

# 分布定数増幅器を用いた発振器の設計

7308095

瀬川智子

## 1. はじめに

テラヘルツ波とは、電波と光の中間領域に位置する電磁波である。これまでテラヘルツ波は、良い光源がなかったことと、良い検出器がなかったために未開拓と領域されて、あまり利用されてこなかった。しかし、近年技術の発達によって、研究開発が進み注目を集めている。

テラヘルツ波は、物質をよく透過する、物質固有の吸収スペクトルをもつ、X線と比較して波長が長く人体に安全、半導体不純物への感度が高い、水と氷で吸収差があるといった他の電磁波周波数帯にない独特な特徴がある。

そのため、集積回路の欠陥検査、郵便物中の危険物検査、皮膚がんの診断、空港やビルにおける爆弾・セラミックナイフなどの危険物検査、スペースシャトルの外壁タイトルの検査、遮蔽空間内の好感度有毒ガス検出、壁内部の腐食や亀裂などの診断、医薬錠剤の多層コートなどの品質検査、病院で渡される包装屋久の誤成分チェック、薬品工場での異種錠剤混入検査、青果物の品質評価、などへの応用が期待されている[1]。

テラヘルツ波の光源として、レーザーを用いると大型で高価になるが、電子回路を用いれば、小型で低価格で、テラヘルツ波を発生させることができる。従って、電子回路でテラヘルツ波を発生させることを本研究の目的とし、その前段階として発振器の設計を行った。

本稿では、 $0.18\mu\text{m}$  CMOS プロセスを用いた分布定数増幅器を設計し、利得を評価した結果と、設計した分布定数増幅器を帰還させて発振器を設計し、発振周波数を評価した結果の2点を報告する。

## 2. 分布定数増幅器の設計と評価

### 2. 1 分布定数増幅器の原理

分布定数線路はインダクタンス成分と容量成分で構成されている。分布定数増幅器の場合、トランジスタの寄生容量を分布定数線路の容量成分と見なして増幅器を設計することができる。設計の際、トランジスタの分割数を増加させると、遮断周波数が高くなり、理論上、無限の周波数帯域が得られる。

### 2. 2 分布定数増幅器の設計

設計した分布定数増幅器を図1に示す。今回はトランジスタを5つに分割し、分布定数線路を並列に繋げて増幅器を設計した。また、増幅器の自己発振を防ぐため増幅器内にハイパスフ

ィルタを挿入した。

### 2. 3 Sパラメータのシミュレーション諸元

増幅器の利得を評価するため、Sパラメータのシミュレーションを回路設計用ソフトウェア Advanced Design System (以下 ADS) 上で行った。シミュレーション回路は図1、シミュレーション諸元は表1に示す通りである。増幅器の入力と出力にそれぞれSパラメータの測定ポートを接続し、Sパラメータをシミュレーションすることで増幅器の利得( $S_{21}$ )の評価を行った。

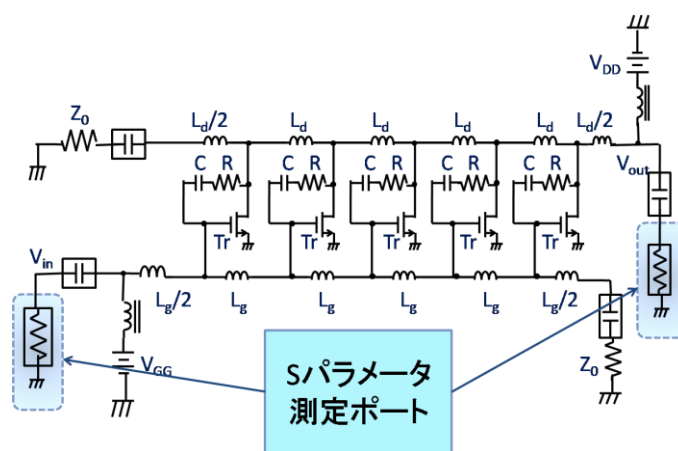


図1 設計した分布定数増幅回路

表1 Sパラメータのシミュレーション諸元

トランジスタ	種類	NMOS
(1個当たり)	ゲート長	$0.18\mu\text{m}$
	ゲート幅	$40\mu\text{m}$
DCバイアス電源	$V_{DD}$	0.9V
	$V_{GG}$	0.9V
Sパラメータ測定ポート	インピーダンス	$50\Omega$
分布定数素子	$L_d$	0.7nH
	$L_g$	0.22nH
	$Z_0$	$50\Omega$
ハイパスフィルタ	R	75 $\Omega$
	C	0.018pF

### 2. 4 シミュレーション結果

シミュレーション結果を図2に示す。図2から、30GHz程度まで広帯域に利得が得られていることが分かる。この結果から、図1の増幅器を用いた発振器を設計した場合、フィルタで選択できる周波数は30GHz以下であることが言える。

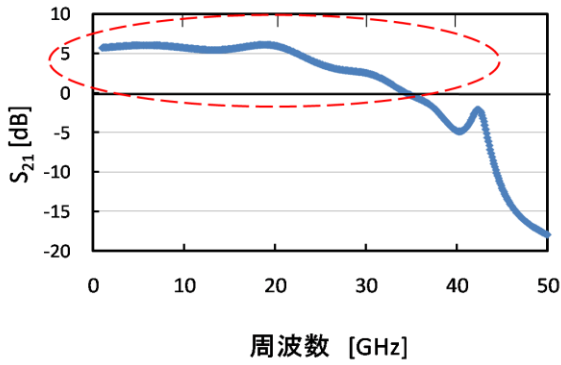


図2 利得( $S_{21}$ )の周波数応答

### 3. 分布定数増幅器を用いた発振器の設計と評価

#### 3.1 発振器の原理

一般に、増幅器の出力の一部を入力に戻した際、正帰還がかかっていると回路は発振する。

分布定数増幅器を用いた発振器の場合、増幅器の利得が非常に広帯域であるため、使用する周波数をフィルタで選択することにより基本波の  $n$  倍の発振周波数を得ることが可能となる。

#### 3.2 分布定数増幅器を用いた発振器の設計

設計した回路を図3に示す。図3の発振回路は図1の増幅器の出力を入力に帰還させることで得られる。帰還させる際、分布定数増幅器の入力と出力の間にバンドパスフィルタを挿入した。

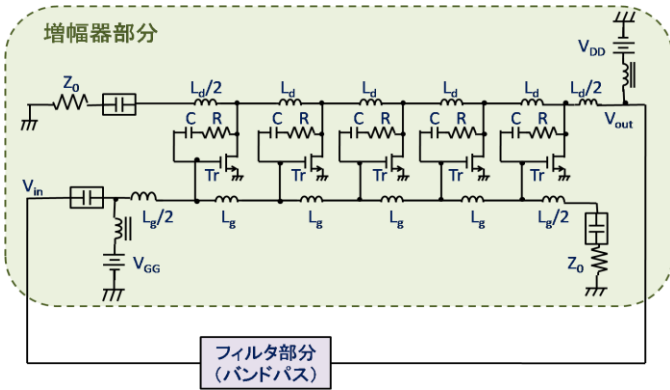


図3 分布定数増幅器を用いた発振回路

#### 3.3 シミュレーション諸元

シミュレーション回路を図3に、シミュレーション諸元を表2、表3に示す。フィルタ部分に ADS 上のバタワースのバンドパスフィルタを用いた。また、結果の表示には、出力電圧  $V_{out}$  の発振波形をフーリエ変換して得られる電圧スペクトルを用いた。

#### 3.4 シミュレーション結果

シミュレーション結果をスペクトル表示したものを図4に示す。図4から、基本波が 10.3GHz、2倍波が 19GHz、3倍波が 27.7GHz と読み取ることが出来る。従って、基本波の2倍、

3倍の発振周波数が得られていることが分かる。

表2 発振回路のシミュレーション諸元 (増幅器部分)

トランジスタ (1個当たり)	種類	NMOS
	ゲート長	0.18 $\mu$ m
	ゲート幅	40 $\mu$ m
DCバイアス電源	$V_{DD}$	0.9V
	$V_{GG}$	0.9V
分布定数素子	$L_d$	0.7nH
	$L_g$	0.22nH
	$Z_0$	50 $\Omega$
ハイパスフィルタ	R	75 $\Omega$
	C	0.018pF

表3 発振回路のシミュレーション諸元 (フィルタ部分)

バンドパスフィルタ(バタワース)		
中心周波数	基本波	10GHz
	2倍波	20GHz
	3倍波	30GHz
3dB周波数帯域幅		5GHz
20dB周波数帯域幅		8GHz

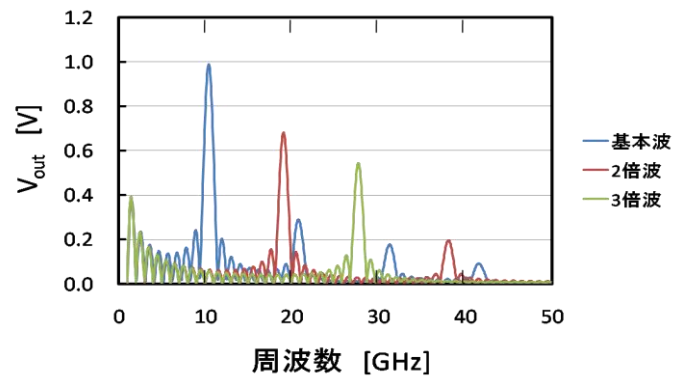


図4 発振波形の電圧スペクトル

### 4. まとめ

本研究では 0.18 $\mu$  m CMOS プロセスを用いた分布定数増幅器を設計し、利得を評価した後、設計した分布定数増幅器を帰還させて発振器を設計し、発振周波数の評価を行った。その結果、増幅器において広帯域の利得が得られた。また、設計した増幅器を用いた発振器では基本波の3倍の周波数が得られた。

今後は、設計回路の改良を行い、増幅器内にハイパスフィルタを挿入しなくても自己発振が生じないようにすること、トランジスタの分割数を増加させ利得の周波数帯域を延ばし、より高い発振周波数を得ること、コルピッツ発振器との比較などを行う。

### 5. 参考文献

- [1] 斗内政吉, “テラヘルツ技術”, オーム社, 2006