の実測値



低電圧のインバータでありながら
最大効率 **97.8%**を達成

最新のインバータのパワー密度

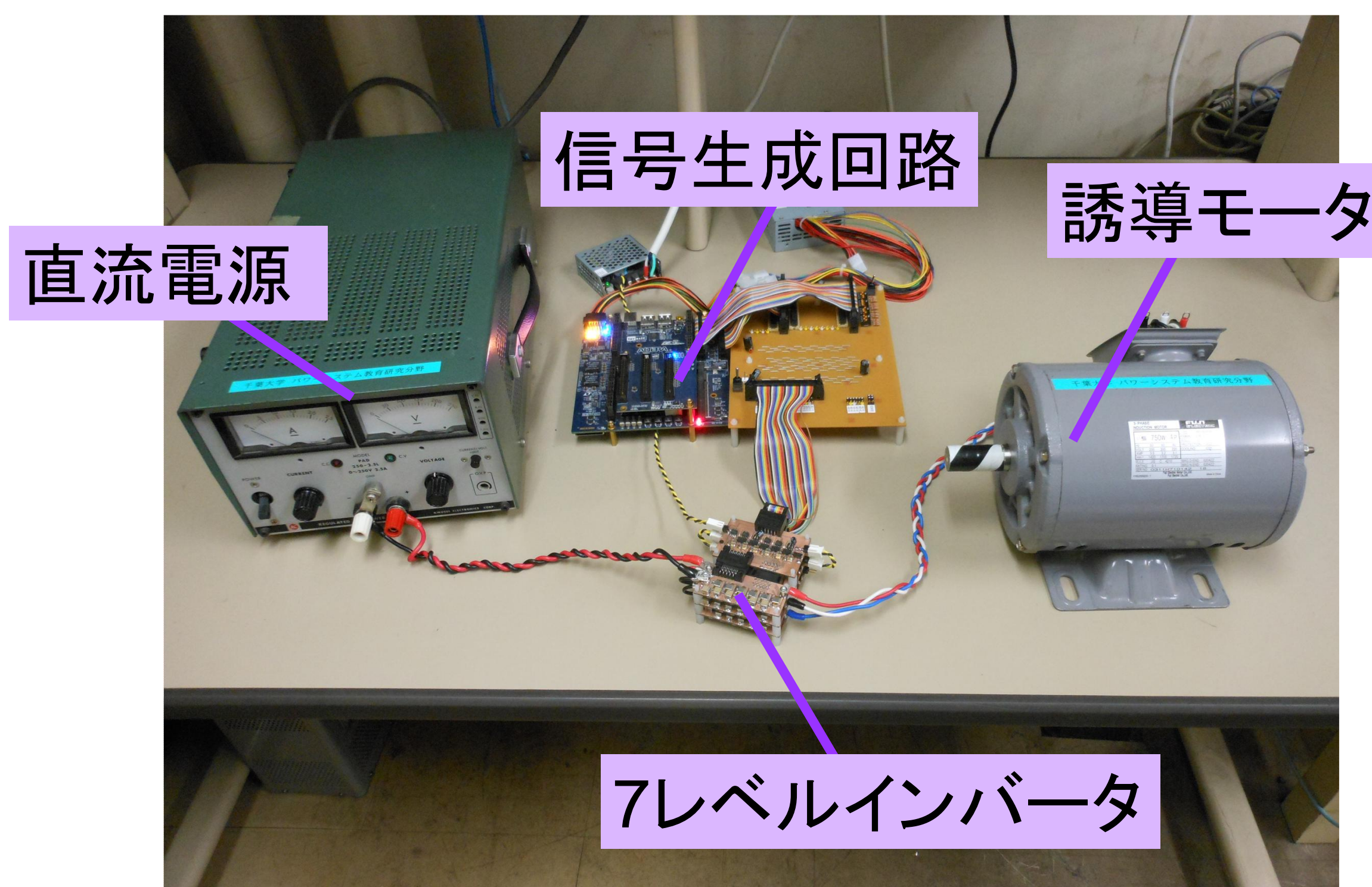


最新の2レベルインバータを超える
高パワー密度を実現

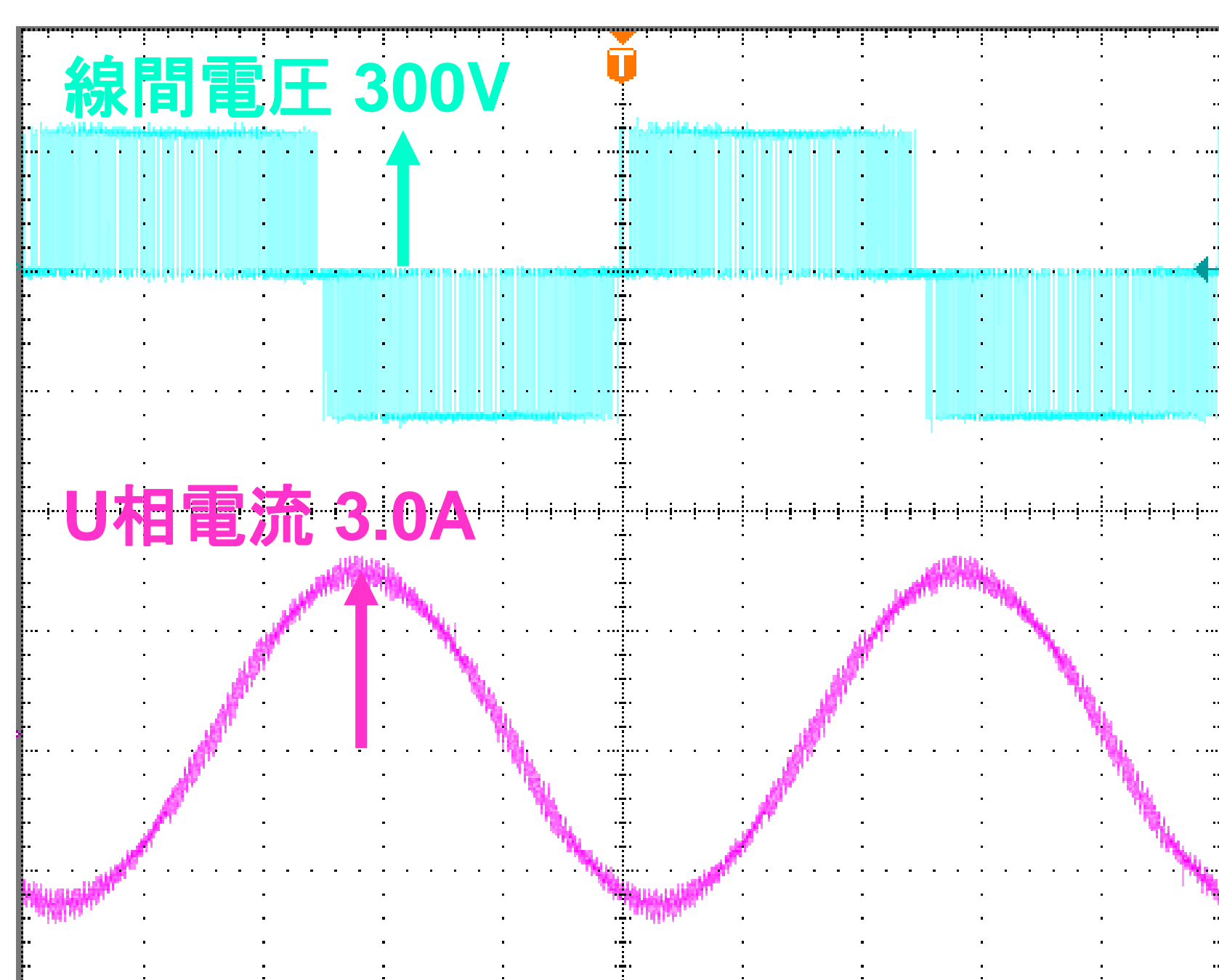
「低ノイズ超小型マルチレベルインバータ」

動作波形

三相誘導モータを駆動

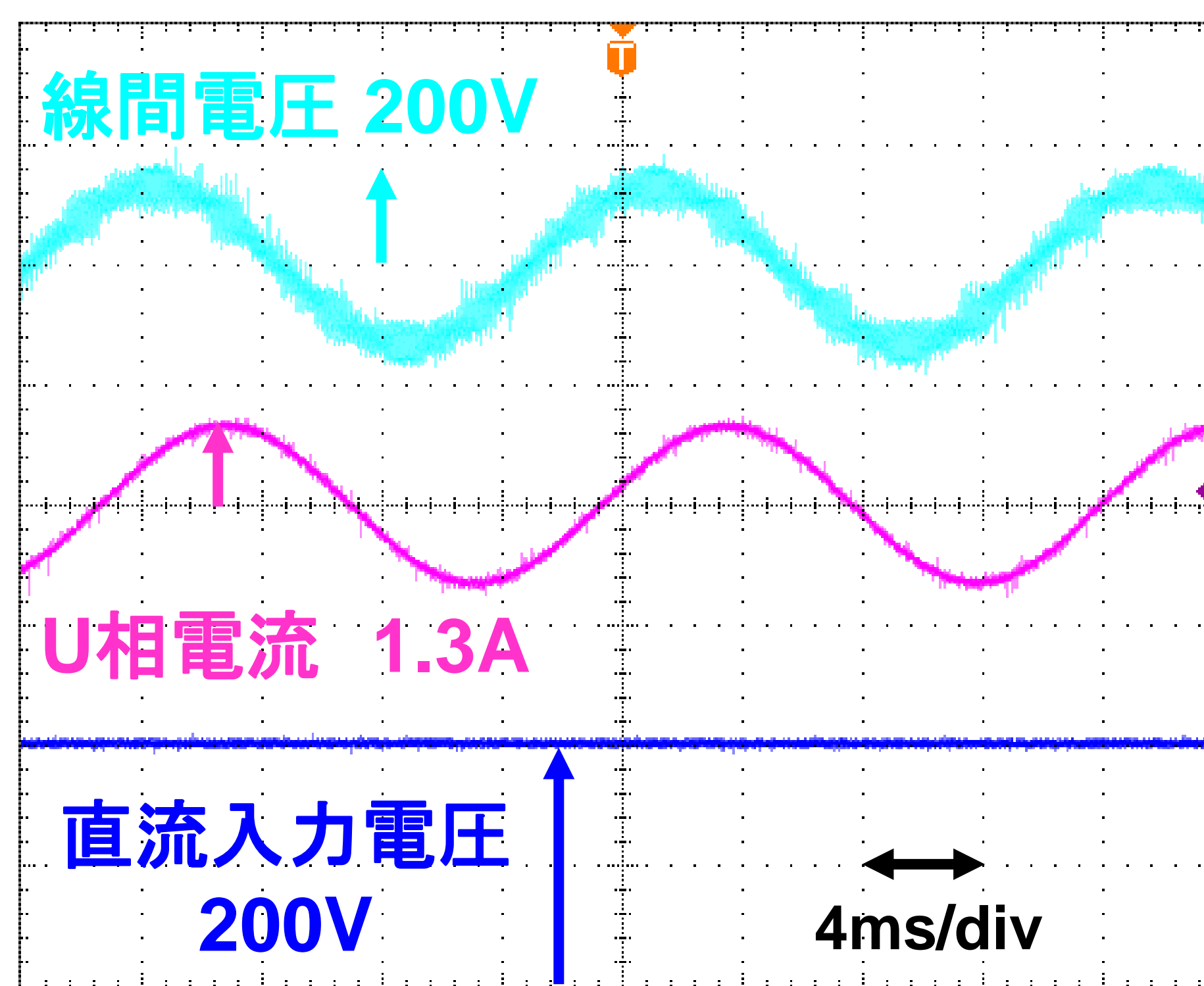


汎用インバータ (2レベル)



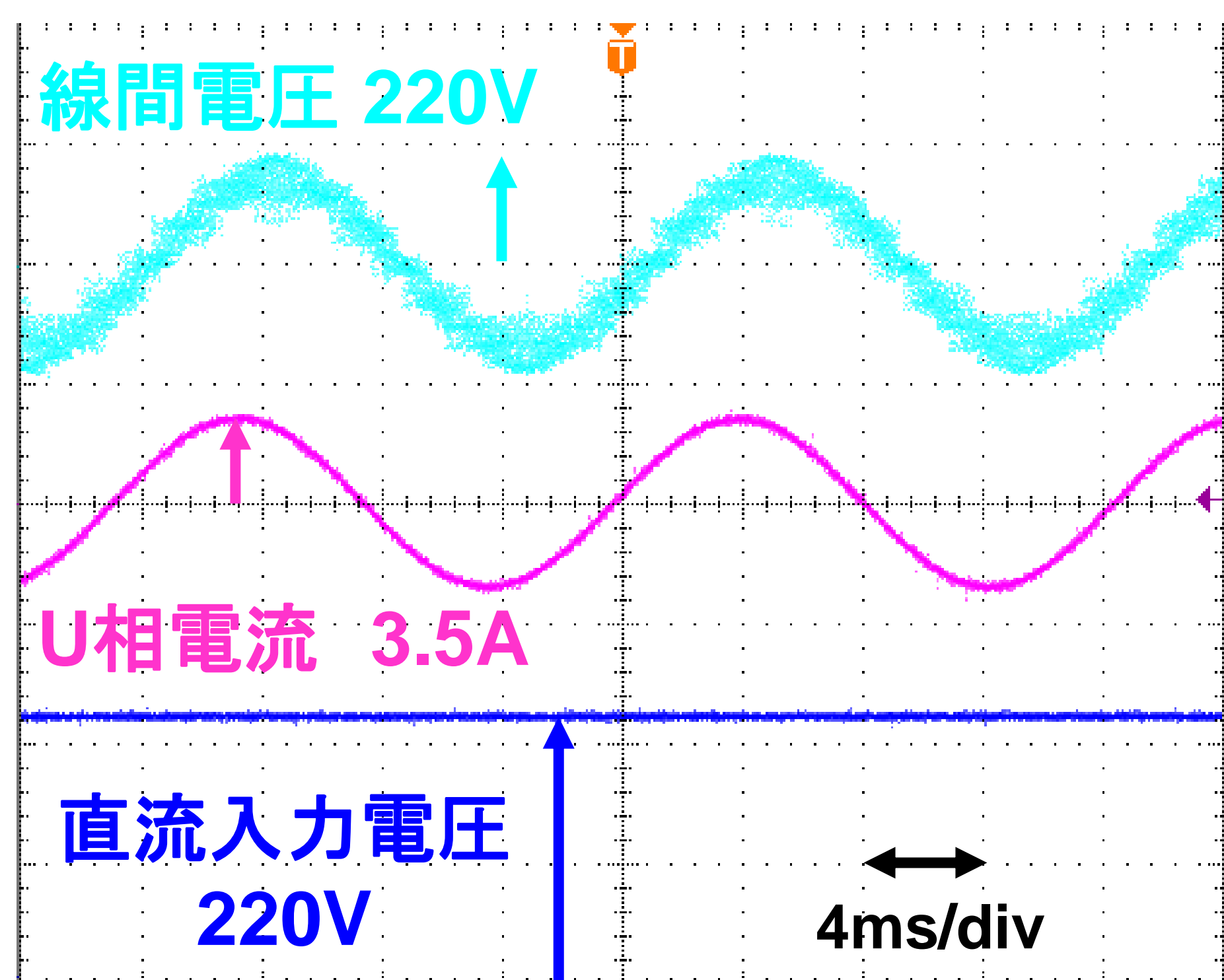
☑ 高調波の多い電圧波形

マルチレベルインバータ(試作機)



☑ より正弦波に近い電圧波形

550W出力時(RL負荷)

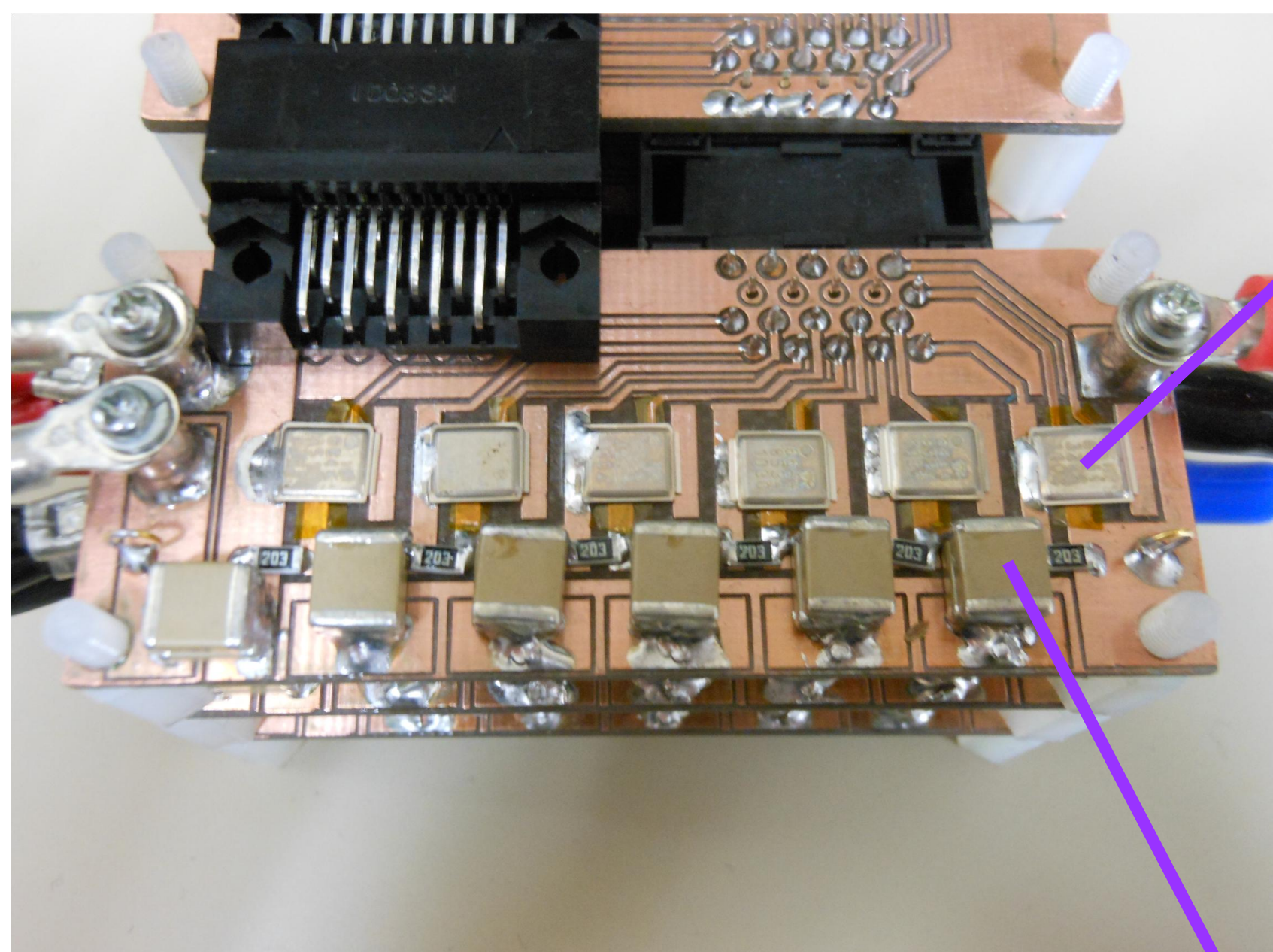


多レベル化, 高周波化により, 非常に小さな分圧コンデンサ容量(2 μ F)にも関わらず電圧がバランスし, マルチレベル階段状波形が得られている

次世代型クリーンインバータとしての可能性を実証

「低ノイズ超小型マルチレベルインバータ」

主回路



スイッチング素子 MOSFET

- ☑ スwitching素子一つ当たりの所要耐圧は2レベルインバータの1/6
- ☑ 特性の優れた低耐圧素子を使用可能
- ☑ IR社Direct FET(200V耐圧)を1相当たり12個、合計36個使用

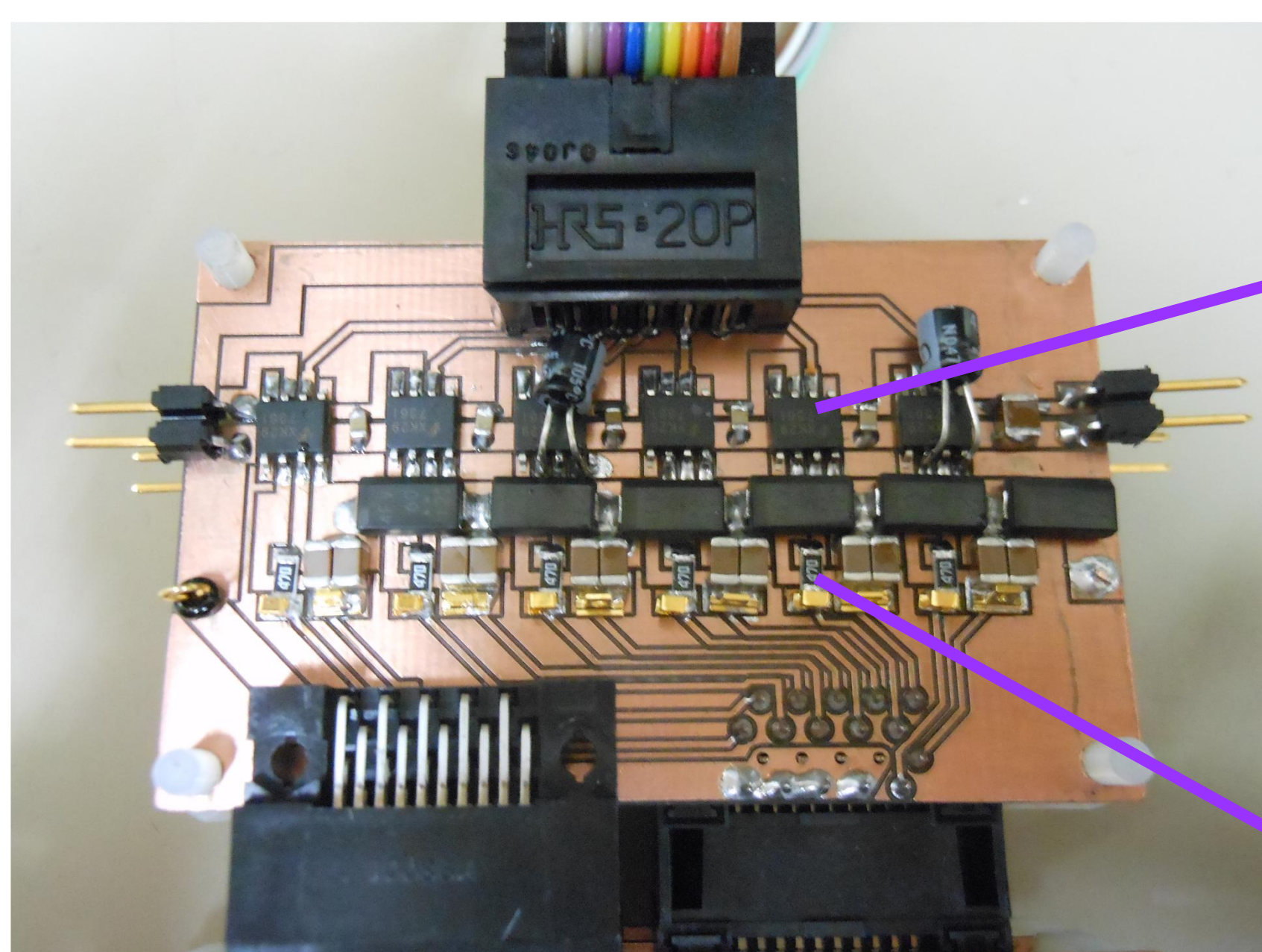


フライングキャパシタ

- ☑ マルチレベル階段状波形の源となる電圧を保持する
- ☑ 多レベル化, 高周波化により静電容量を小型化可能
- ☑ 2 μ Fの積層セラミックコンデンサを1相当たり5個、合計15個使用

低電圧ゆえ2層基板上に実装可能

ゲート駆動回路



ゲートドライブIC

- ☑ レベルシフト回路およびブートストラップ回路により、フローティングする素子を駆動

ゲート抵抗

- ☑ マルチレベル化, 配線の寄生インダクタンス低減によって低ノイズ化を実現したため, 比較的小さなゲート抵抗で速いスイッチングスピードを保ったまま動作が可能

＜本研究に関するお問い合わせ＞

千葉大学 工学研究科 電気電子系コース パワーシステム教育研究分野

E-mail : ysato@faculty.chiba-u.jp

URL : <http://ps.tm.chiba-u.jp>