

Journal seminar

2014/9/12 B4 水口達也

Shigeo Nagano, Hiroyuki Ito, Motohiro Kumagai, Masatoshi Kajita, and Yuko Hanado, “Microwave synthesis from a continuous-wave terahertz oscillator using a photocarrier terahertz frequency comb”, OPTICS LETTERS **32**,2137(2013)

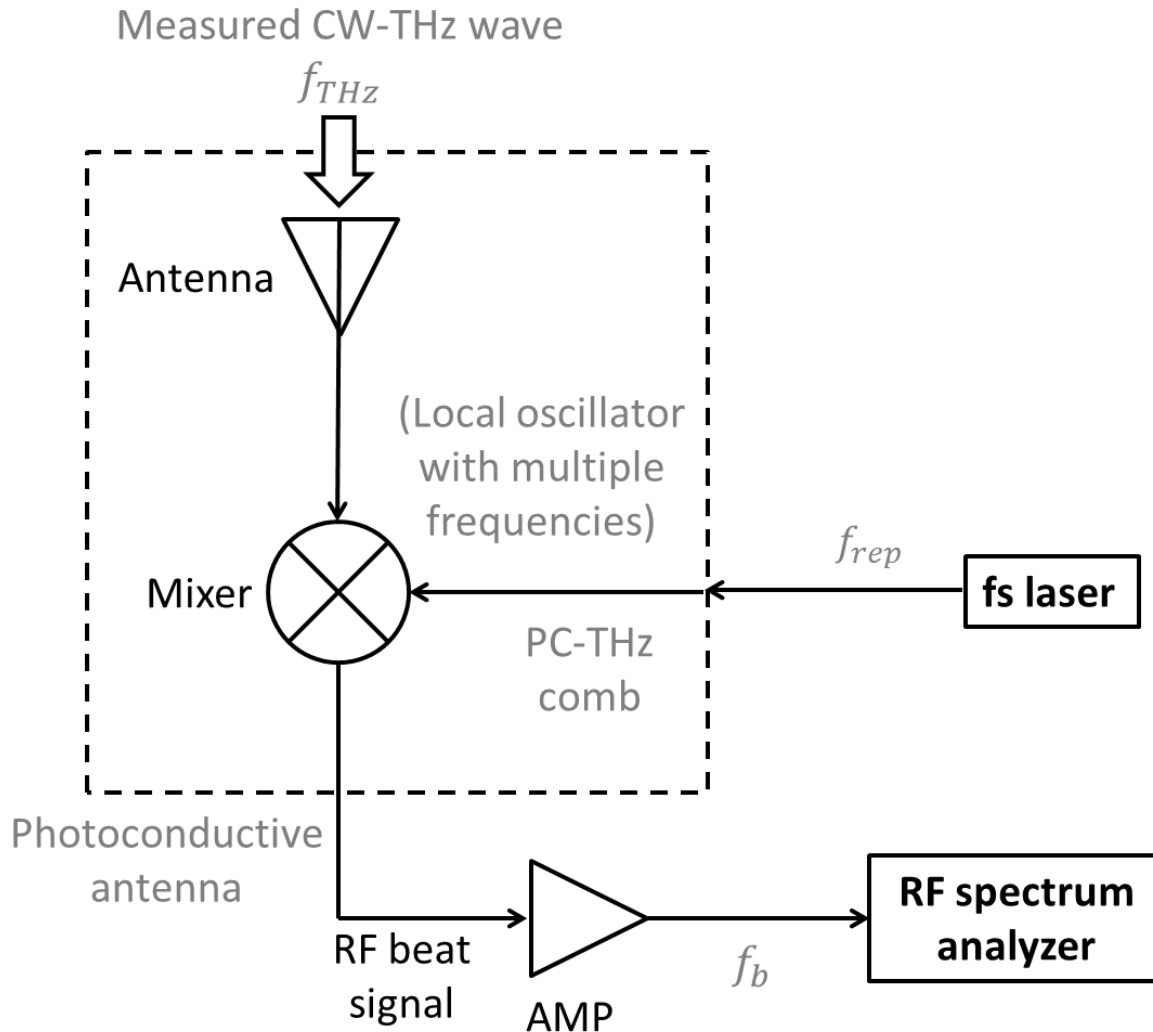
イントロダクション

THz領域における技術は様々な分野での利用が期待されてる

- ・ガス分光
- ・THz分光計の周波数校正
- ・無線通信分野

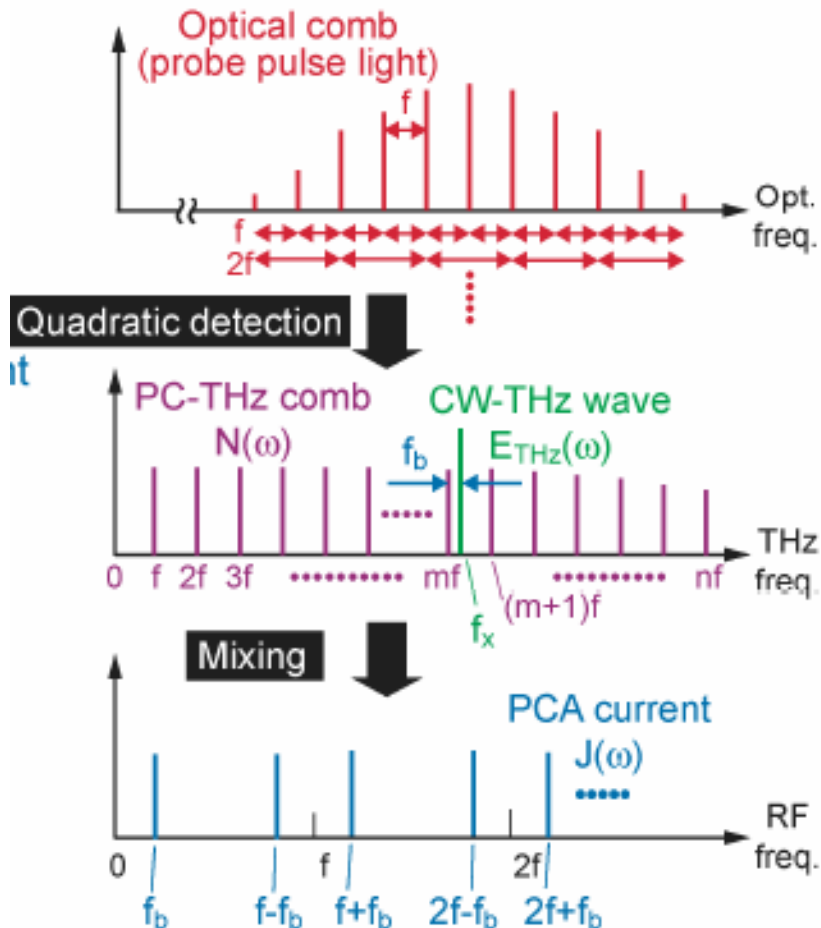
このような分野で有効に利用するためには
高確度のTHzシンセサイザが求められている

光伝導ミキシング



PCAを用いることで室温動作が可能であり, PC-THzコムを多周波局部発振器として用いることでTHz帯をフルカバーできる

CW-THz波の絶対周波数計測



$$f_b = |f_x - mf|$$

モード同期周波数を δf 変化させることで
($f \rightarrow f + \delta f$)

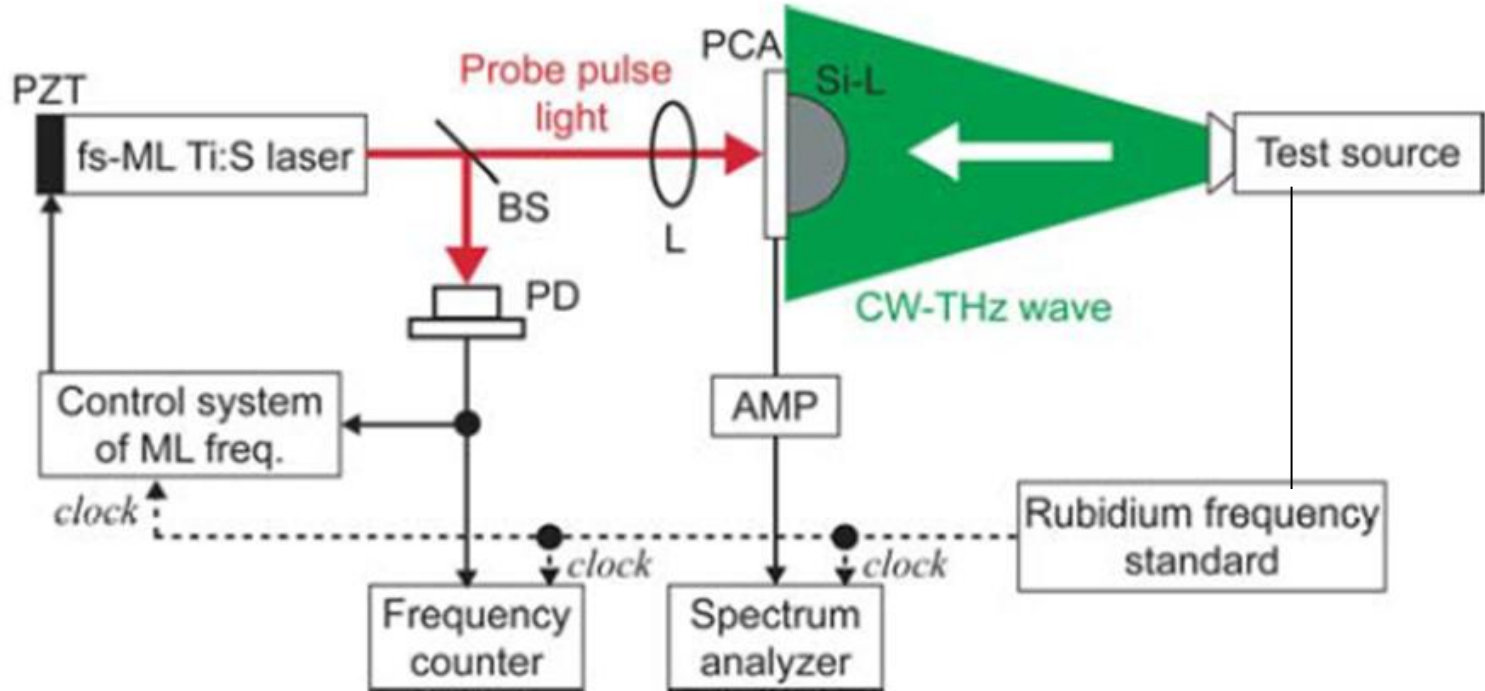
$$m = \frac{|\delta f_b|}{|\delta f|}$$

ビート周波数も δf_b 変化
($f_b \rightarrow f_b + \delta f_b$)

$$f_x = mf + f_b \quad (\delta f_b / \delta f < 0)$$

$$f_x = mf - f_b \quad (\delta f_b / \delta f > 0)$$

従来技術



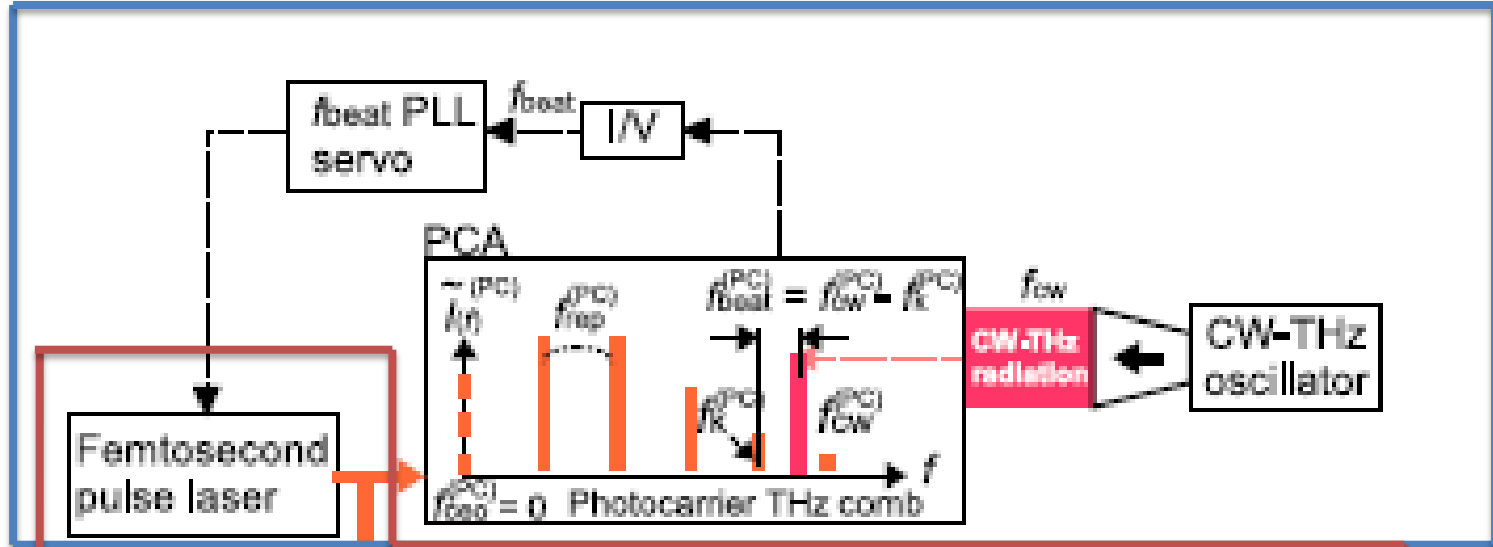
THz放射の情報がビート信号に転送される

本論文では

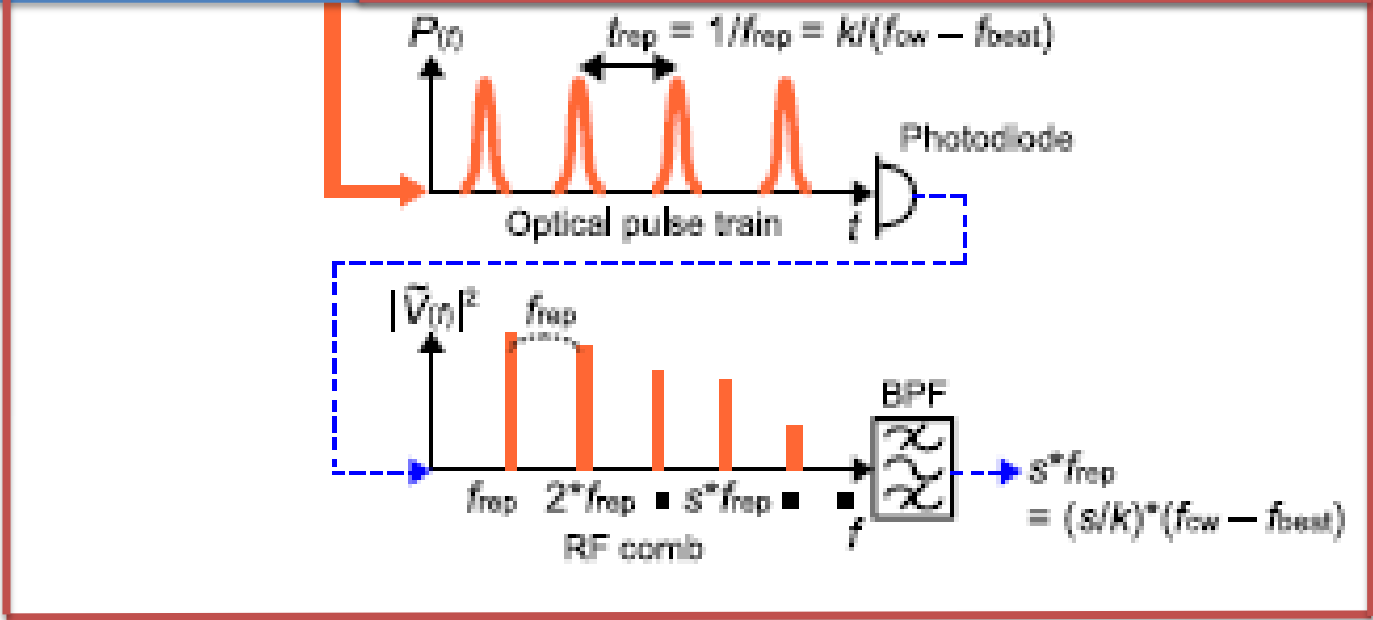
光伝導アンテナ (PCA) で生成された THz 周波数コムを用いて, THz 放射から合成された低位相ノイズマイクロ波信号の生成を実証している.

実験の原理

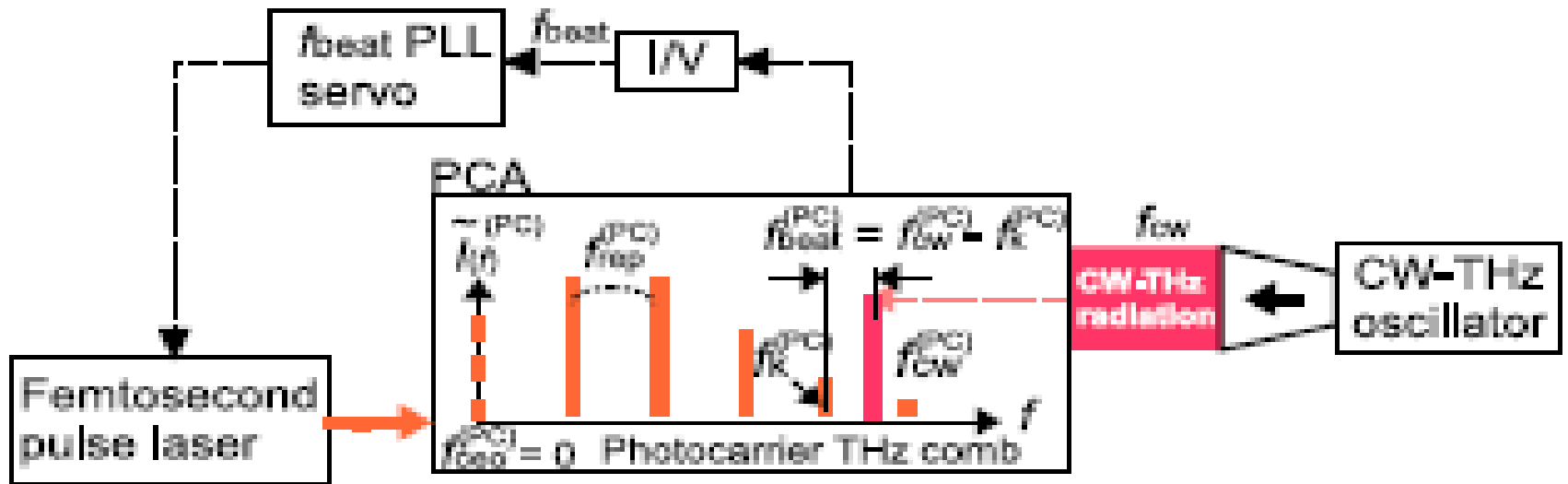
①



②



① 光伝導ミキシング法



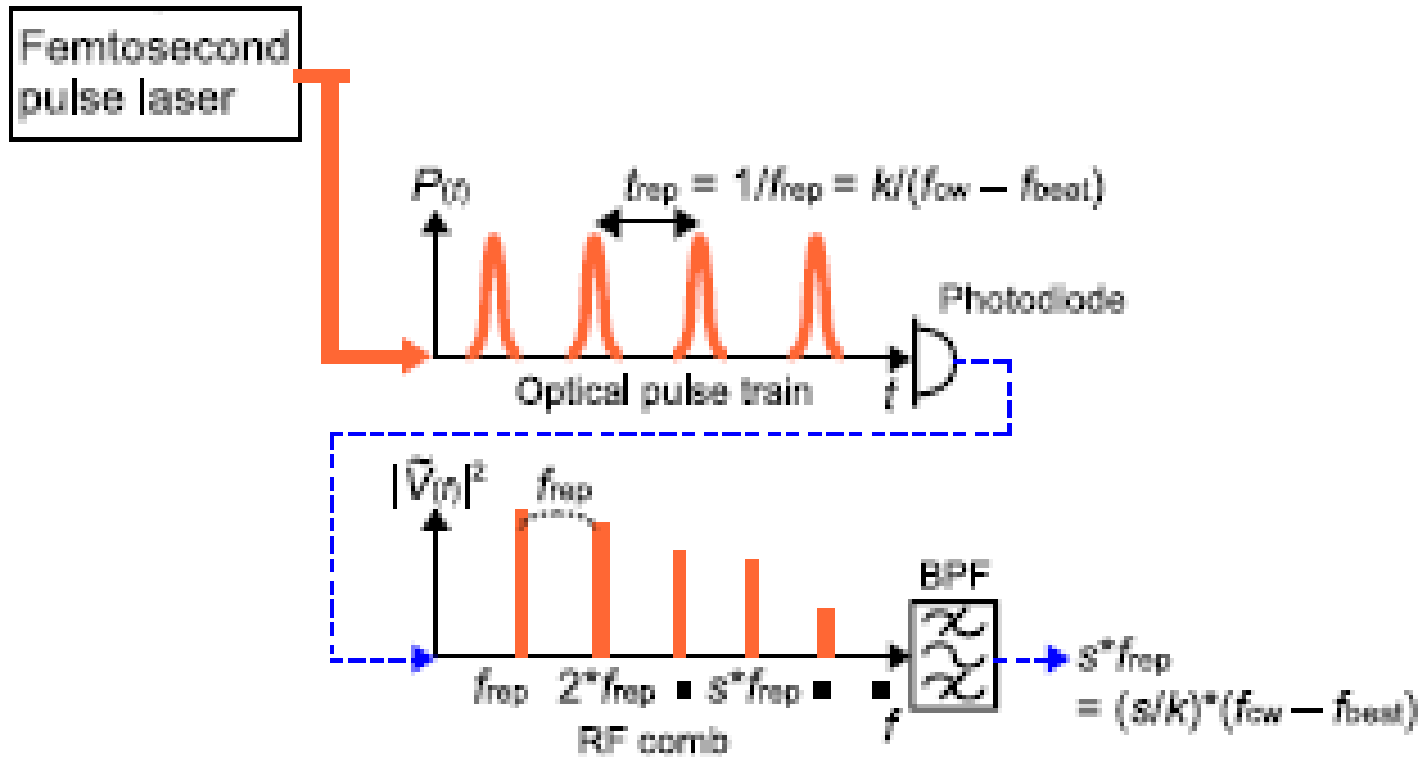
$$f_k^{PC} = f_n - f_m = k \times f_{rep} \quad (k=n-m)$$



光伝導アンテナ (PCA) 内での f_k^{PC} と CW-THz 放射によって生成された f_{cw}^{PC} はダウンコンバートされる。

$$f_{beat}^{PC} = f_{cw}^{PC} - f_k^{PC}$$

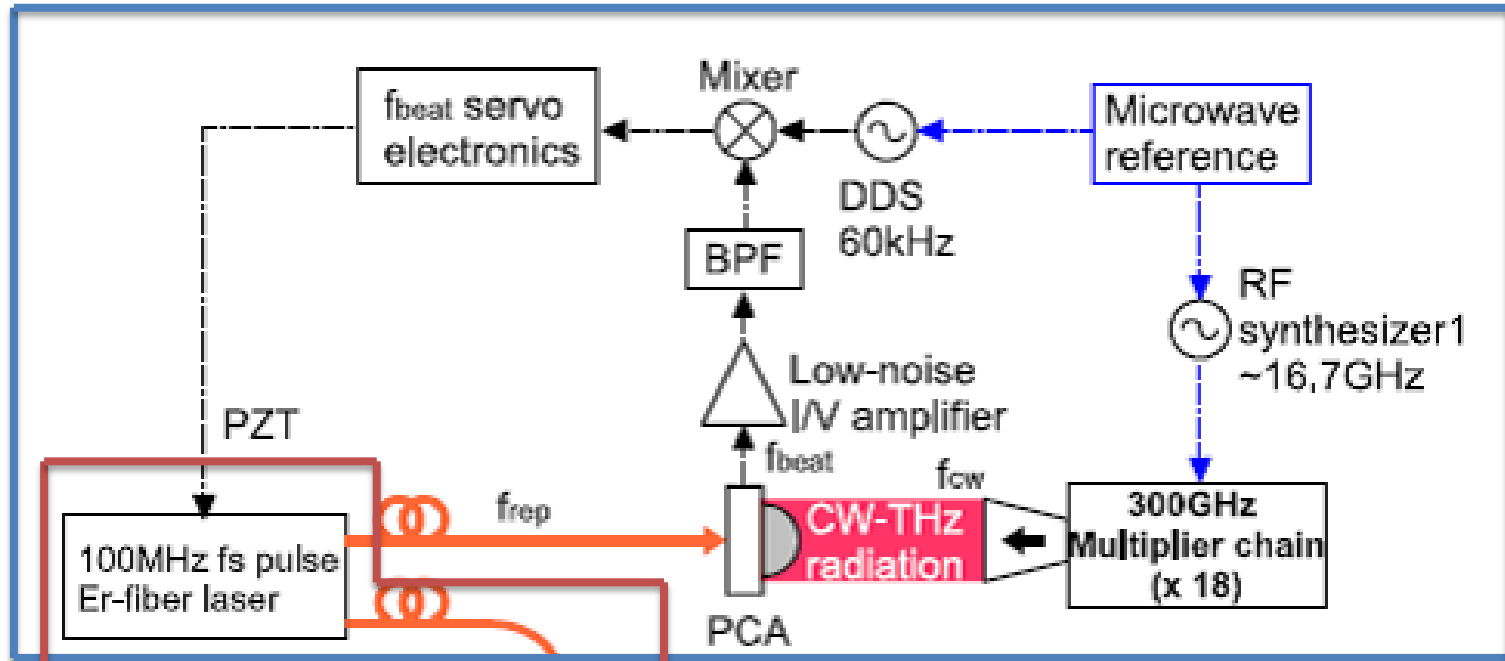
② テラヘルツ-マイクロ波合成原理



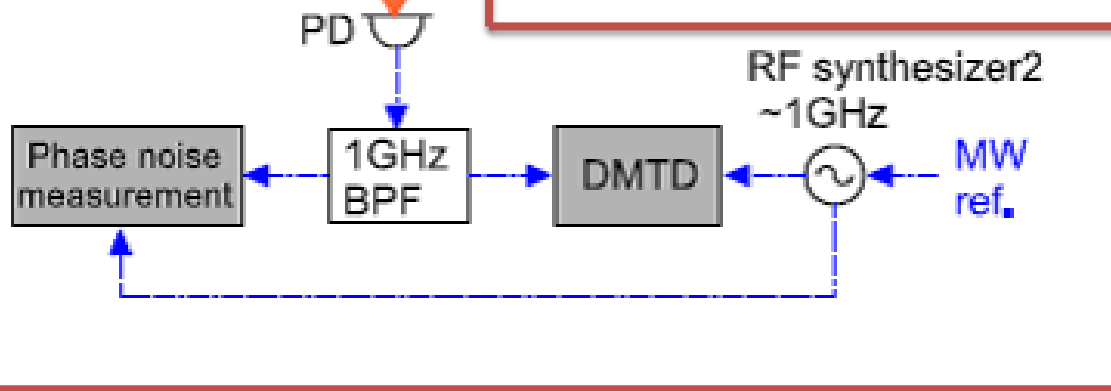
$$s * f_{rep} = \left(\frac{s}{k} \right) * (f_{cw} - f_{beat})$$

実験装置

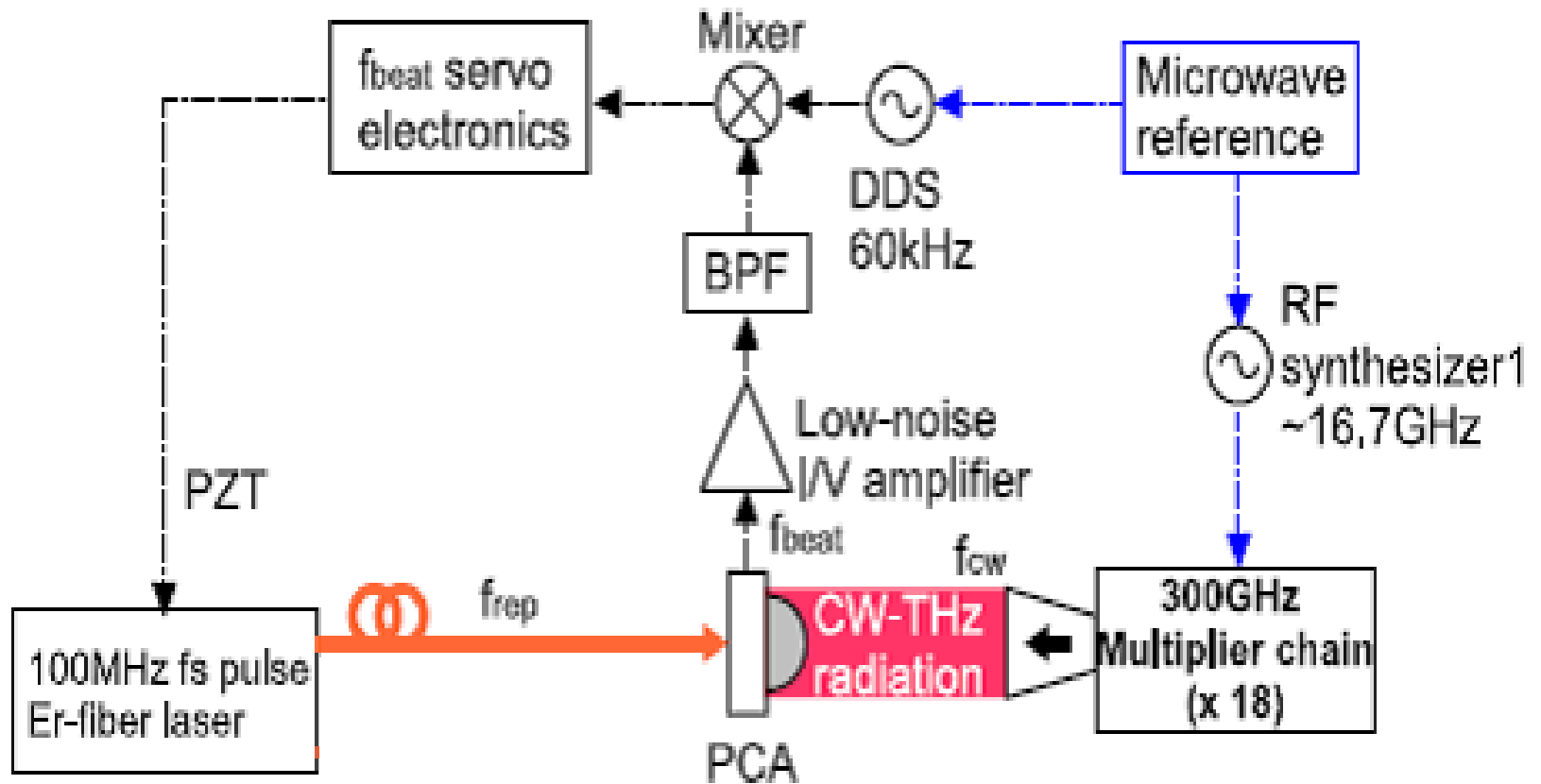
①



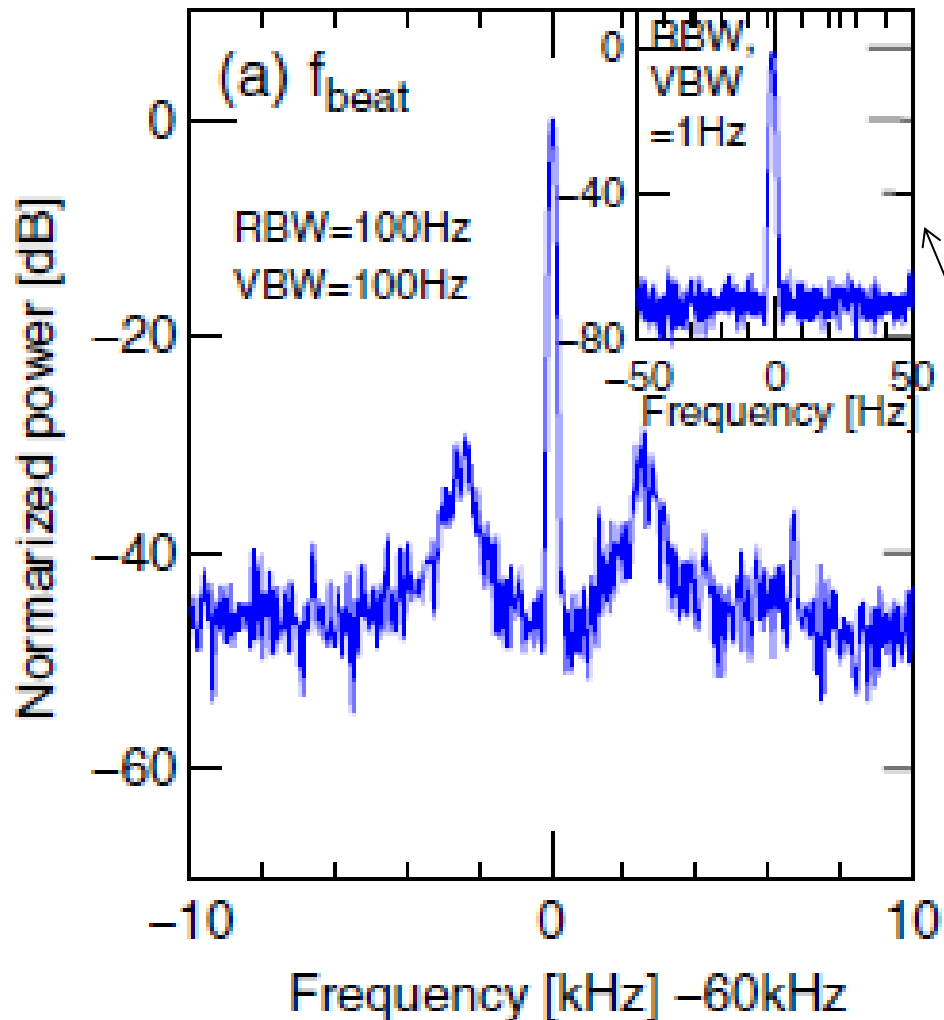
②



① 制御部



①' THz発振器とTHzコム間のヘテロダイنبート信号

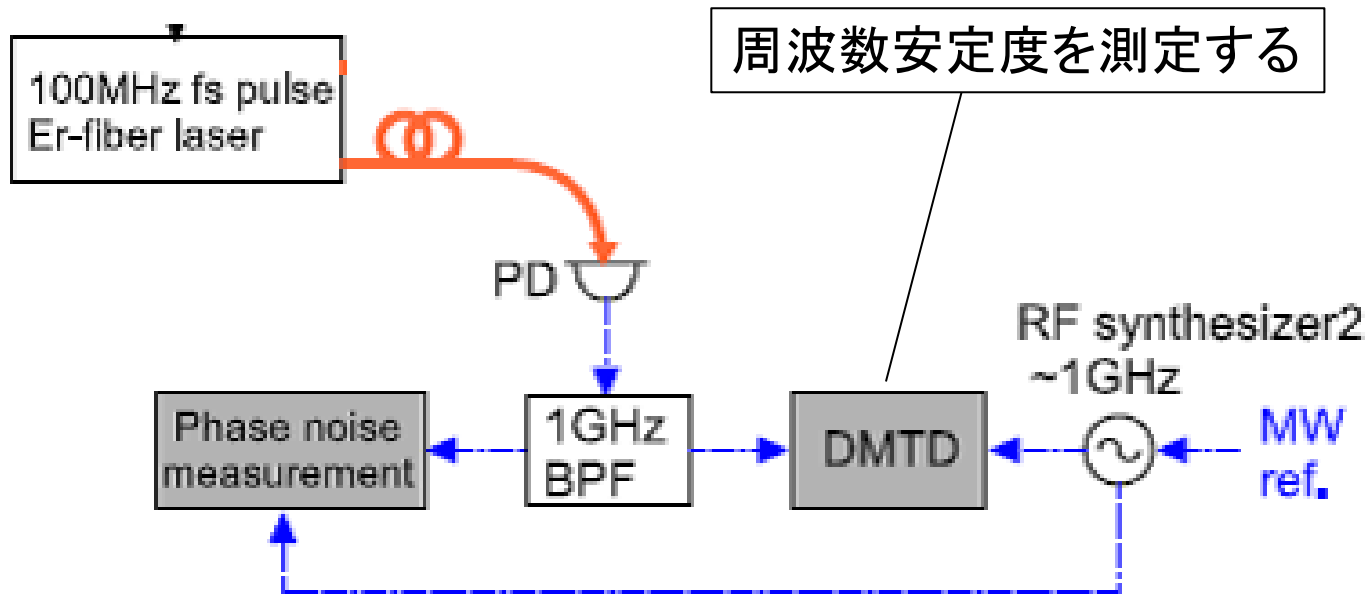


中心周波数=60kHz
RBW=100Hz
VBW=100Hz
SN比=45dB

より高い分解能でのスペクトル

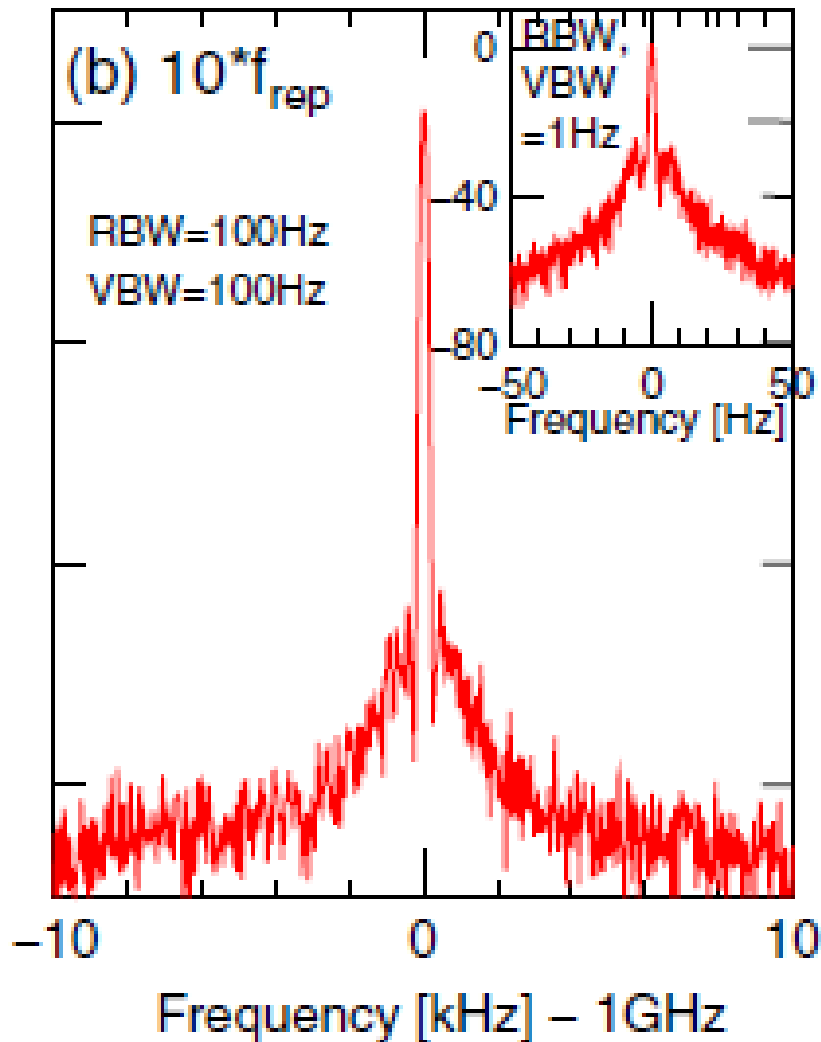
中心周波数での線幅が狭いため、このビート信号は**安定**であるといえる。

② マイクロ波信号の合成部



$$f_{rep}=100\text{MHz} \rightarrow 10f_{rep}=1\text{GHz}$$

②' RFコムの第10番目のモード

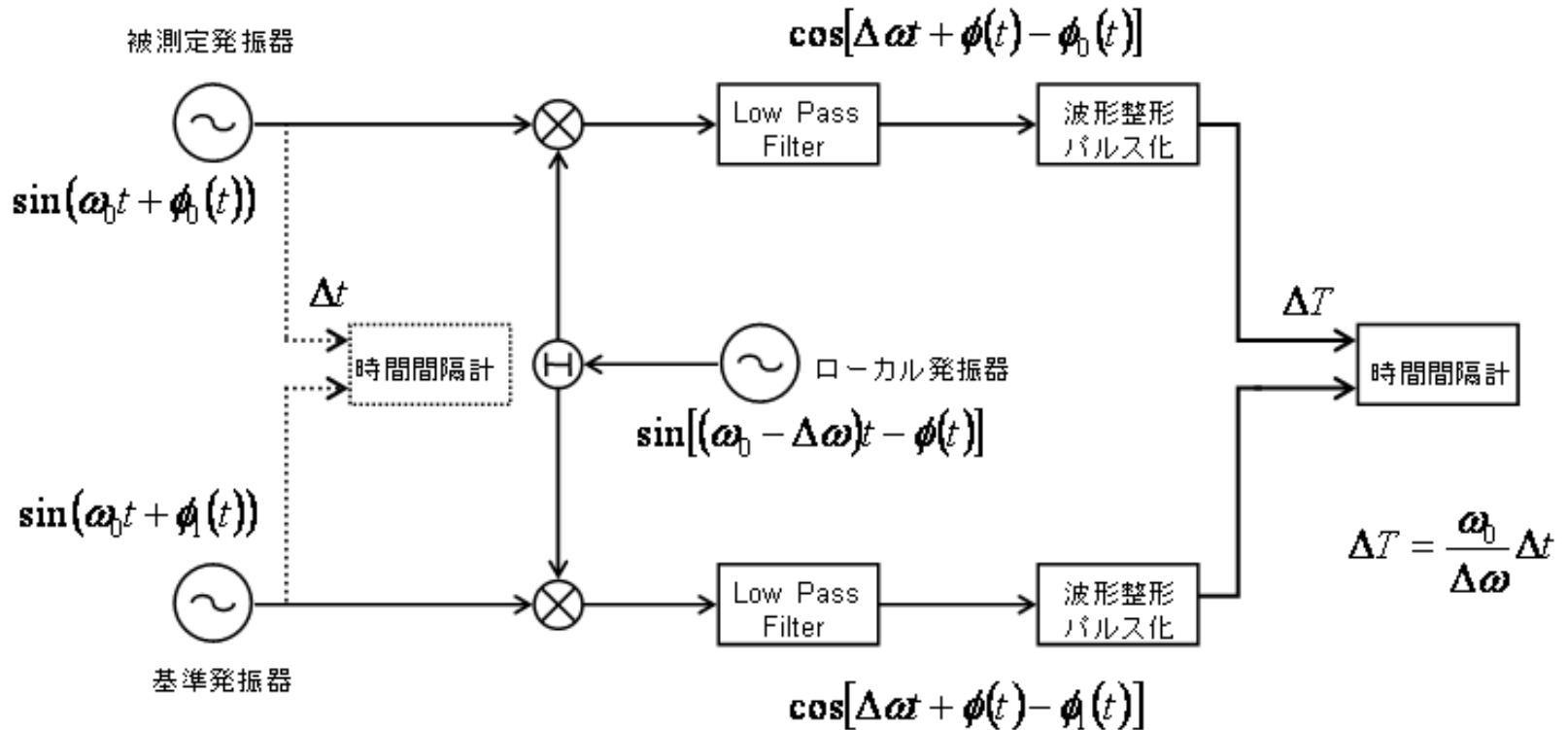


中心周波数=1GHz
RBW=100Hz
VBW=100Hz

より高い分解能でのスペクトル

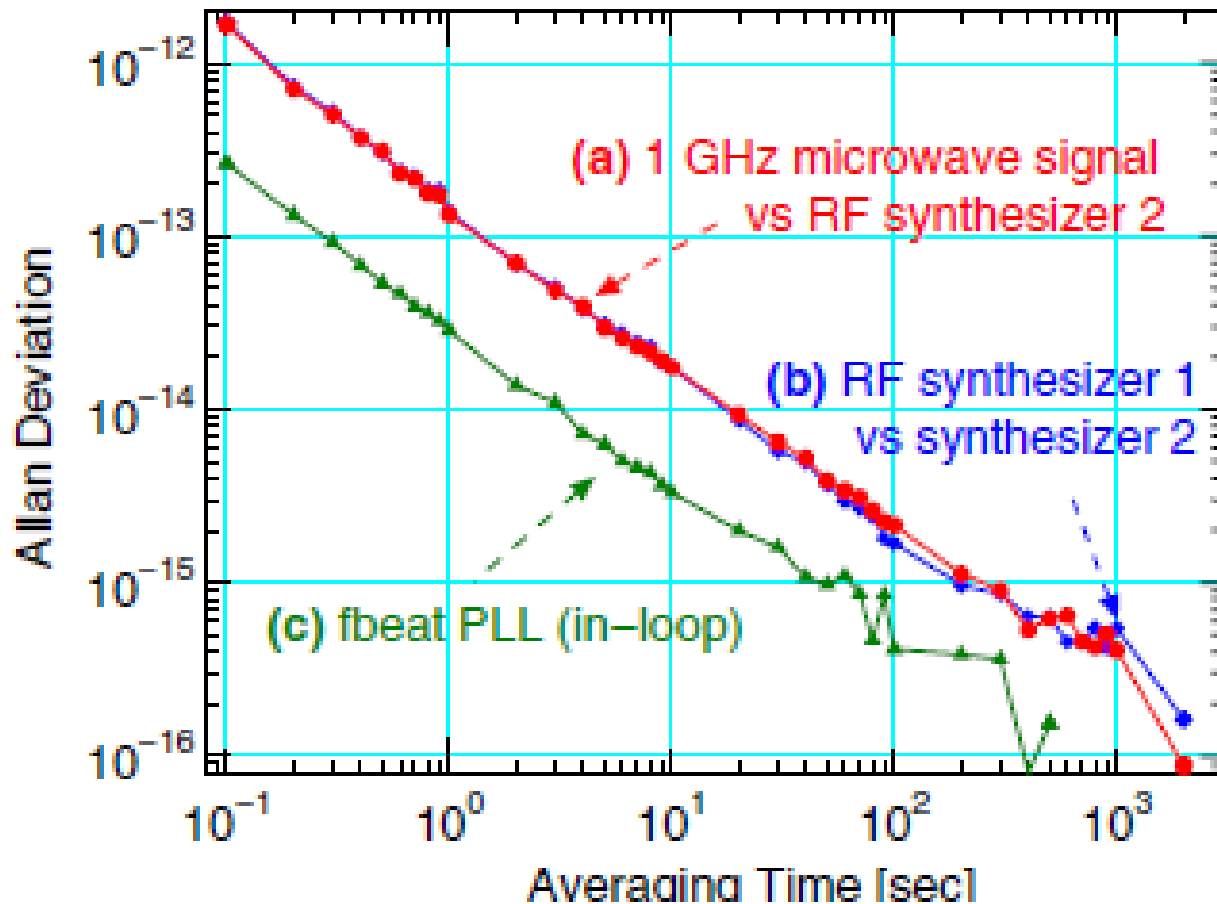
中心周波数での線幅が狭いため、この信号は**安定**であるといえる。

DMTD法



基本的にはヘテロダイン法と同じであり、被測定発振器と基準発振器を δf だけ周波数をシフトさせた発振器で同時にビートダウンして両者から得られる信号の位相差をタイムインターバルカウンタで測定する

実験結果：周波数安定性

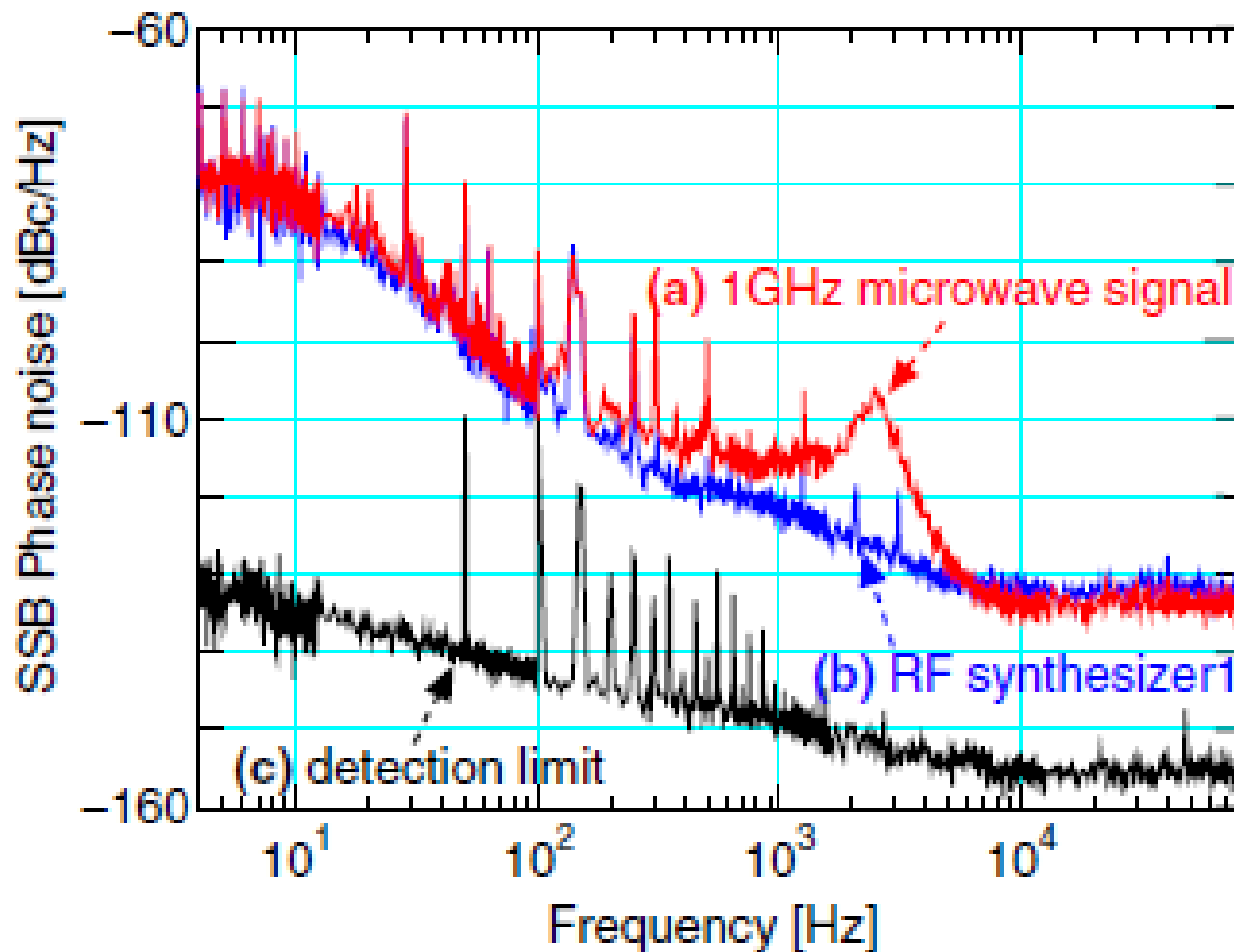


プロット(a)

1秒間での周波数安定性が 2×10^{-13} だった。そして300秒以内に 10^{-16} レベルまで平均化された

プロット(a),(b)が類似しているのは1GHzのマイクロ波がシンセサイザ1に対応しているため

実験結果：SSB位相ノイズ



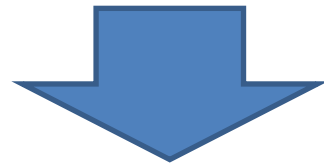
1GHzマイクロ波信号
の搬送周波数から
100Hzで-105dBc/Hz
10kHzで-134dBc/Hz

プロット(c)は検出器自体
のノイズである

まとめ

THz領域の情報をマイクロ波領域に転送できた

- ・1GHzの周波数をもつ合成されたマイクロ波は0.3THz-CW放射により300秒内で 10^{-16} まで安定された.
- ・また搬送波周波数から100Hzオフセットで -105dBc/Hz のSSB位相ノイズをもつ.



THz-マイクロ波シンセサイザは将来THz計測において重要であり、次世代高速無線通信として期待されるTHz分周器としても重要である