

**Design of Comb-frequency Generator for Comb Amplitude Modulation Reflectometry**

尾形大地<sup>1</sup>, 芦田竜一<sup>1</sup>, 福山雅治<sup>1</sup>, 柚木美羽<sup>1</sup>, 恩地拓己<sup>2</sup>, 池添竜也<sup>2</sup>, 出射浩<sup>2</sup>  
 Daichi Ogata<sup>1</sup>, Ryuichi Ashida<sup>1</sup>, Masaharu Fukuyama<sup>1</sup>, Miu Yunoki<sup>1</sup>, Takumi Onchi<sup>2</sup>,  
 Ryuya Ikezoe<sup>2</sup>, Hiroshi Idei<sup>2</sup>

九大総理工<sup>1</sup>, 九大応力研<sup>2</sup>

IGSES., Kyushu Univ.<sup>1</sup>, RIAM, Kyushu Univ.<sup>2</sup>

**1. 研究背景**

核融合プラズマの研究において、密度分布および密度揺動の計測にマイクロ波反射計が広く用いられている[1]。九州大学応用力学研究所：QUESTでは、差周波数動作のヘテロダイン検波による10GHz帯AM反射計の開発が進められている[2]。複数の反射点を同時計測するために、複数周波数成分を同時にプラズマに入射して反射波を計測し、密度分布を測定することを目指す。プラズマへの入射波やヘテロダイン検波の局部発振(LO)波を共にコムライン波で形成できれば、多チャンネル同時計測反射計を構築できる。ミキサの高調波動作、アップ・ダウンコンバータ動作を用い、コムライン波を形成する発振器の開発を行っており、その結果を報告する。

**2. 実験内容**

QUEST内での反射計計測において、多重反射波の影響が無視できない[3]。多重反射波成分を除去するために周波数微分法という方法が提案されている。今回、周波数微分法で必要となる微小周波数を入射波のコムライン波と共に発生させる。発振器(70 MHz, 1 GHz, 9.5 GHz)とミキサを用いて準備したコムライン発振回路が図1(a)である。 $n$ 次の高調波を考慮したミキサの入出力周波数の関係式は以下の通り。

$$\begin{cases} f_{RF(USB/LSB)} = n(f_{LO} \pm f_{IF}) \\ f_{IF} = n(f_{RF(USB/LSB)} - f_{LO}) \end{cases} (n = 1, 2, \dots) \quad (1)$$

1GHz, 70MHzの周波数をLO, IF周波数としてミキサ5でアップコンバートを行うと、 $n(1 \pm 0.07)$  GHzの2周波数とその高調波が発生する。一方、70 MHz, 70.078125 MHzの周波数をミキサ8でダウンコンバートを行い、周波数微分法用の微小周波数差(78.125 kHz)を生成する。 $n(1 \pm 0.07)$ GHz, 78.125kHzをミキサ6で混合し、 $n(1 \pm 0.07)$ GHz  $\pm n(78.125)$ kHzのコムライン周波

数 $\pm 78.125$ kHzの波が得られる。これをLO波の9.5GHzとミキサ7でアップコンバートし、7~14GHzの周波数帯に十分な周波数成分を持つコムライン波に変換する。また、1GHzの波をミキサのLOポートに入力し、RFポートとして出力することでLOから漏れた波の高調波である $n$  GHzが得られ、これをヘテロダイン検波の局部発振波として使用する。

**3. 実験結果**

スペクトラムアナライザで計測したコムライン波の一部が図1(b)である。図より、コムライン波と微小周波数が発生しており、コムライン発振器として動作していることが確認された。

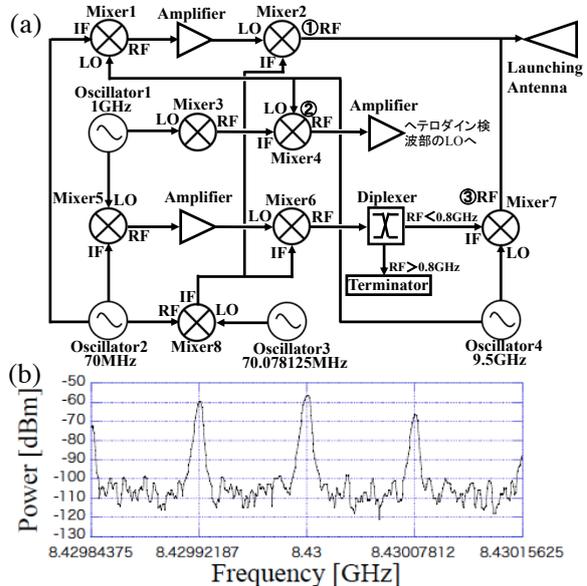


図1. (a) コムライン発振器回路図 (b) コムライン波8.43GHz(LSB)と $\pm 78.125$ GHzの微小周波数

[1]E. Mazzucato. Rev. Sci. Instrum., **69** 2201 (1998)  
 [2]H. Idei, et. al., J. Plasma Fusion Res., SERIES, **9** 112 (2010)  
 [3]H. Idei, et. al., Rev. Sci. Instrum., **85** 11D842 (2014)