

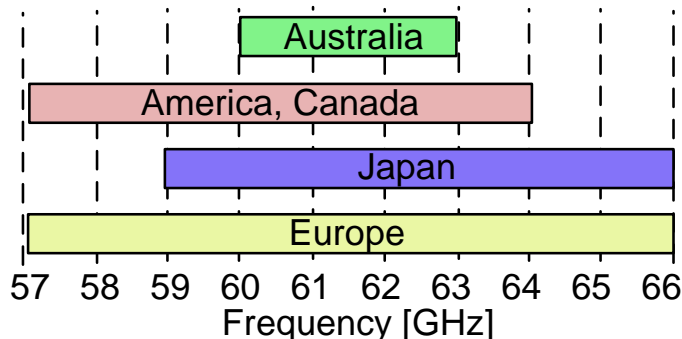
容量感度スケーリングを用いた ミリ波帯注入同期型発振器

原 翔一 , Win Chaivipas , 岡田 健一 , 松澤 昭
東京工業大学

大学院理工学研究科電子物理工学専攻

- 背景・目的
- 容量感度スケーリングとは
- 容量感度スケーリングと注入効率
- まとめ

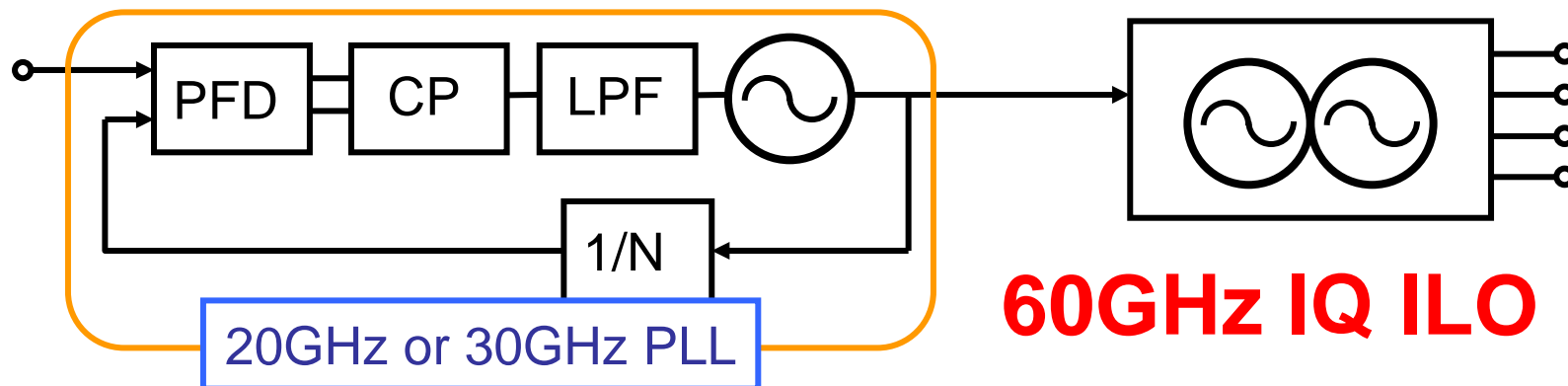
無免許で使用可能な周波数帯



ミリ波帯の中でも特に60GHz帯は世界的に無免許で使用することが可能

[1] 総務省 電波利用HP

<http://www.tele.soumu.go.jp/index.htm>

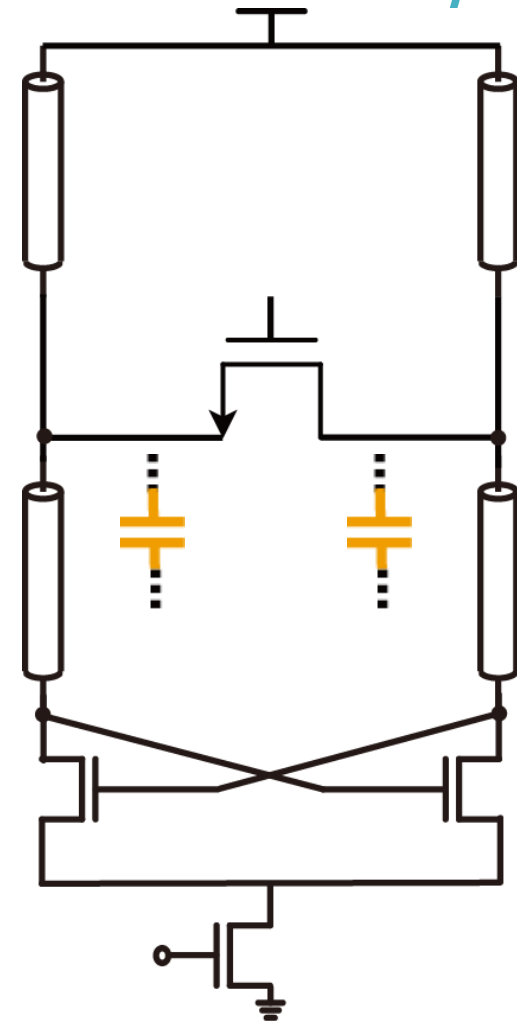
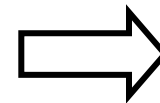
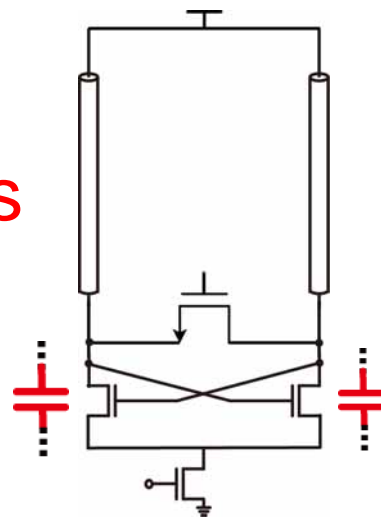


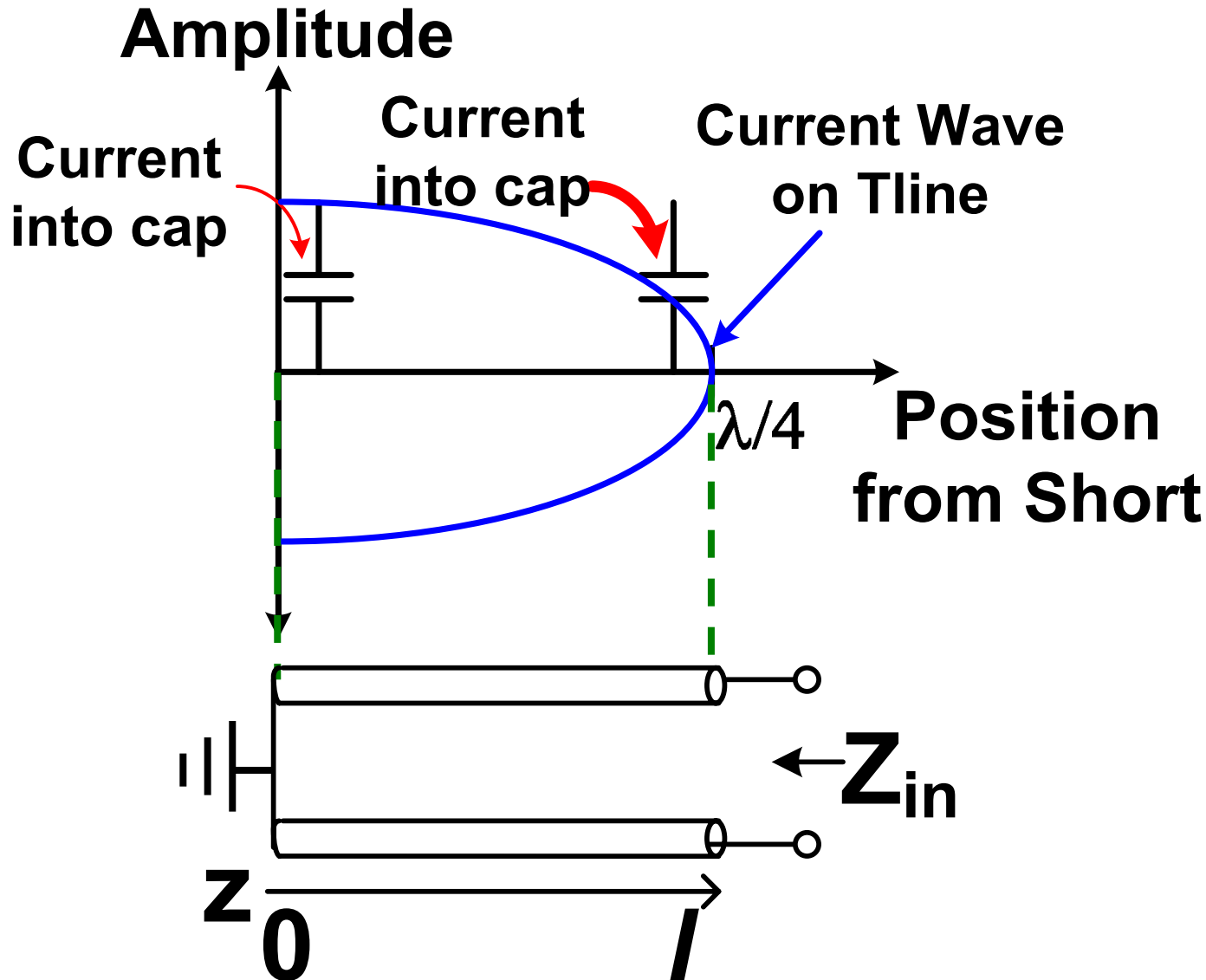
ILOにより共振器のQ値の要求条件が緩和

共振器以外の寄生容量により発振器の周波数レンジが大きく制限されてしまう。

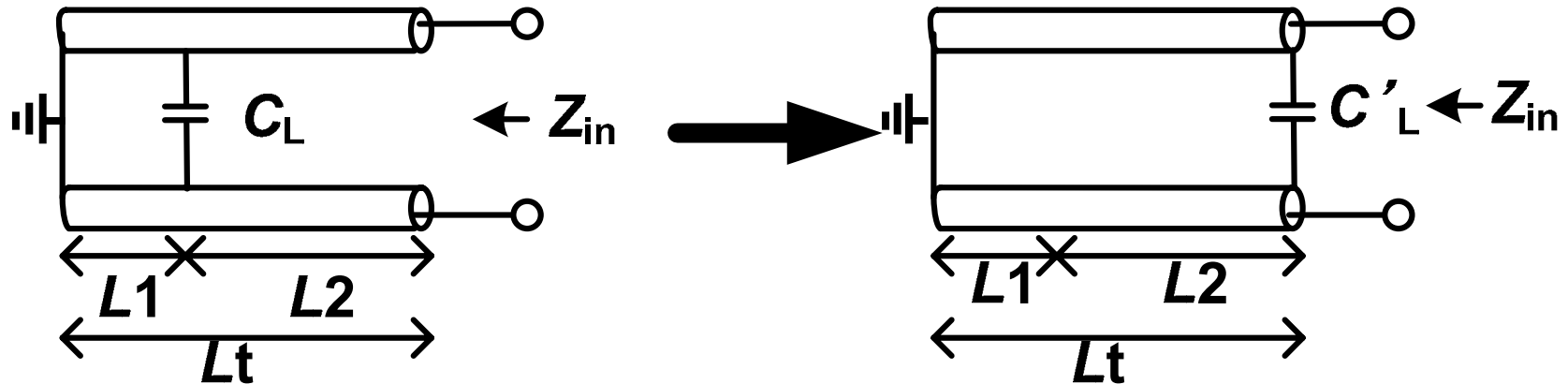
$$f_0 \approx \frac{1}{4 \cdot (l \cdot \sqrt{\mu_0 \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_{\text{reff}}} + C_p \cdot Z_0)}$$

Parasitic capacitance is critical to oscillation frequency.





[1] W. Chaivipas, et.al., in *Proceedings of IEEE Asian Solid-State Circuits Conference Digest of Technical Papers*, Nov. 2007, pp. 424–427.



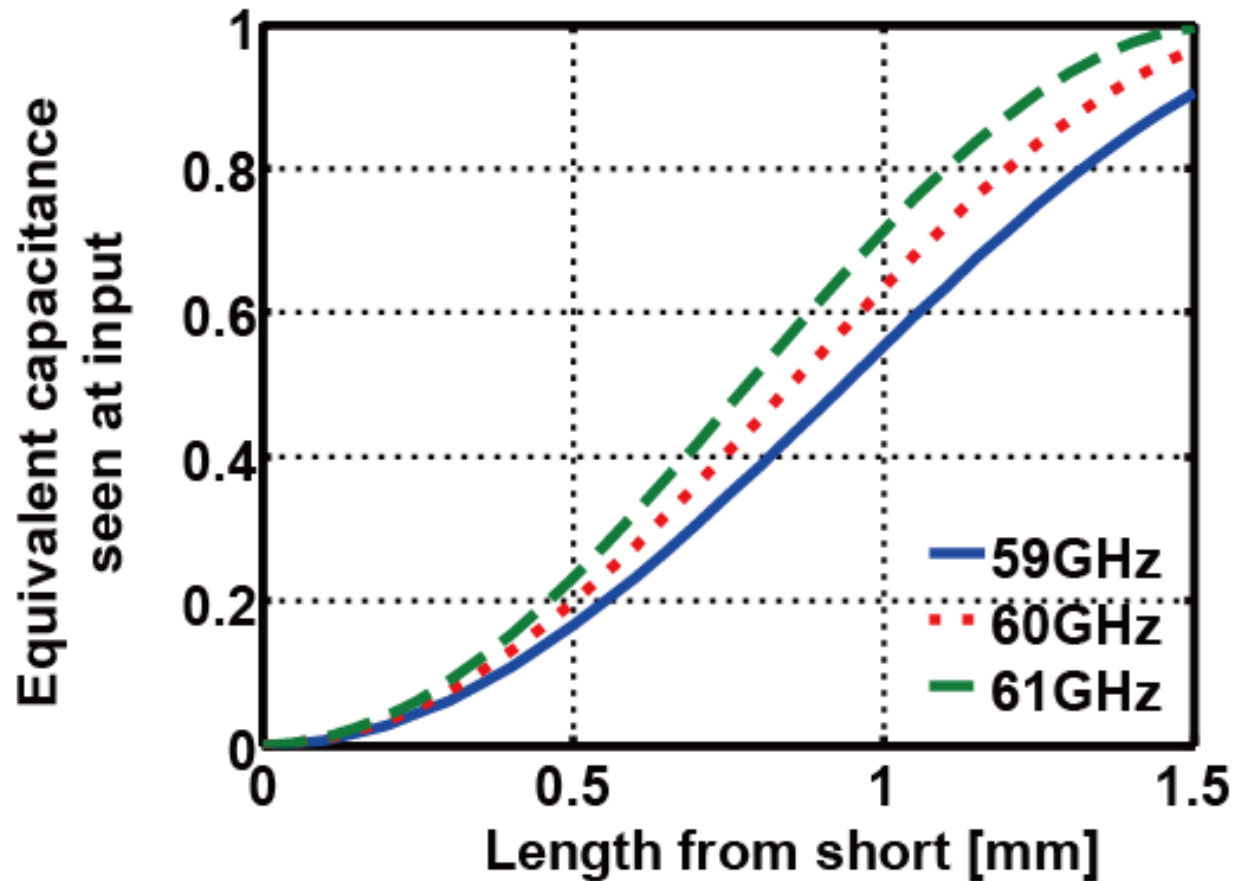
$$C_L' = \frac{C_L}{2} + \left(\frac{C_L}{2}\right) \cdot \sin\left(\frac{\omega}{v_p} \cdot (2 \cdot L_1)\right) \cdot \cot\left(\frac{\omega}{v_p} \cdot L_t\right) - \left(\frac{C_L}{2}\right) \cdot \cos\left(\frac{\omega}{v_p} \cdot (2 \cdot L_1)\right)$$

For $L=L_t/2$ at resonance

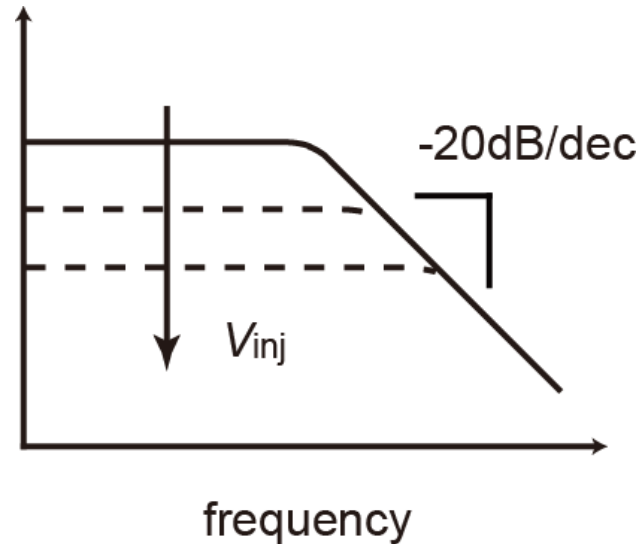
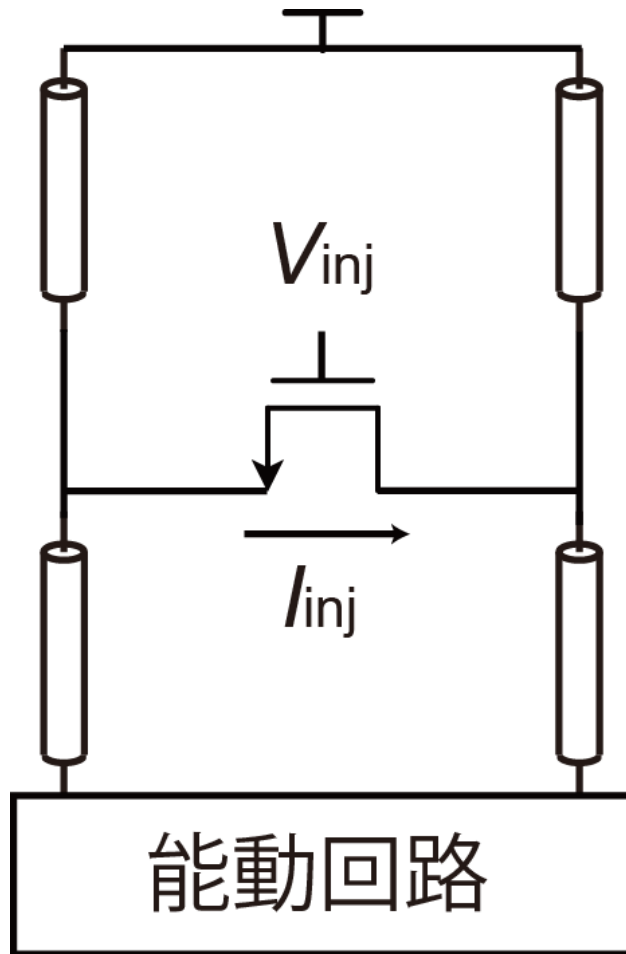
$$C_L' = \frac{C_L}{2}$$

C_L = loading cap

C_L' = equivalent loading cap

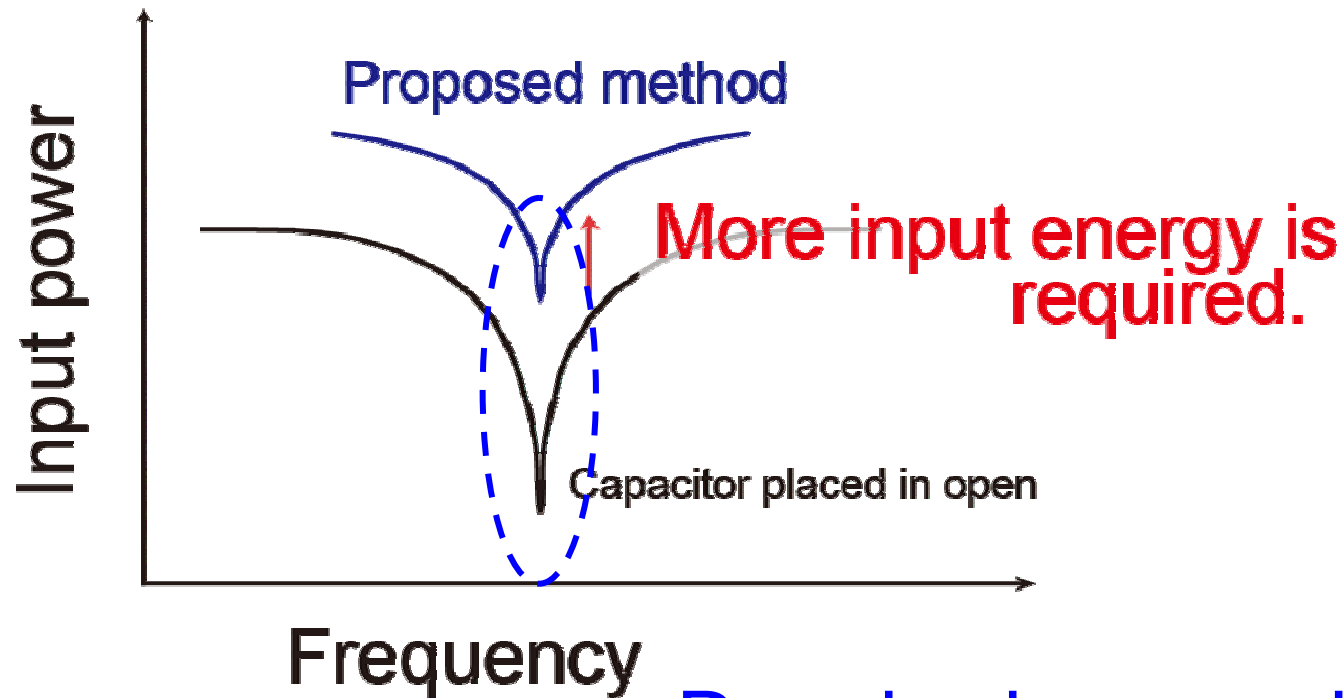


接続位置によりトランジスタの寄生容量を小さくすることができる



$$\Delta\omega = \frac{\omega_0}{2Q} \cdot K \cdot \frac{I_{inj}}{I_{osc}}$$

ILOの位相雑音特性、ロッキングレンジは入力電力に依存.



Required energy is very low.

位相雑音を抑圧するのに必要な入力電力が大きくなる。

ロッキングレンジで注入効率を評価

$$\Delta\omega = \frac{\omega_0}{2Q} \cdot K \cdot \frac{I_{inj}}{I_{osc}}$$

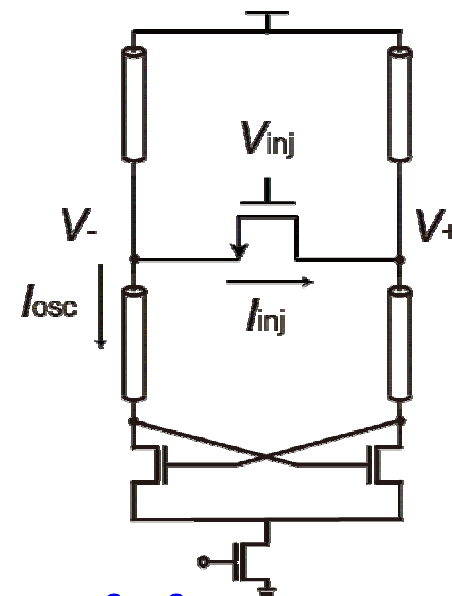
direct injection 方式では注入時のTrは線形領域で動作

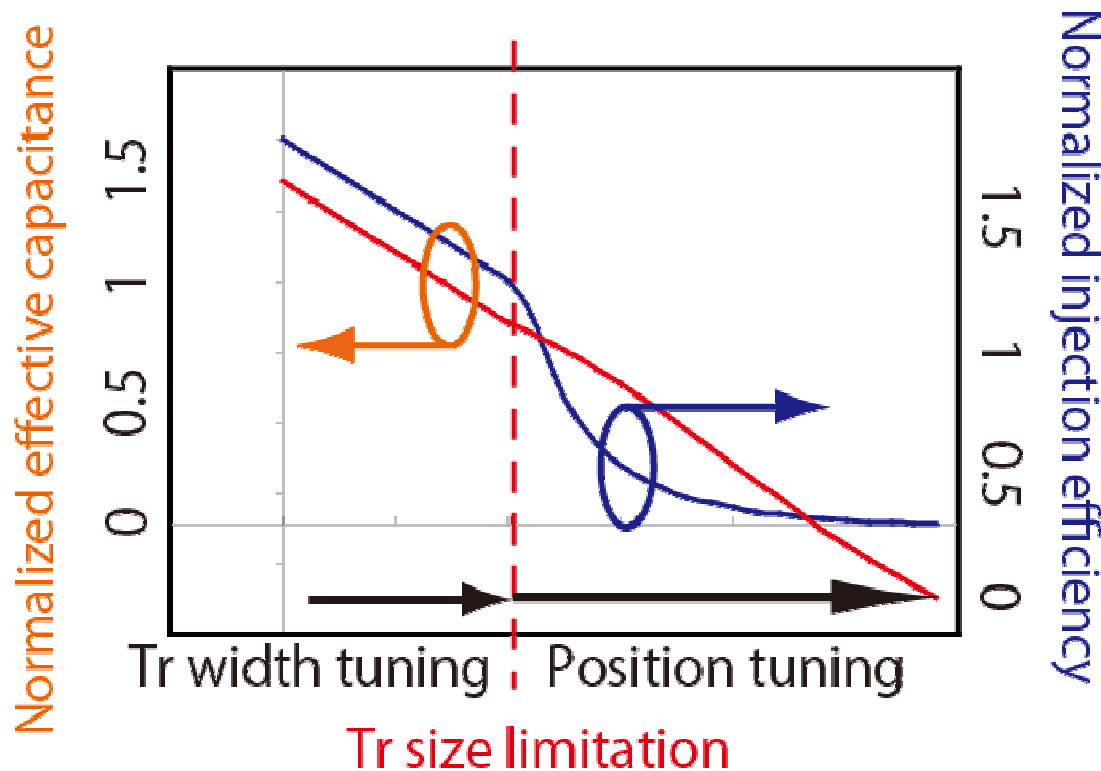
$$I_{inj} = \mu_0 C_{ox} \frac{W}{L} \left\{ (V_{inj} - V_+ - V_{th})(V_- - V_+) - \frac{1}{2} (V_- - V_+)^2 \right\}$$

定在波の定常電流は位置に依存

$$I_{osc} = \frac{V_0}{Z_0} \cos \beta l - j\omega C_0 V_0 \sin \beta l$$

トランジスタのサイズと位置を
変えた場合について検討





Proposed capacitance reduction

トランジスタサイズが最小の場合より、さらに寄生容量の低減が可能になる。

- ミリ波帯PLLの設計上の困難を示し、それを解決するために容量感度スケーリングを用いて寄生容量の影響を低減する手法の提案を行った。
- トランジスタサイズを最小にした場合よりさらに寄生容量を低減することが可能であることをシミュレーションにより示した。

本研究の一部は、総務省委託研究『電波資源拡大のための研究開発』、半導体理工学研究センター、並びに東京大学大規模集積システム設計教育研究センターを通し、日本ケイデンス株式会社およびアジレント・テクノロジー株式会社の協力で行われたものである。