

324MHz RF チョッパー用 30kW 高周波パルス増幅器の高周波特性

山口 誠哉^{1,A)}、加藤 隆夫^{A)}、吉川 博^{B)}、石黒 修一^{C)}

^{A)} 高エネルギー加速器研究機構

〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1

^{B)} 日本原子力研究所

〒319-1188 茨城県那珂郡東海村白方白根 2-4

^{C)} 日本電気 (株)

〒185-8501 東京都府中市日新町 1-10

概要

大強度陽子線型加速器に用いられるチョッパーのための高周波パルス増幅器(周波数 324MHz、ピーク電 30kW)を製作し、高周波特性の測定を行なった。パルスの立上がり、立ち下がり時間は 15ns であり、20ns 以下という仕様を十分満足するものであった。

1. はじめに

大強度陽子加速器^[1]の線型加速器では、3GeV リングへ入射するためのチョップトビーム(図 1 参照)を生成するために高周波チョッパーが用いられるが^[2,3]、十分なチョッピング性能を得るためには、速い立上がり、立下がり時間が必要である。一昨年度、チョッパー用増幅器の試験も兼ねて、ピーク電力 10kW のバンチャー用高周波増幅器を製作したが、立上がり、立下がり時間はそれぞれ 20ns、30ns であり、仕様 (20ns 以下) を満足するものではなかった^[4]。立上がり、立下がり時間特性を改善するためには回路系の調整も必要であるが、ピーク電力の増強によっても立上がり、立下がり時間特性が改善されることが期待される。

昨年度、ピーク電力 30kW の高周波パルス増幅器を製作し、高周波特性の測定を行なった。本稿では、その測定結果について報告する。

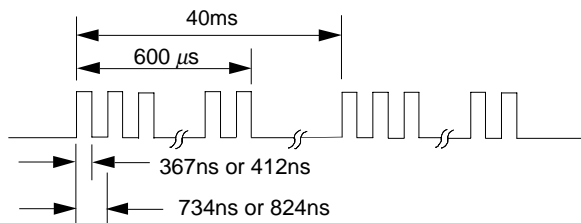


図 1: チョップトビームのパルス構造。

2. 増幅器の仕様

本増幅器は 1kW のトランジスタ電力増幅器を 30 台並列合成したもので、電気的特性は表 1 に示す通

表 1: 30kW 高周波パルス増幅器の電気的仕様

方式	全固体化 AB 級増幅器
周波数	324.0±5MHz
出力電力 (ピーク)	30kW
出力インピーダンス	50Ω
入力パルス構造	パルス幅 367(412)ns, 休み 367(412)ns, 長さ 600μs
パルス立上がり/立下がり時間	20ns 以下
パルス内位相平坦度	±1.5° 以下
パルス繰返し	1~50Hz 可変
オーバーシュート/アンダーシュート	±5%以下
パルス毎の電力および位相変動	電力 ±1.5%以下 位相 ±1.5° 以下
高調波(2 倍)	-60dB
出力接栓	WX-77D 同軸管
使用環境温度	27±2℃
冷却方式	強制空冷式



図 2: 30kW 324MHz チョッパー用増幅器の写真

¹ E-mail: seiya.yamaguchi@kek.jp

りである。概観の写真を図2に示す。

3. 電気的特性

3.1 励振系および測定系

励振系および測定系のブロック図は、図3に示す通りである。パルス変調器の出力波形を図4に示す。(a)がマクロパルス、(b)がマイクロパルス。

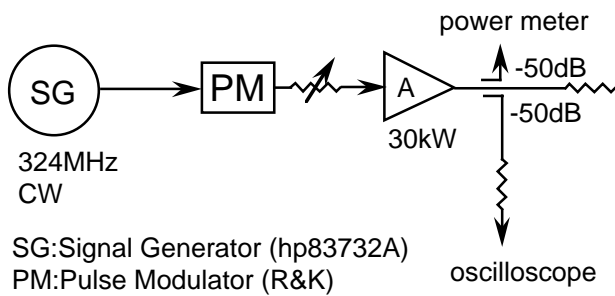


図3：測定系のブロック図

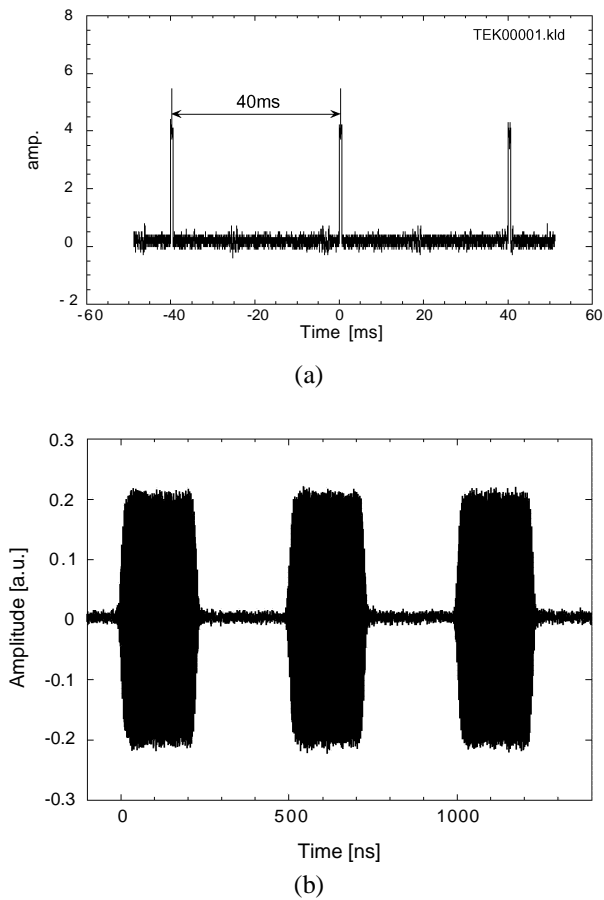


図4：パルス変調器の出力波形 (a) マクロパルス、(b) ミクロパルス。今回の測定では、パルス幅222ns、休み277ns。

3.2 入出力特性

高周波電力の入出力特性を図5に示す。10dBmの入力で30kW(74.8[dBm])の出力が得られている。

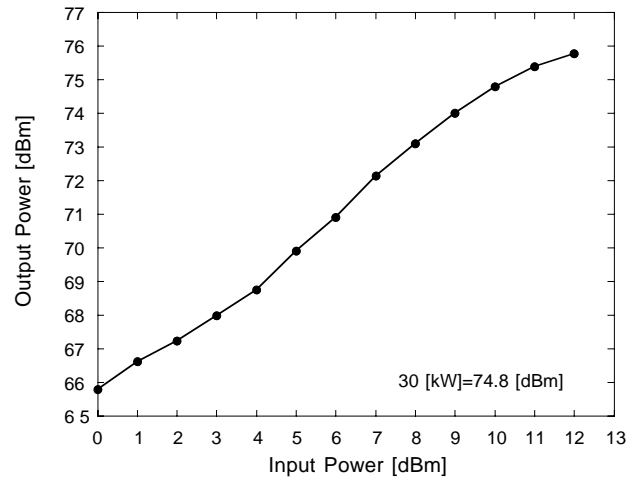


図5：高週波電力の入出力特性

3.3 周波数特性

入出力電力の周波数特性を図6に示す。324±5MHzの範囲で出力電力の変化は±0.5dB以下の範囲におさまっている。324MHz付近での平坦度は10kWアンプの場合と同程度である。

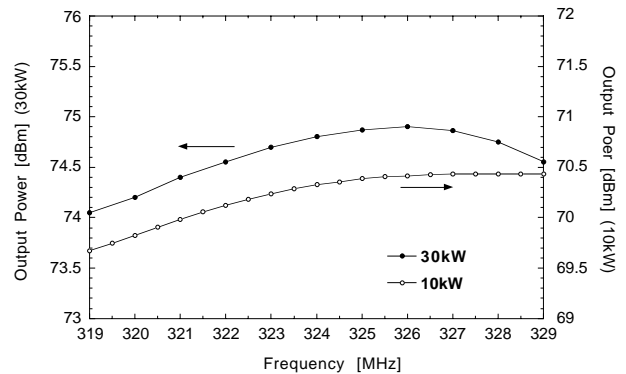


図6：出力電力の周波数特性

3.4 パルスの立上がり立ち下がり特性

入力パルスおよび出力パルスの立上がり立ち下がり特性を図7に示す。入力パルス(パルス変調器の出力)の立上がり立ち下がり時間はそれぞれ4ns、8nsであるのに対し、出力パルスのそれらの値はともに15nsであった。

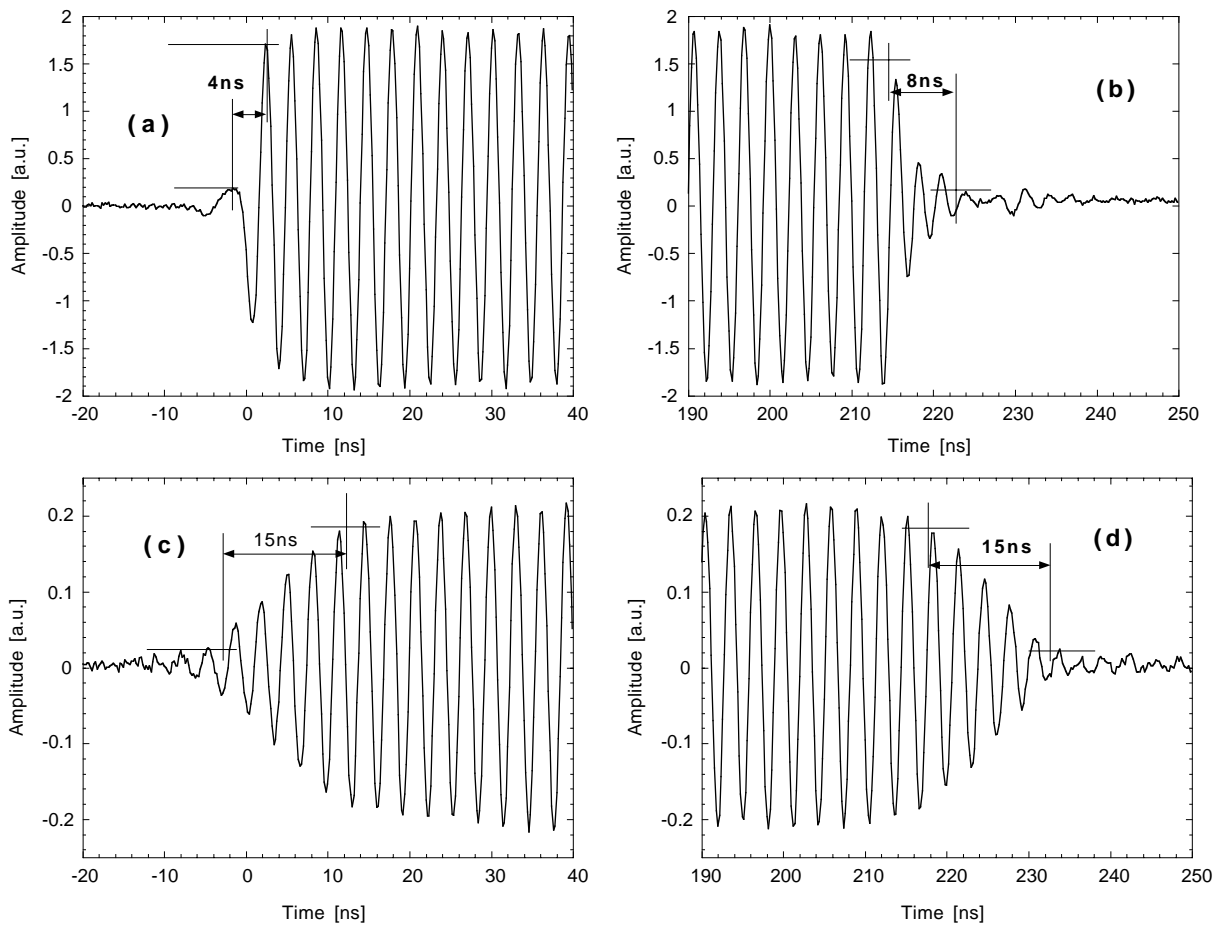


図7：パルスの立上がり、立下がり特性 (a) 入力の立上がり、(b) 入力の立下がり、(c) 出力の立上がり、(d) 出力の立ち下がり。立上がり、立下がり時間は図中に示す通り。

3.5 パルス内位相平坦度

高周波パルスのパルス内位相平坦度の測定結果を図8に示す。パルスの立上がり立ち下がり部分を除いて $\pm 1.5^\circ$ 以内におさまっている。測定は参考文献^[4]のミキサを用いた方法によった。

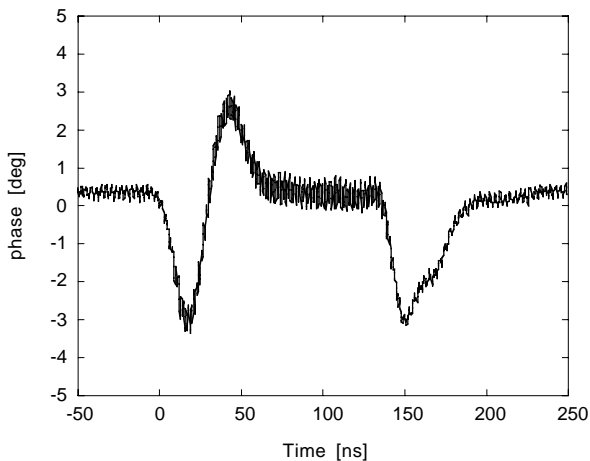


図8：パルス内位相平坦度

4. まとめ

チョッパー空洞用 324MHz、30kW の高周波パルス増幅器を製作し、高周波特性を測定した。立上がり、立ち下がり時間は 15ns であり、チョッパー用増幅器に要求される 20ns 以下という仕様を十分満足するものであった。

参考文献

- [1] “大強度陽子加速器計画”, KEK Report 99-5, JAERI-Tech 2000-003, JHF-99-4.
- [2] T. Kato and S. Fu, “MEBT Design for the JHF 200MeV Proton Linac”, Proc. 19th Int'l Linac Conf. Chicago, August 23-38, 1998, pp.70-72.
- [3] S. Fu and T. Kato, Nucl. Instr. Meth. A440 (2000), pp.296-306.
- [4] S. Yamaguchi, T. Kato and S. Ishiguro, Proceedings of the 25th Linear Accelerator Meeting in Japan, Himeji, July.12-14,2000, pp. 195-197, URL:<http://www.spring8.or.jp/JAPANESE/conference/li-me00/PDF/12p-23.pdf>.