

平面アンテナの設計

TDU



授業資料は
<http://www.amplet.co.jp/tdu>
または、
<http://amplet.com/tdu>
からダウンロードできます。

2011年6月25日 改訂

東京電機大学
ユビキタス無線工学
講義資料

工学博士

根日屋 英之

Dr. Hideyuki Nebiya

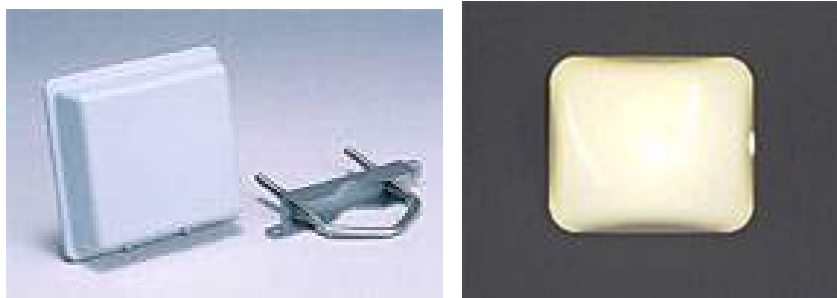
1

平面アンテナの設計

2

代表的な平面アンテナ

TDU



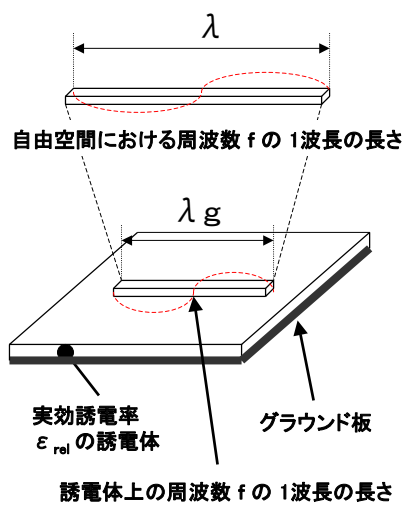
パッチアンテナ

(第一電波工業社ホームページより転載)

3

誘電体による波長短縮

TDU



$$\lambda_g = \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_{rel}}}$$

λ_g : 誘電体により波長短縮された周波数 f の 1 波長の長さ

λ : 自由空間における周波数 f の 1 波長の長さ

ϵ_{rel} : 実効誘電率

4

誘電体による小形化

TDU

誘電率 :

$$\varepsilon = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0$$

ここで,

$$\begin{cases} \varepsilon: \text{誘電率} \\ \varepsilon_r: \text{比誘電率} \\ \varepsilon_0: \text{真空の誘電率} \end{cases}$$

誘電損失を伴うときは :

$$\varepsilon_r = \varepsilon_r' - i\varepsilon_r''$$

と誘電率を複素数で表す。
このとき,

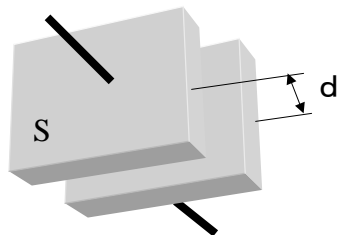
$$\tan \delta = \frac{\varepsilon_r''}{\varepsilon_r'}$$

を誘電正接という。

5

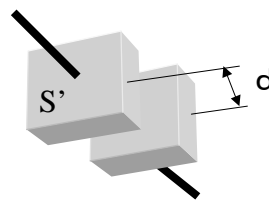
静電容量とは

TDU



$$C = \varepsilon_0 \frac{S}{d}$$

$$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-14} (F/cm)$$

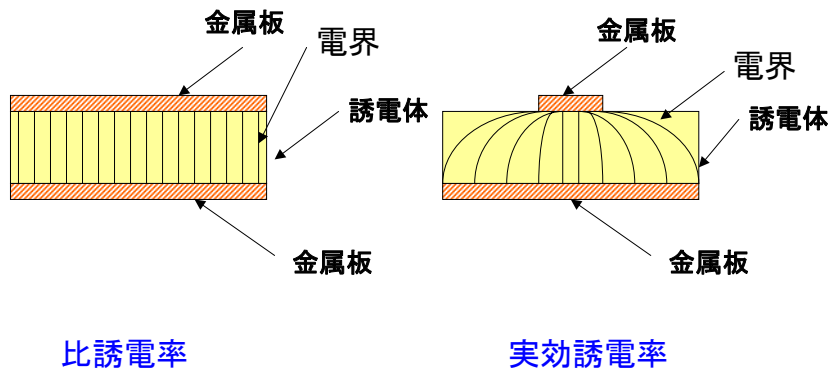


$$C = \varepsilon_r \varepsilon_0 \frac{S'}{d} = \varepsilon \frac{S'}{d}$$

6

比誘電率と実効誘電率

TDU



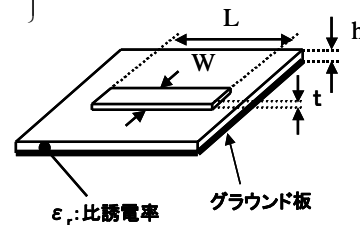
7

比誘電率から実効誘電率を計算する

AMPLET

実効誘電率 ϵ_{rel} と 比誘電率 ϵ_r の関係式(実験式)

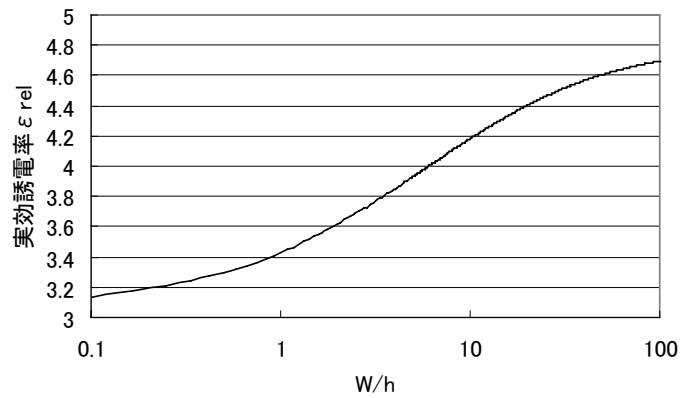
$$\left\{ \begin{array}{l} W/h < 1 \text{ のとき} \\ \\ W/h \geq 1 \text{ のとき} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \epsilon_{rel} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left\{ \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{W}}} + 0.04 \left(1 - \frac{W}{h} \right)^2 \right\} \\ \\ \epsilon_{rel} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left\{ \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{W}}} \right\} \end{array} \right.$$



8

比誘電率と実効誘電率の変換グラフ

TDU



比誘電率 $\epsilon_r = 4.8$

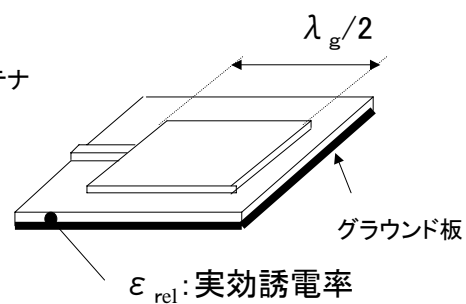
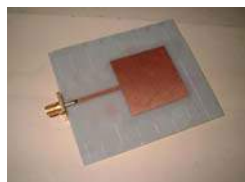
9

パッチアンテナの設計事例

TDU

マイクロストリップラインに相性のよい パッチアンテナ

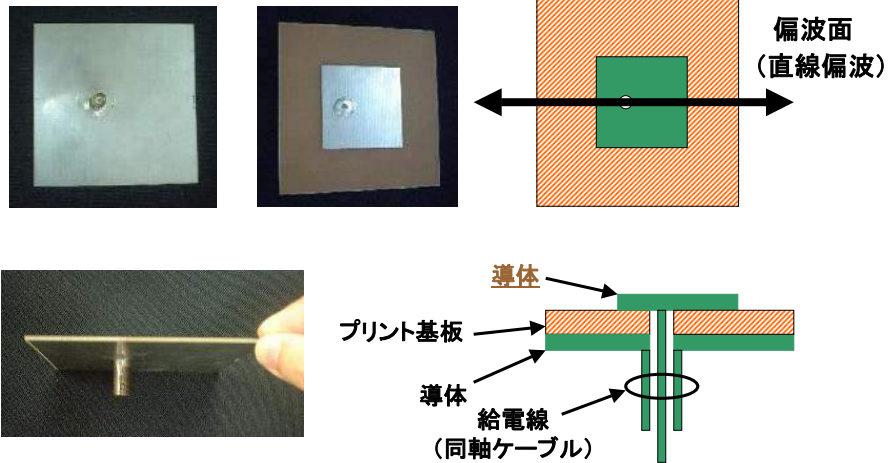
薄くて小形で高利得な平面アンテナ



10

パッチアンテナとは

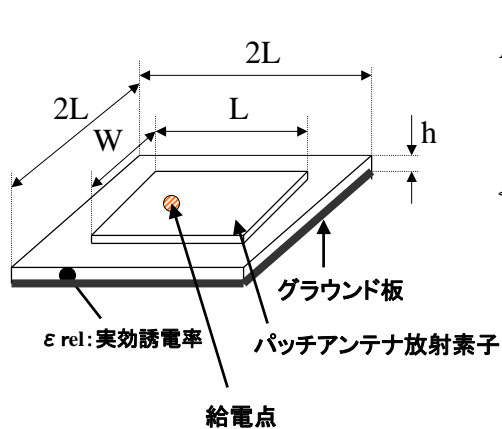
TDU



11

具体的な平面アンテナの設計事例

TDU



$$L = W = \frac{\lambda}{2\sqrt{\epsilon_{rel}}}$$

λ : 自由空間での波長
 122mm @ 2.45GHz
 ϵ_{rel} : 実効誘電率

$h=1.2\text{mm}$ のガラス
 エポキシ基板の
 比誘電率 $\epsilon_r: 4.8$
 $\epsilon_r \doteq \epsilon_{rel}$ と考えると,
 $W=27.8\text{mm}$
 $W/h=23.2$

12

パッチアンテナの具体的な設計例

TDU

給電点インピーダンスが50Ωの2.45GHz用方形パッチアンテナの設計の手順

(1) 真空中の2.45GHzの1波長λの長さ $\lambda = \frac{\text{光速}}{\text{周波数}} = \frac{3 \times 10^8}{2450 \times 10^6} = 0.122[m]$

(2) Lの値を概略で決めるため、 $L = W = \frac{\lambda}{2\sqrt{\epsilon_{rel}}}$ において、実効誘電率 ϵ_{rel}

の代わりに比誘電率 ϵ_r を用いて計算する。ここで、使用するプリント基板に厚さ $h = 1.2\text{mm}$ のガラスエポキシ基板(比誘電率は $\epsilon_r = 4.8$) を用いると、 $L(=W)$ は以下の値となる。

$$L = W \approx \frac{\lambda}{2\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{0.122}{2\sqrt{4.8}} = 0.0278[m]$$

13

パッチアンテナの具体的な設計例

TDU

ここで、実効誘電率 ϵ_{rel} を求めるために、 W/h を計算すると、 $W/h = 27.8/1.2 \doteq 23.2$ となる。

この値から、128ページの式を用いて実効誘電率 ϵ_{rel} を求めると、 $\epsilon_{rel} \doteq 4.44$ を得る。

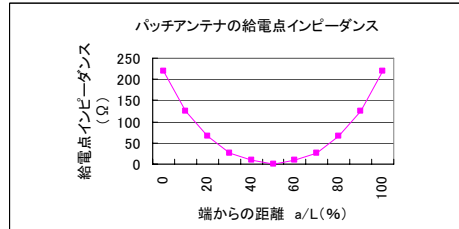
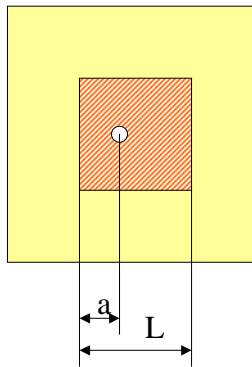
この $\epsilon_{rel} \doteq 4.44$ の値を前ページの $\epsilon_r = 4.8$ の代入して、再度、 L を計算する。...

この計算を数回繰り返して L の値の精度を高めてゆく。

14

パッチアンテナの具体的な設計例

TDU

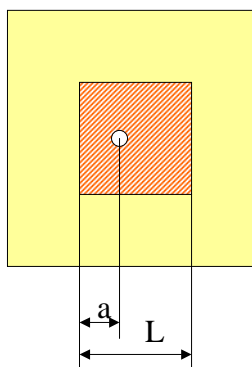


給電点インピーダンスを50Ωにするには、上記、実測カーブから $a/L \doteq 24\%$

15

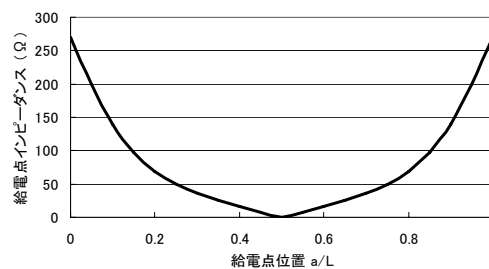
給電点インピーダンスを求める式

TDU



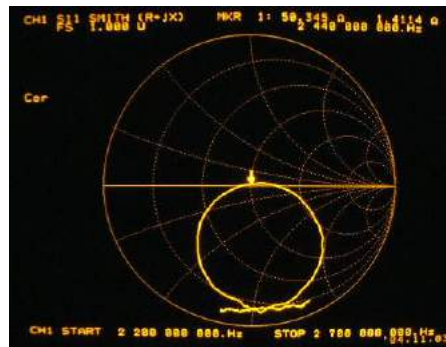
給電点インピーダンス $Z_{feed} = 50\Omega$ を、以下の式 ($0.15 < a/L < 0.85$ の範囲で) より求めると、 $\epsilon_r = 4.8$ のときには、 $a/L \doteq 0.25$ となる。

$$Z_{feed} = 50 \left| \tan \left(\frac{a}{L} - \frac{1}{2} \right) \pi \right| \quad [\Omega]$$



試作アンテナの実測データ

TDU

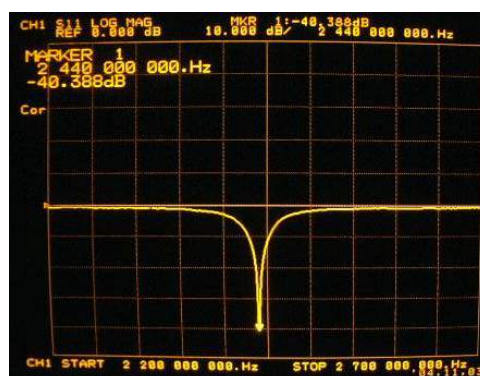


インピーダンス特性

17

試作アンテナの実測データ

TDU

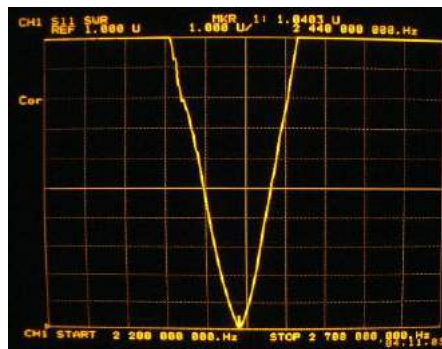


リターンロス特性

18

試作アンテナの実測データ

TDU

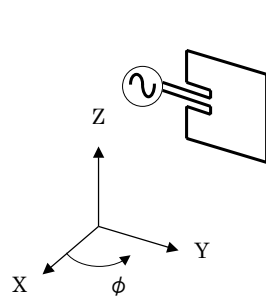


VSWR特性

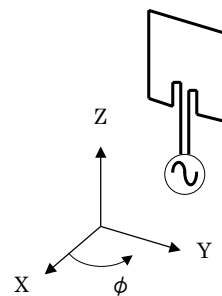
19

試作アンテナの実測データ

TDU



水平偏波の座標系



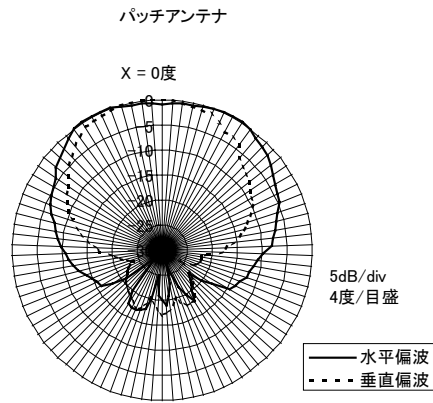
垂直偏波の座標系

放射パターンを測定したときの座標系

20

試作アンテナの実測データ

TDU

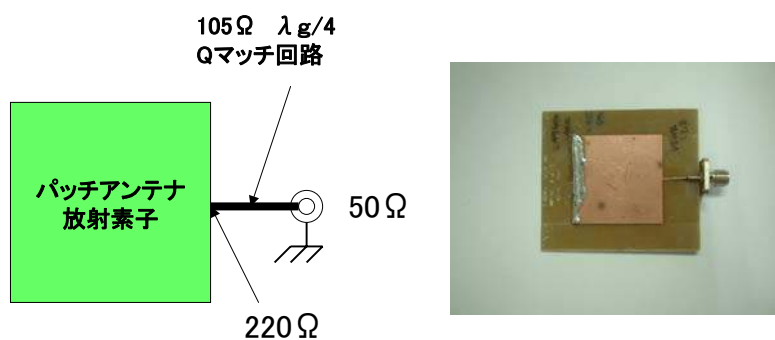


水平面内の放射指向特性

21

パッチアンテナ給電点方法 (その1)

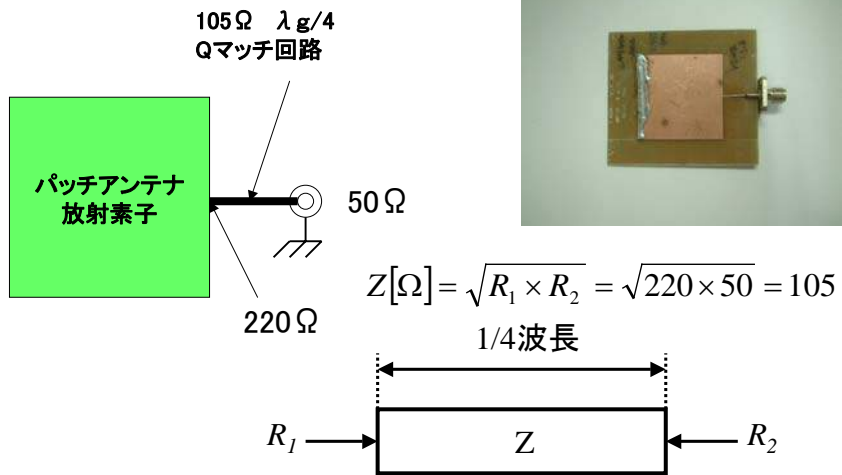
TDU



22

パッチアンテナ給電点方法 (その1)

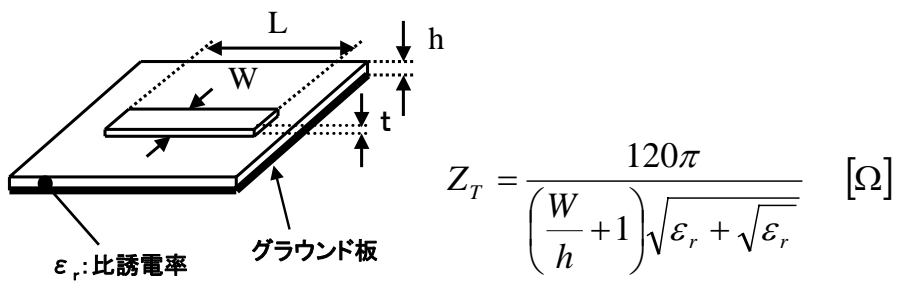
TDU



23

パッチアンテナ給電点方法 (その1)

TDU

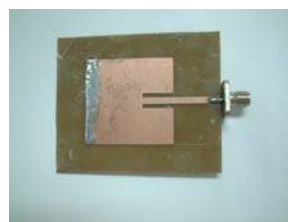
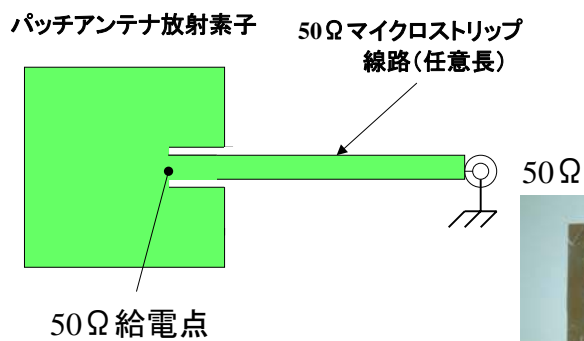


マイクロストリップ線路の
特性インピーダンス

24

パッチアンテナ給電点方法 (その2)

TDU

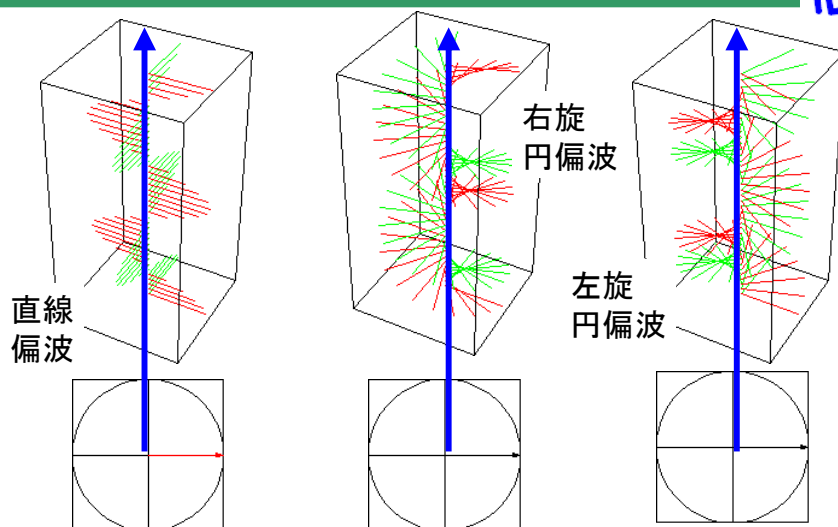


25

パッチアンテナ円偏波の発生方法

アニメーションは、<http://www-antenna.pe.titech.ac.jp/~hira/hobby/edu/em/polarization/index-j.html> より転載

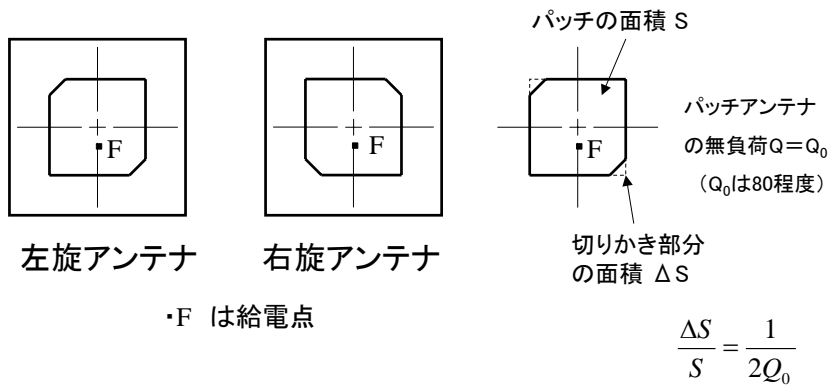
TDU



26

パッチアンテナ円偏波の発生方法

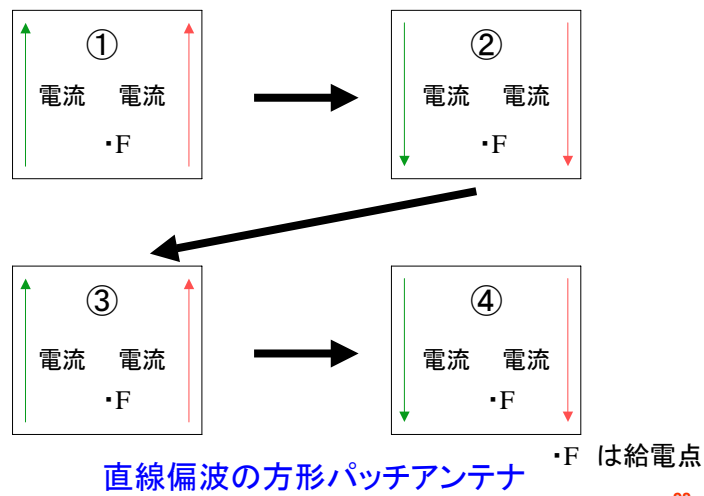
TDU



27

パッチアンテナ円偏波の発生方法

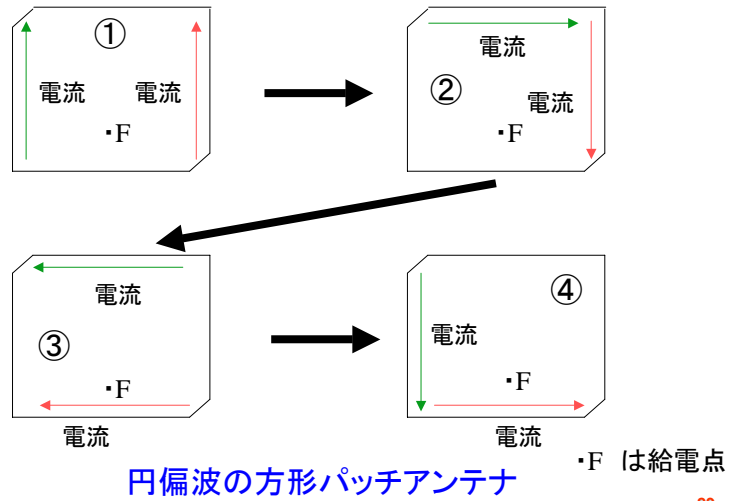
TDU



28

パッチアンテナ円偏波の発生方法

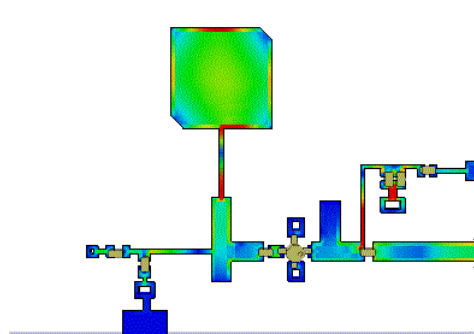
TDU



29

パッチアンテナ円偏波の発生方法

TDU



円偏波の方形パッチアンテナ

アニメーションは、http://www.melinc.co.jp/Japanese/main_fi6.html より転載

30

パッチアンテナの絶対利得

TDU

比誘電率 ϵ_r	指向性利得 Gd [dBi]	プリント基板材質
1	約+10dBi	空気
2.3	約+7dBi	デュロイド
2.55	約+6.7dBi	テフロンファイバーガラス
4.8	約+6dBi	ガラスエポキシ
6.8	約+5.6dBi	ベリリア
10	約+5.3dBi	アルミナ

31