

## Rezistoare MMIC

### Introducere

Rezistoarele în Plessey Foundry sunt fabricate prin implantare ionic a GaAs. Rezistivitatea este 300/sq care combinată cu regulile de layout conduce la valori de rezistență între 10Ω și 10KΩ. Acest interval normal este suficient pentru cele mai multe aplicații de microunde.

### Rezistoare Mesa

În fig.1 se prezintă două tipuri de rezistoare mesa.

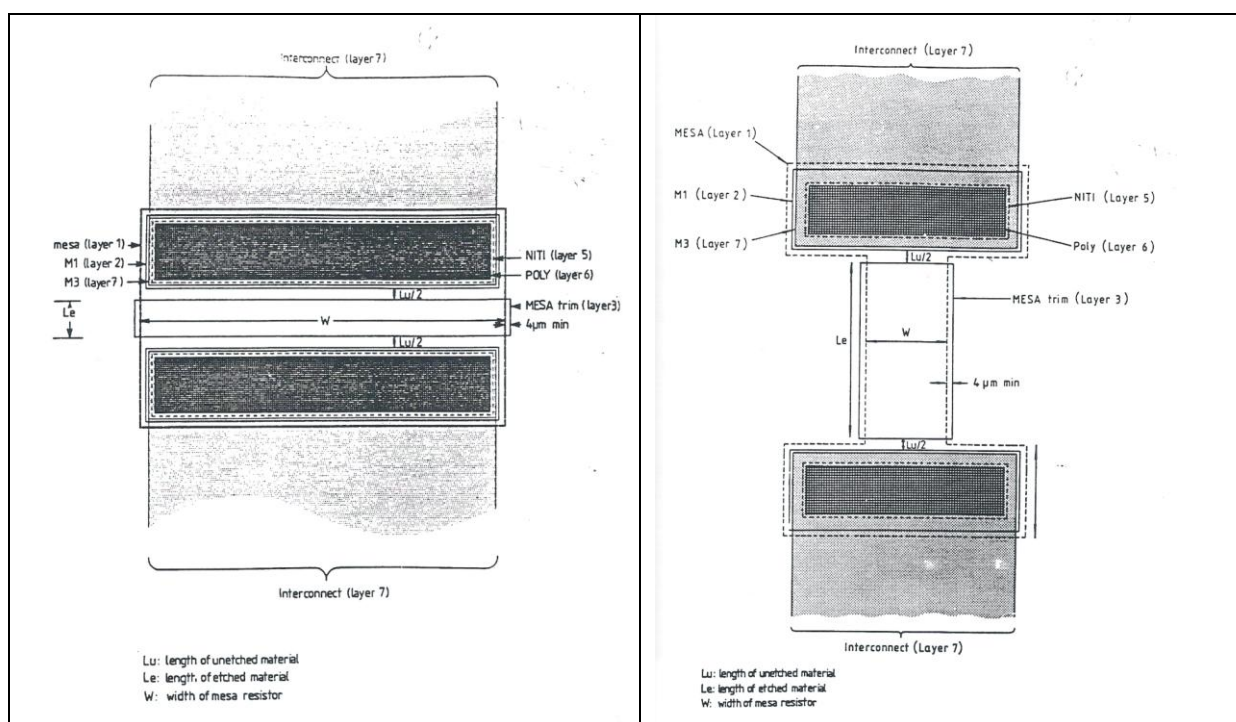


Fig.1. rezistoare mesa

Aria activă a rezistoarelor mesa este definită în layer 1. Contactele ohmice sunt formate pe fiecare capăt în layer 2 (M1). Contactele sunt făcute în M3 prin treceri în poliimid și nitru de siliciu.

### Caracteristici de c.c.

Rezistoarele mesa sunt liniare doar la tensiuni mici. Caracteristicile I-V ale unui rezistor mesa sunt prezentate în fig.2. Aceasta caracteristică devine neliniară la tensiuni mari. Din acest motiv se indică o tensiune maximă în loc să se specifice o densitate maximă de curent. Aceasta tensiune maximă este dependentă de lungime. Empiric, din considerente de liniaritate, lungimea minimă a unui rezistor este dată de :

$$L_{e\min} = 4V^2 (\mu m) \quad (1.1)$$

Unde V este căderea de tensiune în lungul rezistorului.

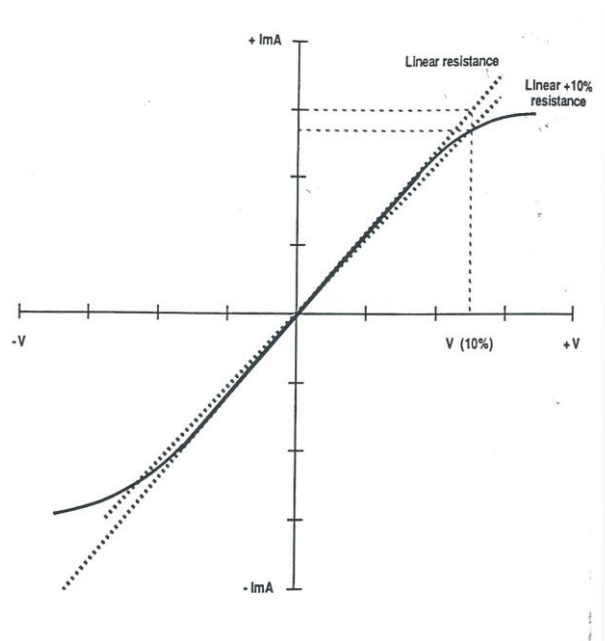


Fig.2. Caracteristica rezistorului mesa

Rezistența de c.c. a unui rezistor mesa consta din suma a trei termeni :

- Partea gravată a rezistorului,  $L_e$ ,  $300\Omega/\text{sq}$
- Partea negravată a rezistorului,  $L_u$ ,  $180\Omega/\text{sq}$
- Rezistența de contact,  $1080\Omega/\text{sq}$

Acest lucru este ilustrat în fig.3.

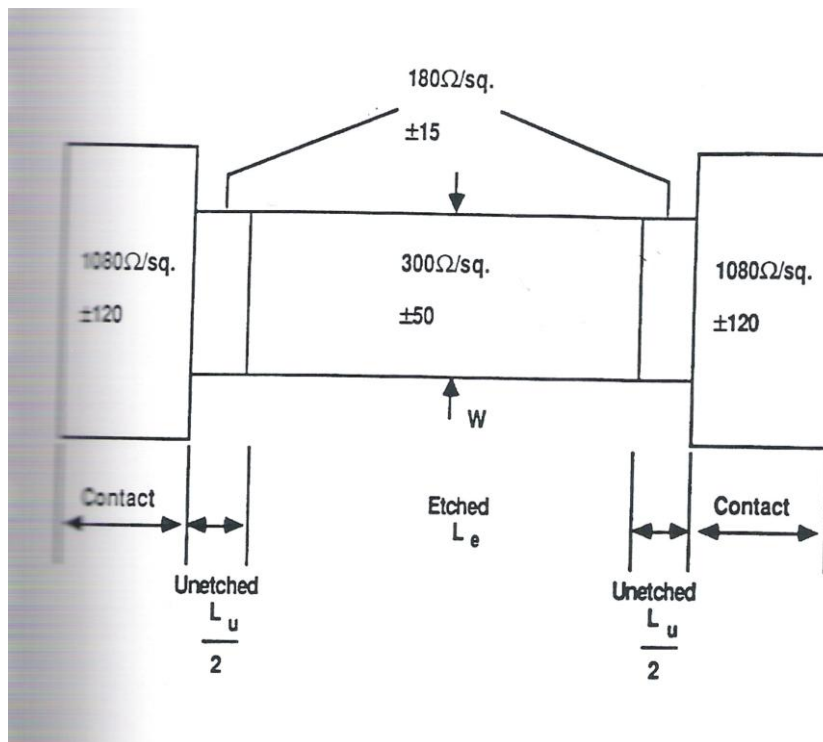


Fig.3 Layout a unui rezistor mesa

Rezistența de c.c. este legată de lungimea și lățimea rezistorului prin relația :

$$R_{cc} = \frac{300L_e + 180L_u + 1080}{W - \Delta W} \quad (1.2)$$

Unde  $W$ ,  $\Delta W$ ,  $L_e$  și  $L_u$  sunt în microni,  $R_{cc}$  în  $\Omega$ ,  $\Delta W$  este factorul de corectie al lățimii ( $0.8\mu\text{m}$  pentru rezistoare paralele cu direcția porții FET și  $0\mu\text{m}$  pentru rezistoare perpendiculare pe direcția porții FET, vezi fig.4).

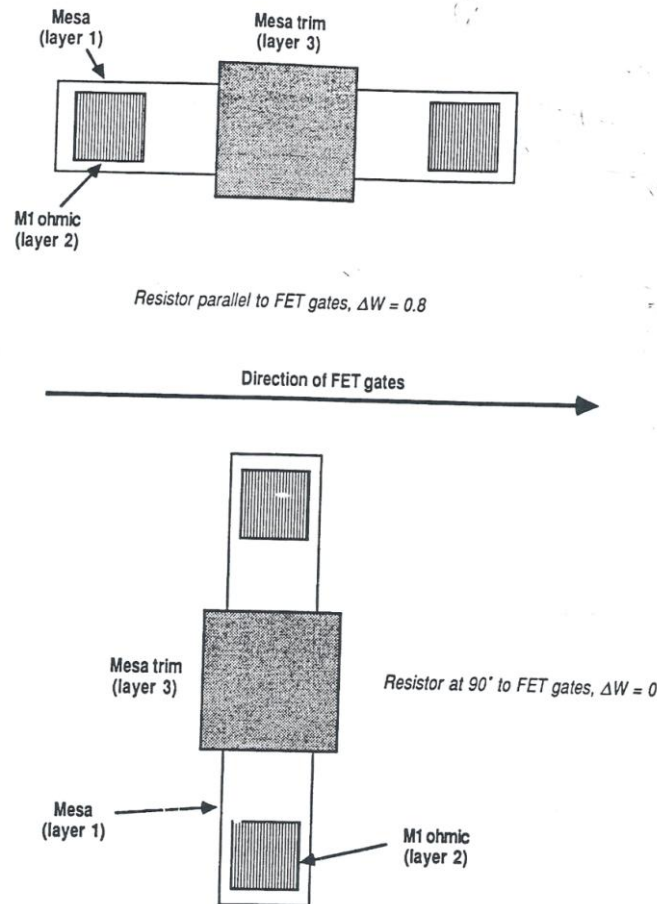


Fig.4. Dependența de orientare a rezistorului mesa

Rezistoarele de valori mici (mai mici de  $40\Omega$ ) sunt cel mai bine realizate fixând  $L_e$  egal cu zero. Aceste rezistoare se numesc rezistoare negravate (unetched), singura contribuție la rezistența de c.c. venind de la termenii (2) și (3) de mai sus.

### Modelul electric

Modelul electric al rezistorului este prezentat în fig.5 și este valabil până la 20 GHz. Rezistența de c.c. are o dependență de frecvență dată de relația :

$$R_f = R_{cc} (1 + 0.013 \cdot \text{FREQ}) \quad (1.3)$$

Unde  $R_{cc}$  este rezistența de c.c., în  $\Omega$ , iar  $FREQ$  este frecvența în GHz.

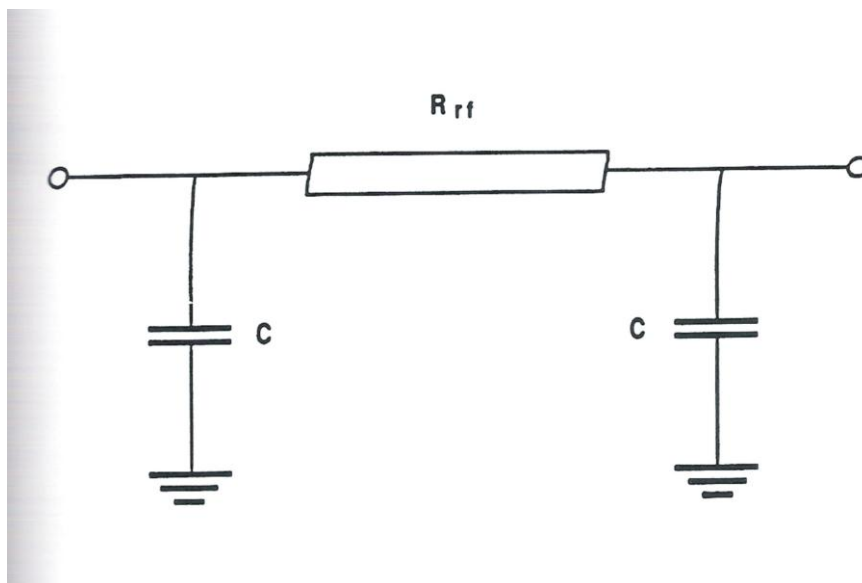


Fig.5 Modelul electric al rezistorului mesa MMIC

Capacitatea paralelă spre masă este dată de relația :

$$C = \frac{l\sqrt{\epsilon_{eff}}}{6cZ_0} (F) \quad (1.4)$$

Unde  $c$  este viteza luminii în vid,  $l$  este în m și  $\epsilon_{eff}$  și  $Z_0$  sunt obținuți din ecuațiile liniilor de transmisie realizate pe M3.

Coeficientul de temperatură al rezistorului este de 2100 ppm/°C.

### Exemple de proiectare

#### Exemplul 1

Proiectați un rezistor de 500 $\Omega$  pentru a fi folosit într-un amplificator pe 3 GHz. Rezistorul trebuie să treacă 10 mA.

Soluție

Căderea de tensiune pe rezistor este 5V. Deci :

$$L_{e_{min}} = 4 \times 5^2 = 100 \mu m$$

Rezistența de c.c. necesară pentru a obține o rezistență de rf de 500 $\Omega$  la 3 GHz este :

$$R_{cc} = \frac{500}{1 + (0.013 \times 3)} = 481 \Omega$$

Considerînd acum lungimea negravată minimă ( $L_u$ ) de  $12\mu m$  și considerînd  $\Delta W = 0$ , lățimea rezistorului va fi dată de

$$W = \frac{(300 \times 100) + (180 \times 12) + 1080}{481} = 69\mu m$$

Deci:  $W = 69\mu m$ ,  $L_e = 100\mu m$ ,  $L_u = 12\mu m$ .

### Exemplul 2

Proiectați un rezistor de  $10k\Omega$ , de dimensiuni mici, pentru a fi utilizat la polarizarea portii unui FET dintr-un amplificator pe  $10\text{ GHz}$ .

### Soluție

Deoarece în acest caz există o cădere de tensiune neglijabilă pe rezistor, în acest caz nu există o cerință de lungime minimă a rezistorului. Pentru a menține componenta cu dimensiuni fizice cât mai mici, considerăm lățimea minimă de  $10\mu m$ .

Rezistența de c.c. este dată de

$$R_{cc} = \frac{10000}{1 + (0.013 \times 3)} = 8850\Omega$$

Cu lățimea  $W = 10\mu m$ ,  $L_u = 12\mu m$  și  $\Delta W = 0$  putem rezolva pentru  $L_e$ :

$$L_e = \frac{(W - \Delta W)R_{cc} - 180L_u - 1080}{300} = 284\mu m$$

Deci:  $W = 10\mu m$ ,  $L_e = 284\mu m$ ,  $L_u = 12\mu m$ .

### Date despre toleranță

Toleranța procesului pentru rezistoarele mesa este suma toleranțelor rezistivității celor trei părți ale rezistorului. Rezistivitatea părții gravate este  $300 \pm 50\Omega/sq$ . Rezistivitatea părții negravate este  $180 \pm 15\Omega/sq$ , iar rezistivitatea rezistenței contactelor este  $1080 \pm 120\Omega/sq$ .

Toleranța rezistorului poate fi calculată prin relația:

$$R_{cc} = \frac{(300 \pm 50)L_e + (180 \pm 15)L_u + (1080 \pm 120)}{W - \Delta W} \quad (1.5)$$

Toate rezistoarele de pe un wafer se vor deplasa uniform, adică ele vor fi toate mai mari sau toate mai mici.