

降圧型圧電トランスを用いた ATLASシリコン検出器用低電圧電源の開発

東京工業大学大学院
理工学研究科基礎物理学専攻 陣内研究室
岸田 拓也



陣内修, 今田悟^B, 井森正敏^D, 海野義信^C, 勝野超史^A, 金田康正^D

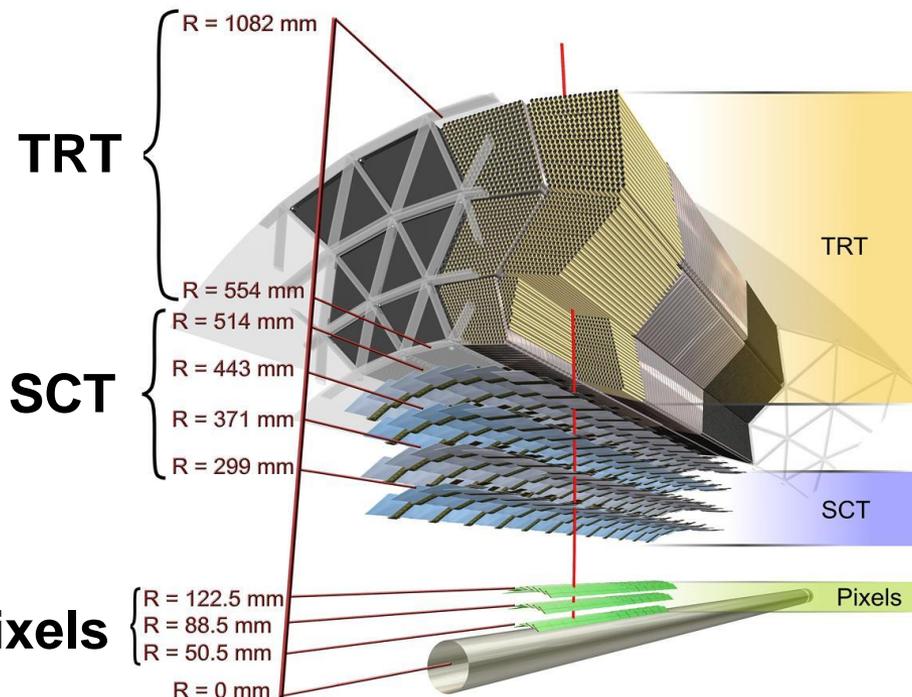
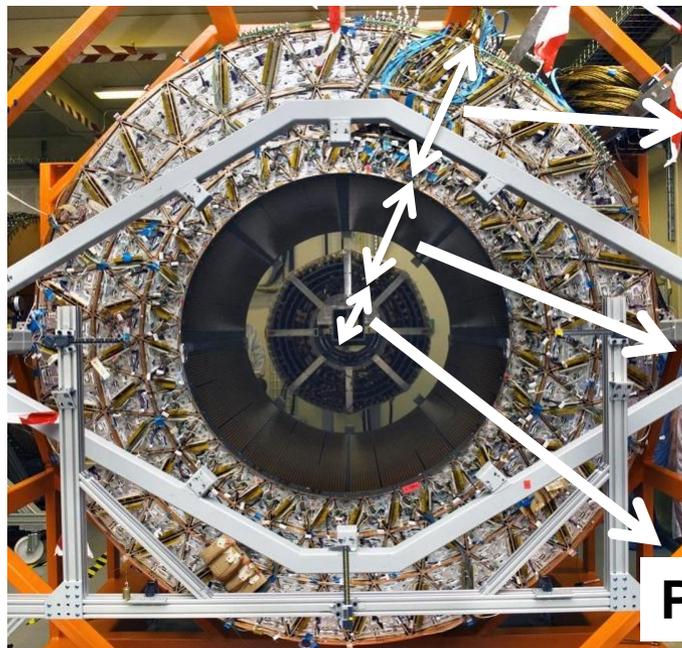
東京工業大学, (株)NECTーキン^A, (株)エヌエフ回路設計^B, 高工研^C, 東大^D

Contents

1. 背景
2. 圧電トランス
3. 試作機回路概略
4. 目標と現状
5. まとめと今後

1. 背景

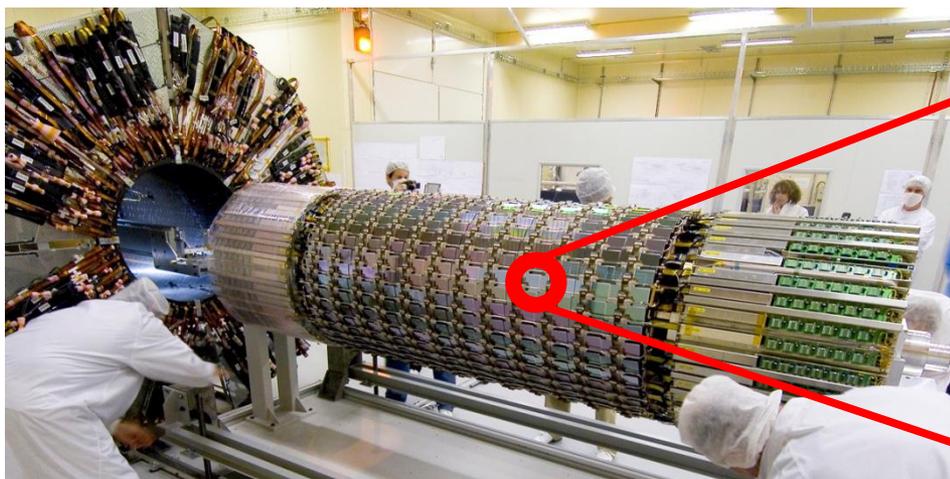
この開発はCERNのLHCで稼働しているATLAS実験のアップグレード(2021年)に向けてのものである。



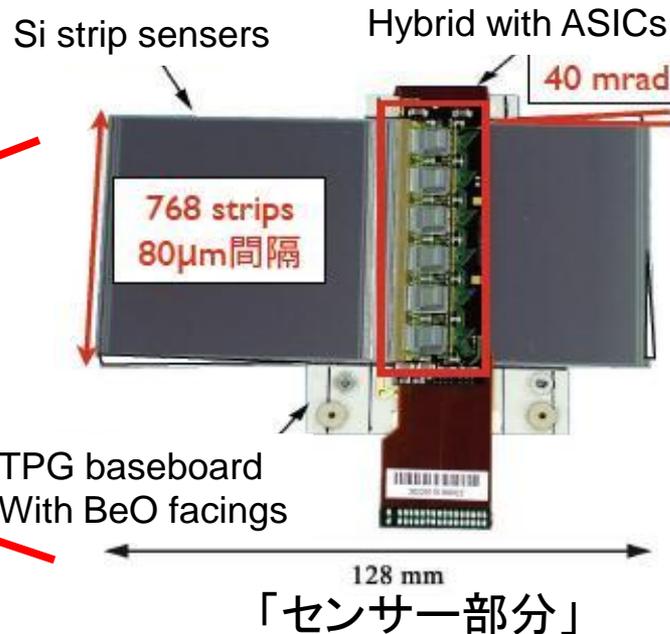
現在のATLAS detector (inner detector)

- ・Pixels(ピクセル型検出器): 最内層のピクセル型の飛跡検出器
- ・SCT(ストリップ型検出器): 4層からなるストリップ型の飛跡検出器
- ・TRT(ストロー型ガス検出器): 73層の連続飛跡検出器

SCT(Semi-Conductor Tracker)



「現SCT」



— ATLAS実験のupgrade —

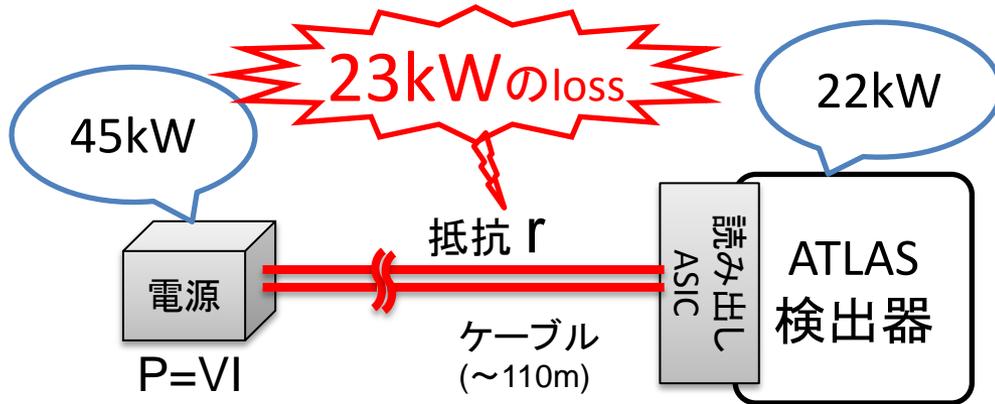
- ・TRTをSCTに置き換える
カバー半径: 60cm \Rightarrow 100cm
- ・strip当たりの飛跡占有率を低い値(例えば2%)に維持したい
ストリップ長: 12.8cm \Rightarrow 2.5cm

総Channel数: 約**10倍** (620万ch \Rightarrow \sim 6200万ch)



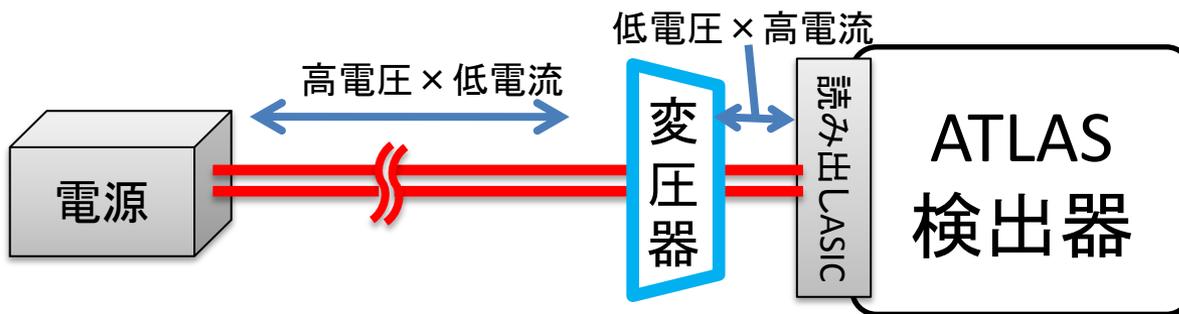
安定で**効率の良い**
電源供給が必要

ATLAS検出器での電力効率



電力損失率:

$$\frac{\text{損失電力}}{\text{送電電力}} = \frac{rI^2}{VI} = \frac{rI}{V}$$



変圧器をASICの近くに
置きたい



変圧器に求められる条件

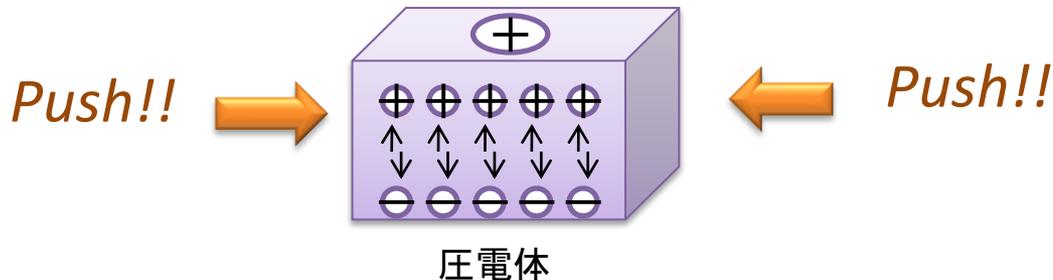
- ・小型(電力密度が高い)
- ・放射線に強い
- ・磁場の影響を受けない



圧電トランス

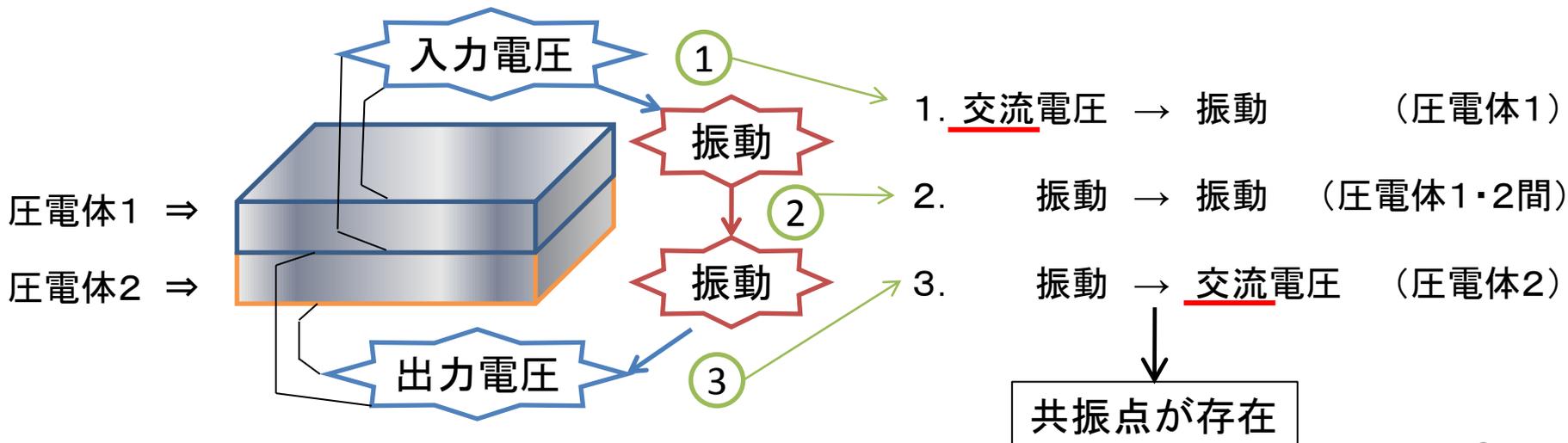
2. 圧電トランス

- ・圧電トランスとは: 圧電効果を利用した素子(圧電素子)を用いたトランス。
加えられた圧力に応じた電圧が物質に発生する効果。
(逆もある)



- ・今回用いる圧電トランス

降圧型圧電トランス用試作品(材質:セラミック、 製作者:(株)NECTーキン)

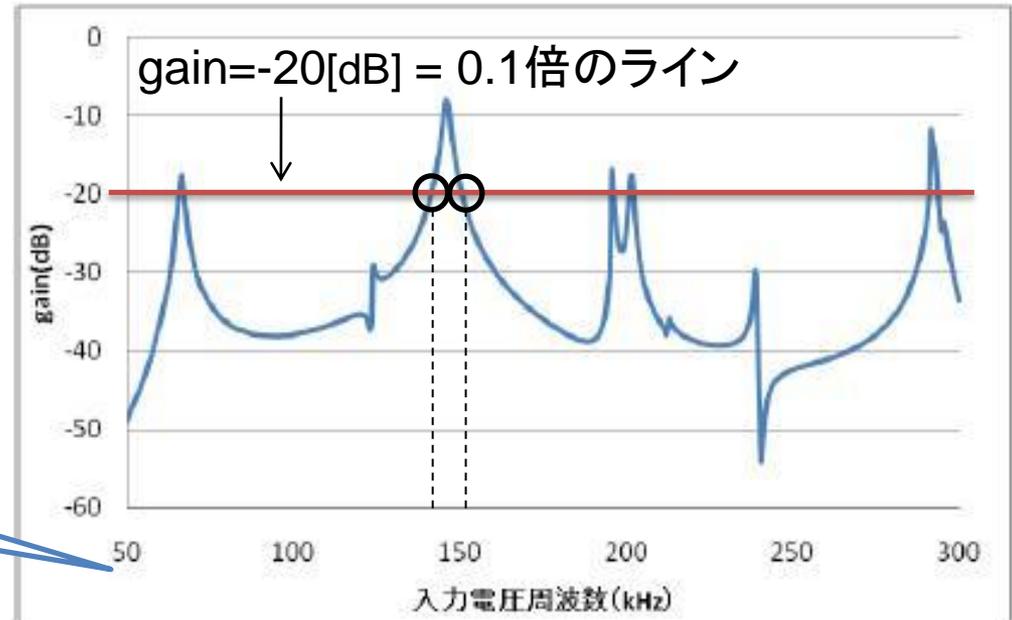


圧電トランスと交流電圧

圧電トランスの降圧率

縦軸: 降圧率(dB)

横軸: 入力交流電圧の周波数(kHz)



圧電トランスの降圧率[dB]は
入力交流電圧の周波数に依存する。

圧電トランスへの入力電圧

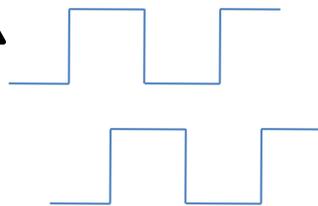


sin波のような単一周波数の交流波がBEST

インダクタなしでDCからsin波を作るのは難しい

矩形波で挑戦！！

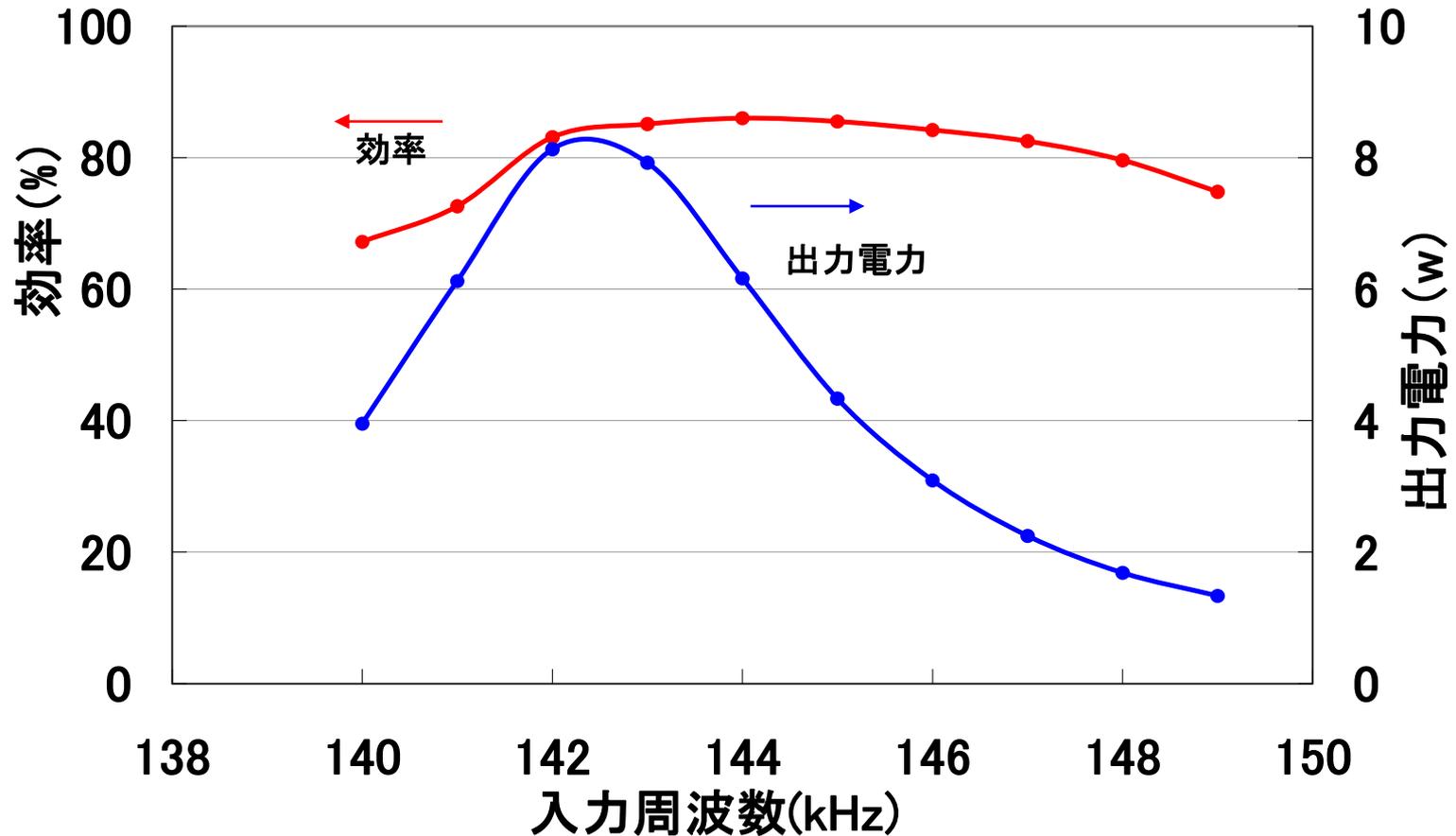
2つの入力波の差を
圧電トランスへの
入力とする



2つの入力波の位相をずらせば実効的な振幅と周波数が調整可能

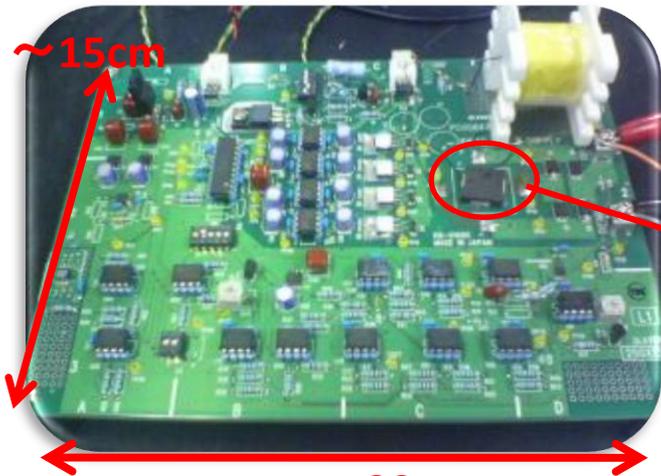
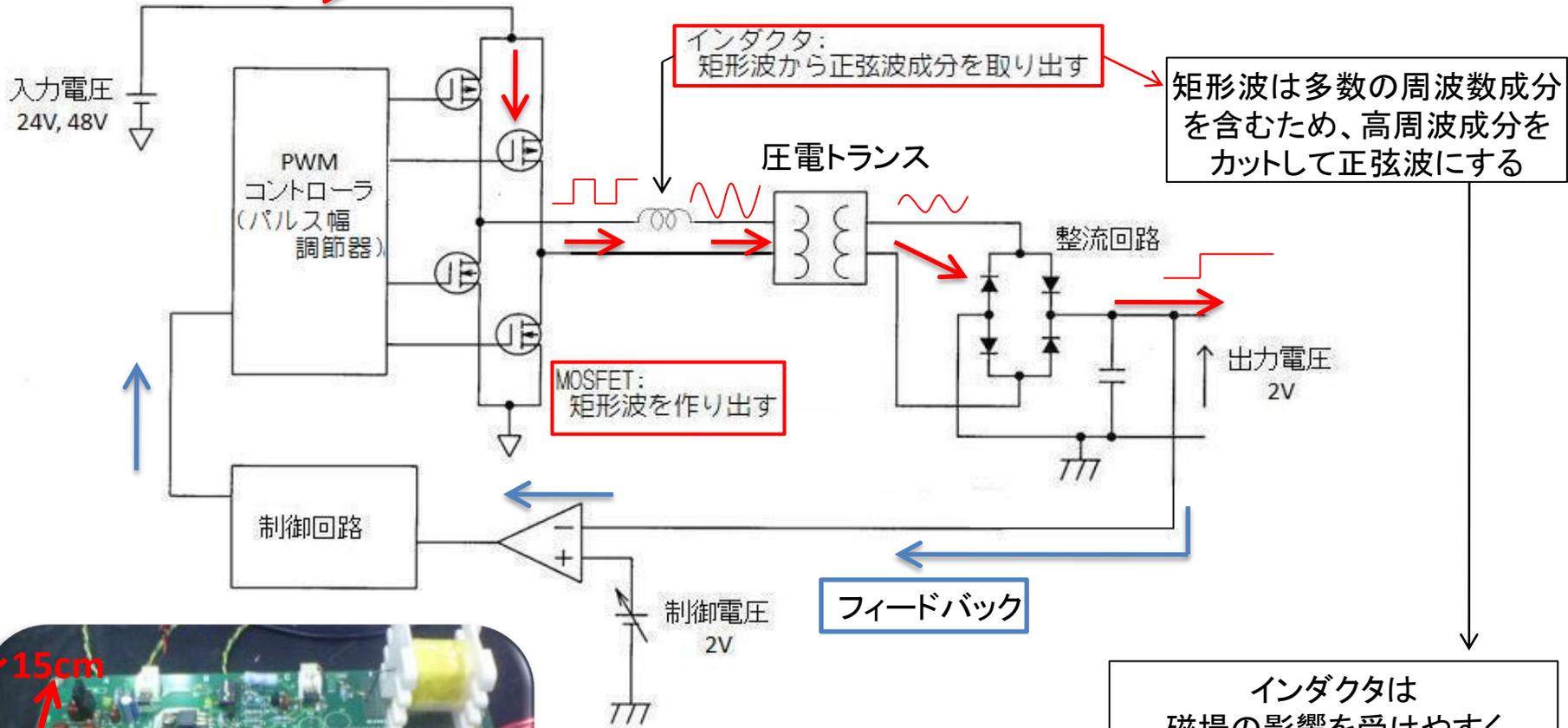
圧電トランスの基本性能

出力特性



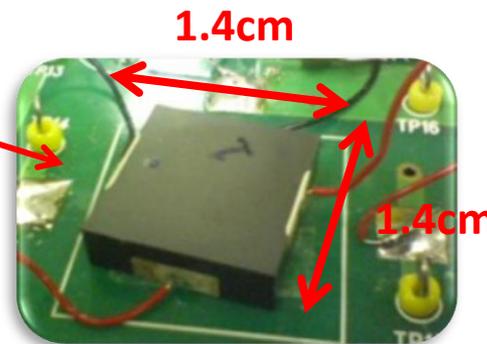
入力波 : 50V_{RMS}のsin波

3. 試作機回路概略



2010/09/14

~20cm



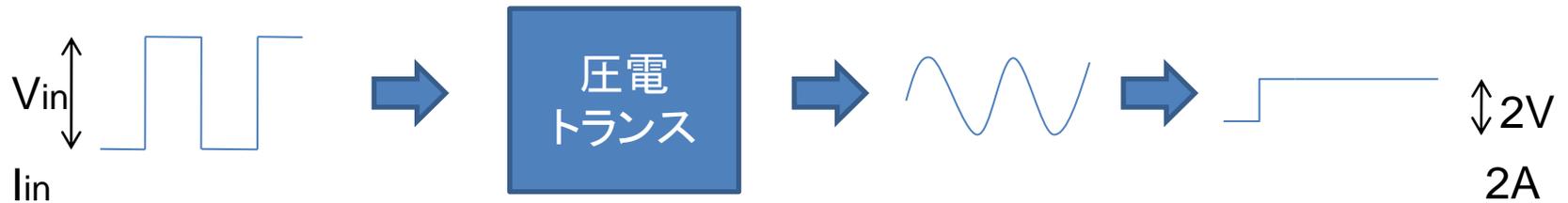
圧電トランス

インダクタは磁場の影響を受けやすく小型化も難しいので取り外して動作しなければ実用化出来ない。

4. 目標と現状

● 目標

➤ **インダクタなし**で適当な入力 $V_{in} \cdot I_{in}$ に対して $2V \cdot 2A$ の出力



● 現状

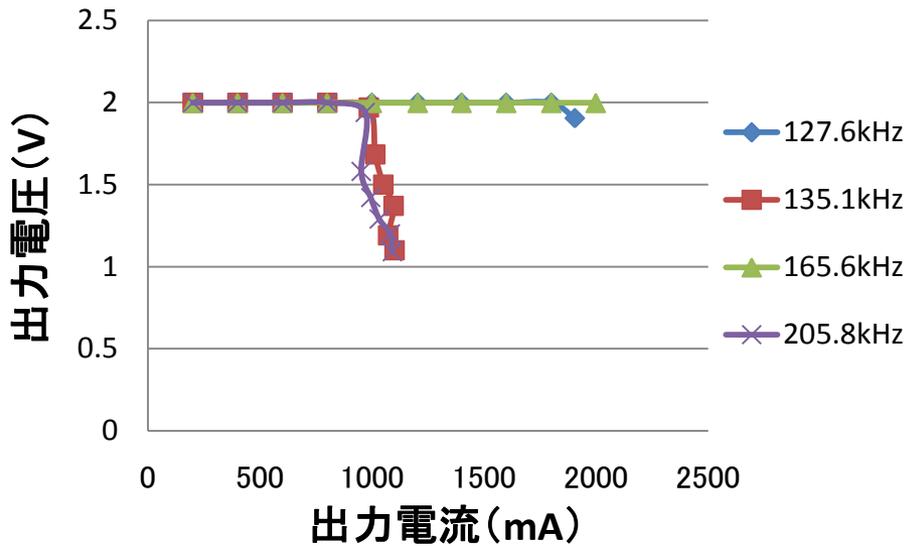
➤ **インダクタあり**で $2V \cdot 2A$ の出力



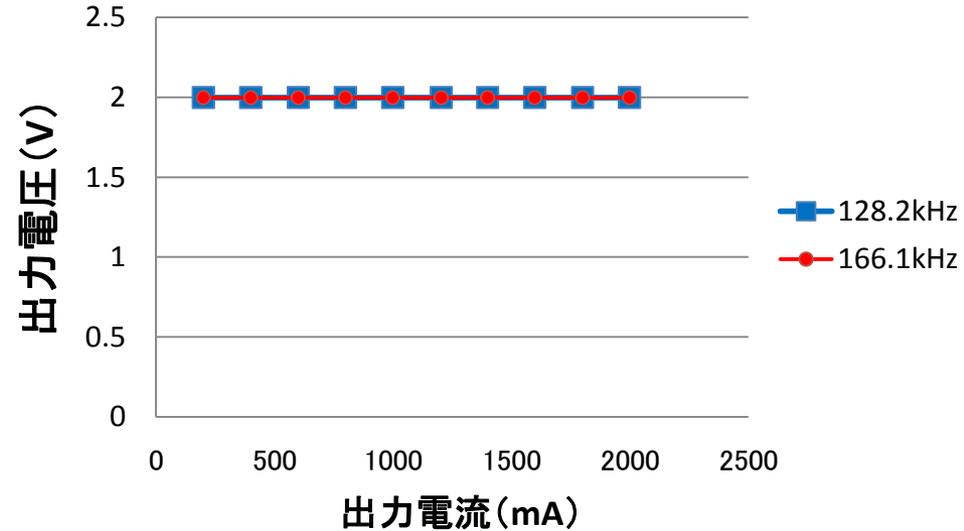
現状の動作状況その1

インダクタあり

入力電圧 **24V**



入力電圧 **48V**

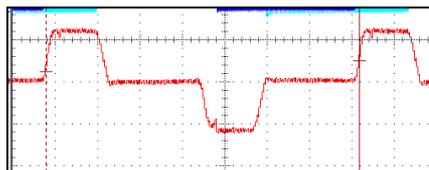


インダクタあり

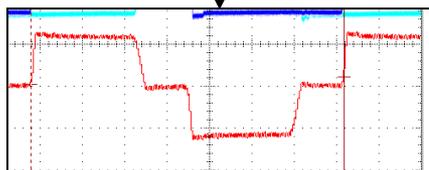
入力電圧24V

インダクタへの入力電圧

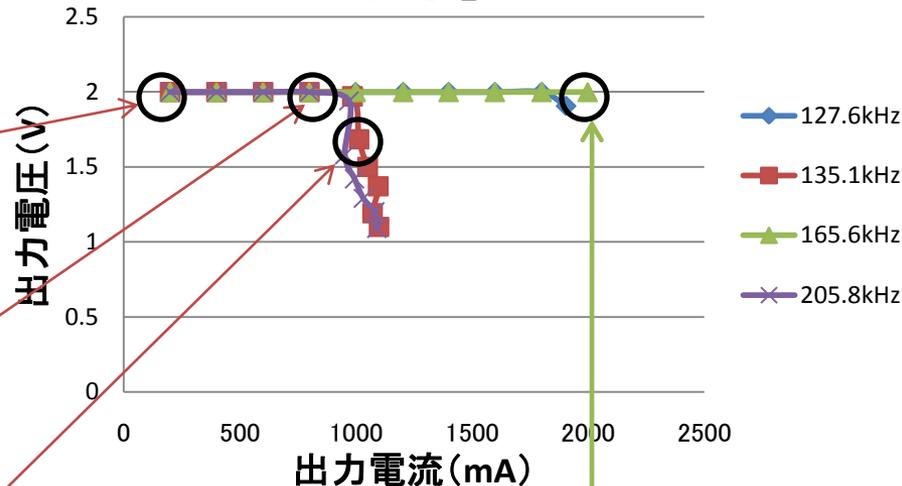
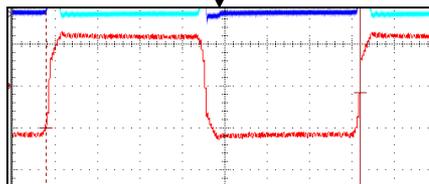
周波数: 135.1kHz
出力電流: 200mA
出力電圧: 1.999V



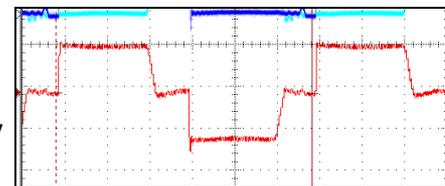
周波数: 135.1kHz
出力電流: 800mA
出力電圧: 1.999V



周波数: 135.1kHz
出力電流: 1A
出力電圧: 1.7V



周波数: 165.6kHz
出力電流: 2A
出力電圧: 1.998V



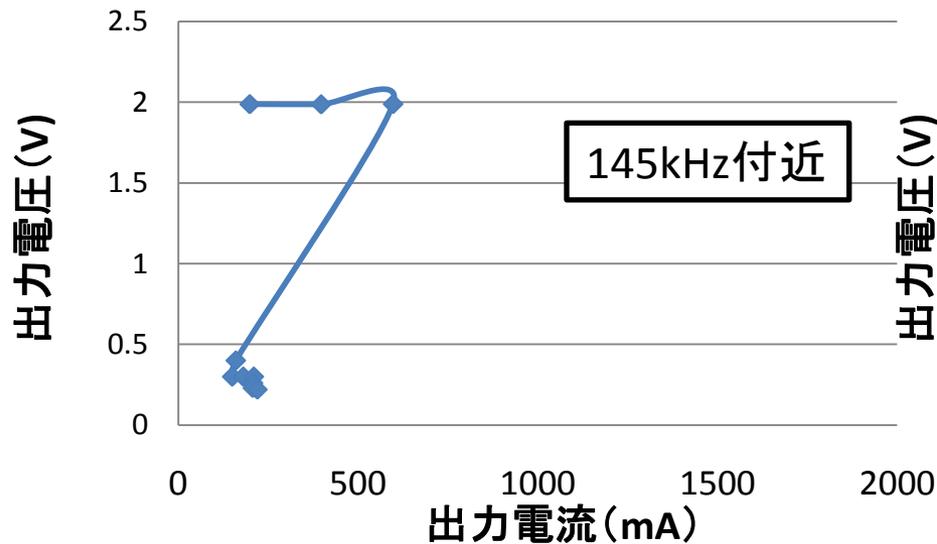
- ・フィードバック回路が、出力電流の増減に対応する為に矩形波の「幅」を調節している。
- ・「幅」が広がりがきってしまうとそれ以上調節が効かなくなり、要求出力を満たせなくなる。

フィードバックによる矩形波の幅の調節の様子と、調節が正常に行われていることがわかる。

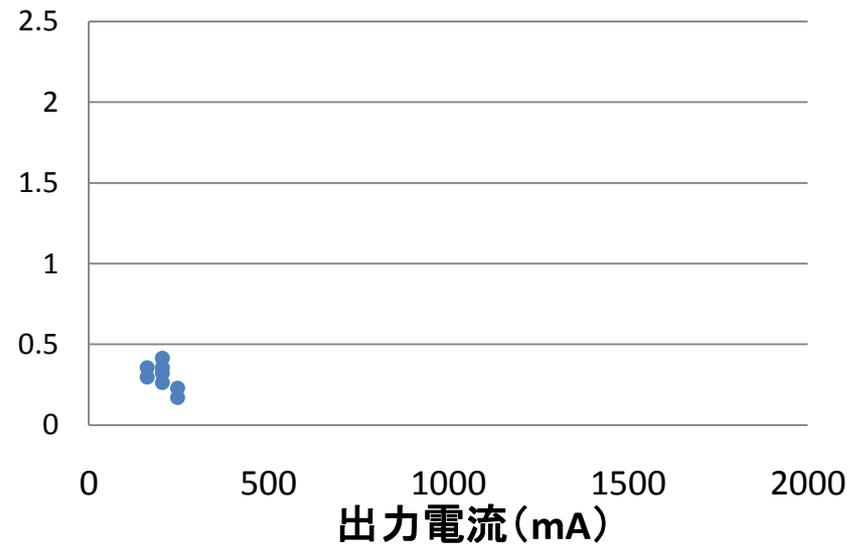
現状の動作状況その2

インダクタなし

入力電圧 **24V**

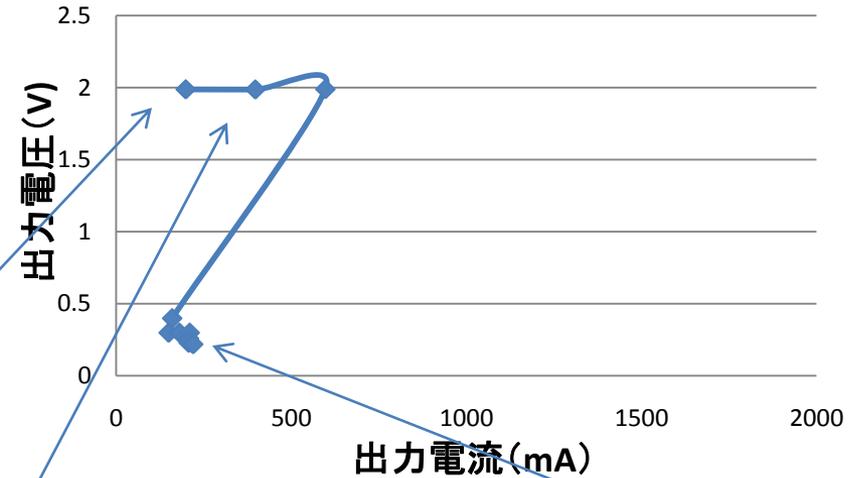


入力電圧 **48V**

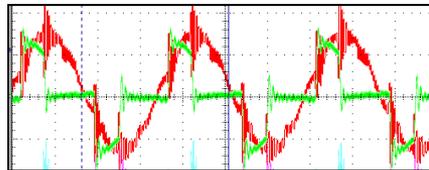


インダクタなし

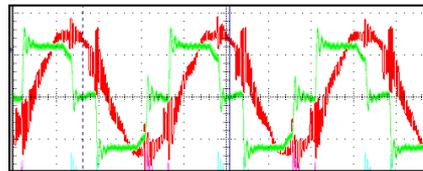
入力電圧 **24V**



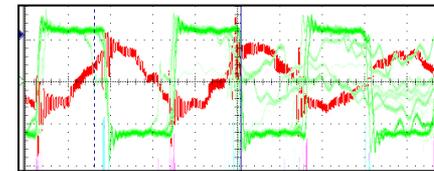
緑: 圧電素子の入力
赤: 圧電素子の出力



2V·0.2A



2V·0.6A



0.4V·0.16A

インダクタありの場合と比べて矩形波の幅が広がりすぎる(フィードバックが外れる)のが圧倒的にはやい。

4. まとめと今後

- ・この開発の目的

 - ・圧電トランスを用いた小型電源の動作状況確認と改良点の模索

- ・現状

 - ・圧電トランス自体の性能評価

 - ・インダクタがある場合に、目標出力2V・2Aを得ることが出来る。

 - ・インダクタがない場合にも低電流ならば出力2Vを得ることが出来る。

- ・問題点

 - ・インダクタがない場合はフィードバックが安定しない

 - ・トランス自体の性能UP

・幾つかの重要な進展は見られたが、現状では実機で使用可能になるかはまだ明言出来ない。

・インダクタがない場合でも安定な動作が得られれば、実用の目途がたったと言える。

