

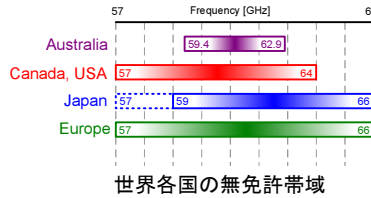
60GHz帯無線機に向けた直交局部発振器の研究

東京工業大学 大学院理工学研究科 松澤・岡田研究室

1. 研究背景

・60GHz帯無線通信

- 酸素と共振し伝搬中の減衰が大きいため、近距離通信への応用が期待される。
- 世界各国で最大9GHzもの帯域を無免許で使用可能である。

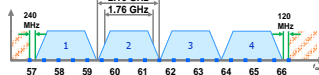


・各チャンネルでGbps級の通信が可能[1]

- 3.5 Gbps/ch (QPSK)
- 7.0 Gbps/ch (16QAM)
- 10.6 Gbps/ch (64QAM)

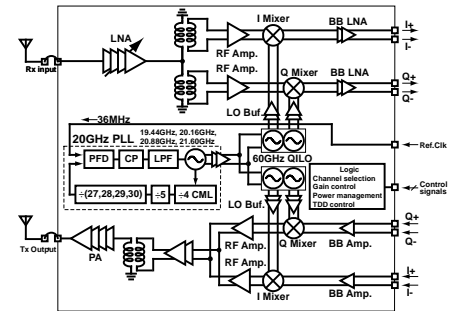
Channel Number	Low Freq. (GHz)	Center Freq. (GHz)	High Freq. (GHz)	Nyquist BW (GHz)	Roll-Off Factor
A1	57.24	58.32	59.40	1.76	0.25
A2	59.40	60.48	61.56	1.76	0.25
A3	61.56	62.64	63.72	1.76	0.25
A4	63.72	64.80	65.88	1.76	0.25

[1] IEEE 802.15-09-192-003c with draft doc.



・回路構成

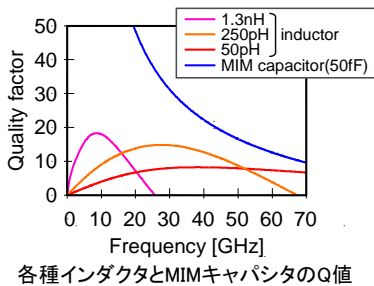
- 従来研究[2],[3]で用いられていたヘテロダイン方式と比較して、小面積化、低消費電力化が可能なダイレクトコンバージョン方式を採用



[2] S.K. Reynolds, JSSC 2006

[3] S. Emami, ISSCC 2011

2. 60GHz帯局部発振器の課題



・60GHz帯局部発振器(LO)には以下の性能が要求される

- 周波数帯域 **57~66GHz**
- 位相雑音 **-90dBc/Hz@1MHz Offset**

・寄生容量による問題

わずかな寄生容量でも発振周波数が低下し、所望の周波数が得られない

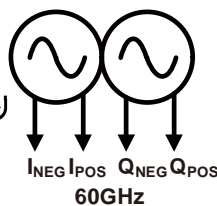
・位相雑音の増加

表皮効果によって受動素子のQ値が減少し、位相雑音が増加する

3. 従来手法

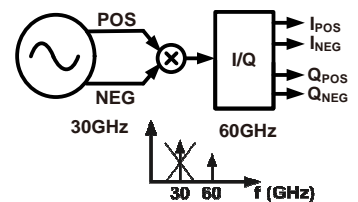
・直接発振

- ☺ 直交位相出力が得られる
- ☹ 60GHz帯でのQ値の低さにより要求性能の達成が困難



・push-push

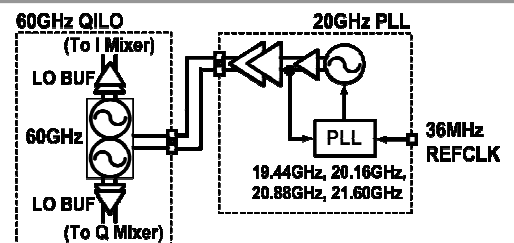
- ☺ 低雑音・広帯域の両立が容易
- ☹ 出力電力が小さい
- ☹ 直交出力を得るためにポリフェーズフィルタが必要



4. 提案手法

・20GHz PLLと60GHz注入同期型周波数逡倍器(ILO)の組み合わせにより**広帯域での出力と低位相雑音**を実現

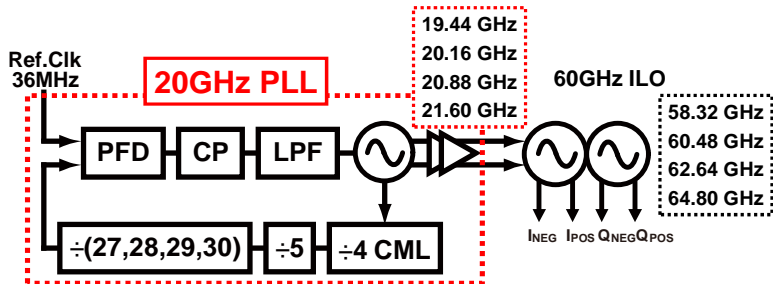
- 基本信号を20GHzで生成するために60GHzで生成する場合と比較して、受動素子において高いQ値を得られることから**低位相雑音と広帯域の両立が可能**である
- 60GHz差動逡倍器を2つ結合させることで**直交4相での出力が可能**



本研究において提案する手法

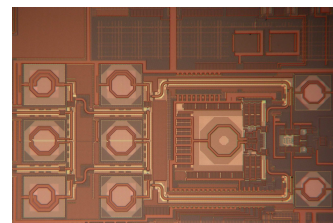
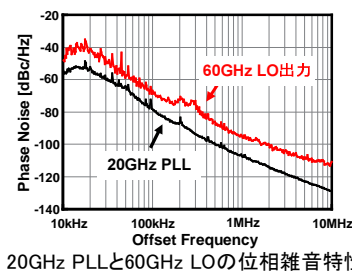
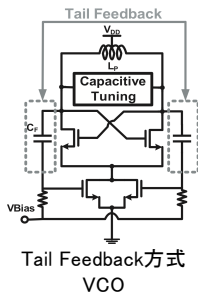
5. 20GHz位相同期回路

- 20GHz PLLには以下の性能が要求される
 - 周波数帯域 **19~22GHz**
 - 位相雑音 **-100dBc/Hz@1MHz Offset**
- Tail Feedback方式VCOの使用により目標性能を達成



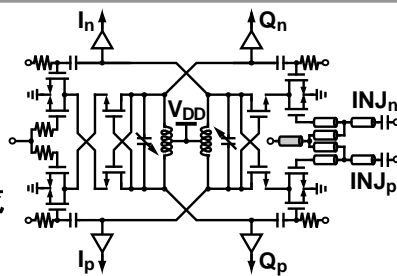
PLLの性能

Output Frequency [GHz]	19.44, 20.16, 20.88, 21.60
Phase noise [dBc/Hz] @1MHz Offset	-106 ~ -105
Reference Freq. [MHz]	36
Total Power [mW]	61
Supply Voltage [V]	1.2

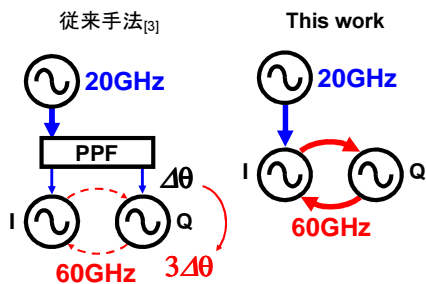


6. 60GHz注入同期型周波数逡倍器

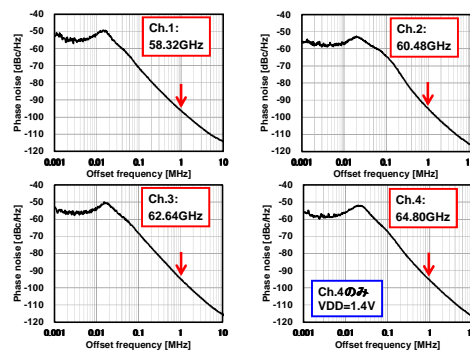
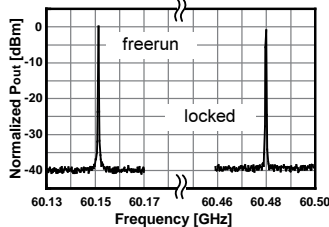
- ポリフェーズフィルタを用いず、片側のみに注入同期する構成
- 全4chにおいて**-95[dBc/Hz]** (1MHz Offset)の位相雑音を達成



60GHz ILOのチップ写真



[3] W. Chan, et al., ISSCC 2008.



7. 他研究との比較

	Target	This Work	[6] (Tokyo Tech)	[5] (Tokyo Tech)	[4]
VCO range [GHz]	58.32, 60.48, 62.64, 64.80	58.32, 60.48, 62.64, 64.80	58.32, 60.48, 62.64	54.0~61.0	57.0~66.0
Phase noise @1MHz-offset [dBc/Hz]	< -90.0	< -95 (All 4-ch.)	-95.2~-96.0	-94.2	-75.0
Power [mW]	-	106.3	79.9~118.3	90.4	78.0
Output type	Quad.	Quad.	Quad.	Quad.	Quad.

[4] K. Scheir, ISSCC 2009
 [5] K. Okada, ISSCC 2011
 [6] A. Musa, JSSC 2011

- インジェクションロック技術の採用により従来研究と比べ位相雑音を**20dB**以上改善し、IEEE802.15.3cに定められた**全4chで-95dBc/Hz@1MHz Offset**以下の低位相雑音を達成
- また、この局部発振器を用いて60GHz帯ダイレクトコンバージョン方式送受信機による**16QAM通信**を世界で初めて実現