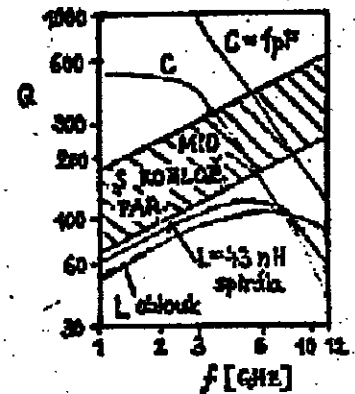
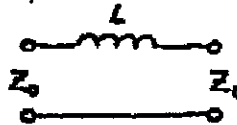
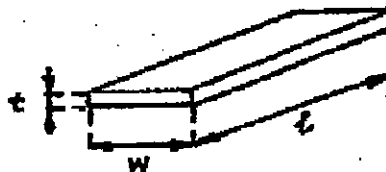


LNB. P. HAJCIAR - emp-centauri

MIQ SE SOUSTŘEDĚNÝMI PARAMETRY fax: 0186 24367 ³⁵Podmínkou je dosažení velmi malých rozměrů $l \ll \lambda_g$ (aspoň o 1 řád) !

- Výhody:
- vysoký stupeň miniaturizace a integrace
 - malá váha obvodů
 - dobrá reprodukovatelnost a vysoká sériovost výrobky, nízká cena
 - vysoká spolehlivost
 - poměrně velká širokopásmovost (elektrické vlastnosti se neopakuji periodicky s kmitočtem)

- Nevýhody:
- značné ztráty v obvodu, poměrně nízké Q
 - omezenost pracovního pásma kmitočtů skora (dosažitelnost malých rozměrů, klesající Q , změna charakteru prvku)

INDUKTORYSÉRIOVÝ INDUKTOR1. PLOCHÝ PÁSEK VE VOLNÉM PROSTORU

$$L = 0,2 \cdot l \cdot \left(\ln \frac{2l}{w+t} + \frac{w+t}{3l} + 0,50049 \right) \quad [\text{nH}; \text{mm}]$$

$$R = \frac{1}{\sigma_v} \cdot \frac{l}{\delta \cdot s} = \frac{1}{\sigma_v} \cdot \frac{l}{\delta \cdot 2(w+t)} = R_s \cdot \frac{l}{2(w+t)}$$

Platí při $w \gg t$
 $t \gg \delta$

Používá se pro $L \leq 2 \text{ nH}$, lze dosáhnout $Q \approx 100$, pokud $l/w \leq 15$. Na vysokých kmitočtech indukčnost L klesá o 6 + 10% vlivem povrchového jevu.

BRO. SVAČINA Jiří, MIKROVLNNE INTEGROVANE OBVODY

SKRIPTA P63, BRNO 1988, VUT fak. elektro

Hloubka vniku $\delta = \sqrt{\frac{z}{\omega \mu \cdot \sigma}}$

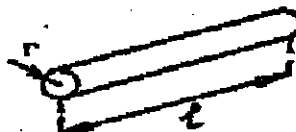
Povrchový vf. odpor $R_s = \frac{1}{\sigma \delta} = \sqrt{\frac{\omega \mu}{2 \sigma}}$

Vlivem potavení opačné strany substrátu se skutečná hodnota indukčnosti zvětšuje. Je-li výška substrátu $h > (10 \div 20) \cdot w$, lze tento jev zanedbat. Rovněž vzdálenost od sousední dráhy (např. vedení) musí být $s > 4 \cdot w$, aby tyto prvky měnily vliv na velikost indukčnosti.

2. VODIČ KRUHOVÉHO PRŮŘEZU VE VOLNÉM PROSTORU

$$L = 0,2l \cdot \left(\ln \frac{2l}{r} - 1 \right) \quad [\text{nH}; \text{mm}]$$

$$R = R_s \cdot \frac{l}{2\pi r}$$

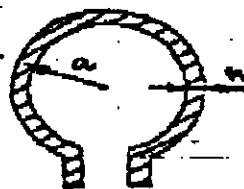


Má-li být $Q \approx 100$, je $L \leq 2 + 3 \text{ nH}$ a $l/2r \leq 10$.

3. OBLOUK (KRUHOVÁ SMYČKA)

$$L = 0,2l \cdot \left(\ln \frac{l}{w+t} - 1,76 \right) \quad [\text{nH}; \text{mm}]$$

$$R = \frac{1}{\sigma \delta} \cdot \frac{l}{2 \cdot (w+t)} = R_s \cdot \frac{\pi a}{w+t}$$



$$l = 2\pi a$$

Platí při $2a/w \geq 5$.

Indukčnost oblouku je menší než L stejně dlouhého přímého vodiče (vliv vzájemné indukčnosti protilehlých úseků smyčky).

4. KRUHOVÁ SPIRÁLA

$$L = 5 \cdot \frac{(D+d)^2 \cdot n^2}{15D - 7d} \quad [nH; \text{mm}]$$

$$D = d + 2n(w+s) + w - s$$

Platí při: $n > 1$

$$D > 1,2d$$

$$t > 3s$$

n ... počet závitů spirály

$$\text{Ztrátový odpor } R = R_s \cdot \frac{2\pi r_s \cdot n}{2(w+t)} = R_s \cdot \frac{\pi n (D+d)}{4(w+t)}$$

$$\text{Činitel jakosti } Q_0 = \frac{\omega L}{R} = \frac{20 \omega (w+t)}{\pi R_s} \cdot \frac{n(D+d)}{15D - 7d}$$

Maximální hodnota Q_0 nastává při $D = 5d$

NÁVRH pro $Q_{0\text{max}}$: $D = \frac{17}{9} \cdot \frac{L}{n^2}$

$$2n(w+s) + w - s = \frac{4}{5} D \rightarrow w, s$$

$$d = \frac{D}{5}$$

TYPICKÉ HODNOTY: $L \approx 1 \div 100 \text{ nH}$ $Q_0 \approx 100$

Při návrhu je nutno uvážit:

1. $D \ll \lambda_g \rightarrow$ soustředěnost parametrů

2. Pro velké Q_0 při konstantní L ud. být D malé a w velké
(široký páspek) \rightarrow malá šířka mezery $s \rightarrow$ větší kapacita

mezi závitů spirály \rightarrow vlastní rezonance spirálového induktoru
 \rightarrow omezení pracovního kmitočtu šlona.

3. Na mikrovlnných kmitočtech je skutečná indukčnost porovnatelná s kapacitou C_0 indukce \rightarrow vliv blízkosti sousedních závitů spirály (roste R , klesá Q_0), vliv spojení pokovené strany substrátu.

4. Vývod středního vodiče spirály: - vodivý materiál izolovaný dielektrickou fólií -
 - v zduchování místkem

5. KVADRATICKÁ SPIRÁLA

$$L = 6 \cdot \frac{(D+d)^2 \cdot n^2}{15D - 7d} \quad [nH; mm]$$

$$D = d + 2n(w+s) + w - s$$

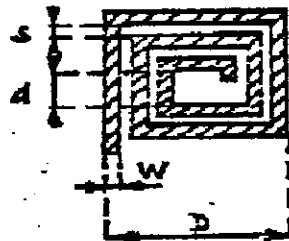
n ... počet závitů spirály

$$Q_{0max} \text{ nastává při } D = 5d \rightarrow D = \frac{25}{54} \cdot \frac{L}{n^2} = 4,574 \cdot \frac{L}{n^2}$$

Výhoda: o 20% větší indukčnost než stejně velká kruhová spirála

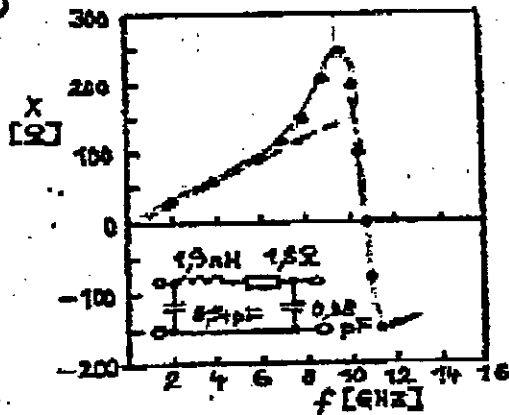
Nevýhoda: asi o 10% menší Q_0 než kruhová spirála

Typické použití: vř. tlumičky s velkou hodnotou L



SOUSTŘEDĚNOST PARAMETRŮ JEN DO URČITÉHO KMITOČTU

Kvadratický spirálový induktor
 19 nH =
 Plocha spirály 0,4 x 0,4 mm
 Šířka pásů w = 10 μm, mezera
 mezi úseči s = 10 μm,
 n = 10 závitů

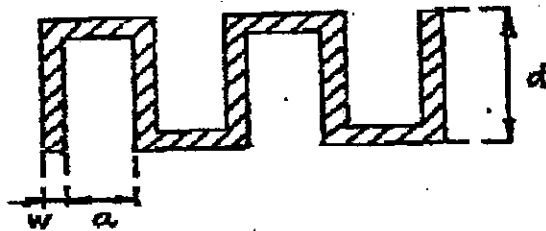


Nad 10 GHz se chová jako kapacitor !

6. MEANDR

$$L = 0,1d \left[4n \cdot \ln \frac{2(a+w)}{w} - K_n \right]$$

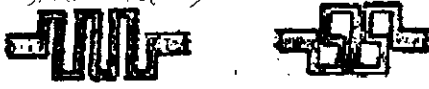
[nH; mm]



n.... počet úsečí délky d

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_n	2,76	3,92	6,22	7,60	9,70	13,92	13,38	14,92	16,86

Handwritten notes below the table: $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$, $\frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} = \frac{1}{9}$, $\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$, $\frac{1}{5} \cdot \frac{1}{5} = \frac{1}{25}$, $\frac{1}{6} \cdot \frac{1}{6} = \frac{1}{36}$, $\frac{1}{7} \cdot \frac{1}{7} = \frac{1}{49}$, $\frac{1}{8} \cdot \frac{1}{8} = \frac{1}{64}$, $\frac{1}{9} \cdot \frac{1}{9} = \frac{1}{81}$, $\frac{1}{10} \cdot \frac{1}{10} = \frac{1}{100}$



Meandrové vedení. Vedení S