

このPDFは、CQ出版社発売の「実用マイクロ波技術講座-理論と実際- 第4巻」の一部の見本です。
内容・購入方法などにつきましては是非以下のホームページをご覧ください。
<http://www.cqpub.co.jp/hanbai/books/79/79741.htm>

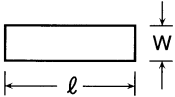
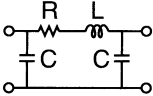
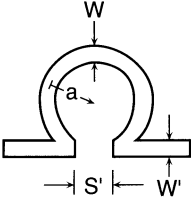
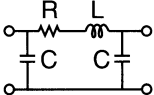
資料

11 集中定数素子の定数

[1] インダクター (集積回路用)

構造と設計公式及び文献を表1にまとめた。

図1 集積回路に用いるインダクターの構造とインダクタンス及びQ値

構造	等価回路と定数	文献
直線リボン状 	 $L \text{ (nH)} = 2 \times 10^{-4} l \left[\ln \left(\frac{l}{W+t} \right) + 1.193 + 0.2235 \frac{W+t}{l} \right] \cdot K_g \quad (1-a)$ $R \text{ (}\Omega\text{)} = \frac{K R_s l}{2(W+t)} \quad (1-b)$ $Q = 2.15 \times 10^3 \frac{L \text{ (nH)}}{K} \frac{W+t}{\ell} \sqrt{\frac{\rho \text{ (Cu)}}{\rho}} \cdot \sqrt{\frac{f \text{ (GHz)}}{2}} \quad (1-c)$ [ℓ は μm、t は導体の厚さ]	[1] [3] [2]
コイル状 	 $L \text{ (nH)} = 1.257 \times 10^{-3} a \left[\ln \left(\frac{a}{W+t} \right) + 0.078 \right] \cdot K_g \quad (2-a)$ $R \text{ (}\Omega\text{)} = \frac{K R_s}{W+t} \pi a \quad (2-b)$ $Q = 0.3422 \times 10^3 \frac{L \text{ (nH)}}{K} \frac{W+t}{a} \sqrt{\frac{\rho \text{ (Cu)}}{\rho}} \sqrt{\frac{f \text{ (GHz)}}{2}} \quad (2-c)$ [(1-c) 式で $\ell = 2\pi a$ を代入して得る]	[1]

構造	等価回路と定数	文献
円形スパイラル状	$\left. \begin{aligned} L(\text{nH}) &= 0.03937 \frac{a^2 n^2}{8a + 11c} \cdot K_g \\ a &= \frac{D_o + D_l}{4}, \quad c = \frac{D_o - D_l}{2} \end{aligned} \right\} (3\text{-a})$ $R(\Omega) = \frac{k\pi a n R_s}{W} \quad (3\text{-b})$ $C_3(\text{pF}) = 3.5 \times 10^{-5} D_o + 0.06 \quad (3\text{-c})$ $\frac{Q D_o^{\frac{1}{2}}}{L_s^{\frac{1}{2}}} = \frac{1.25 \times 10^2 (W + t)}{K \left(1 - \frac{7}{15} - \frac{D_l}{D_o} \right)^{\frac{1}{2}}} \cdot \sqrt{\frac{\rho(\text{Cu})}{2}} \cdot \sqrt{\frac{f(\text{GHz})}{\rho}} \quad (3\text{-d})$	[1] [5] [2]
角形スパイラル状	$\left. \begin{aligned} L(\text{nH}) &= 0.3346 \times 10^{-10} D_o [\text{cm}] \times n^{\frac{5}{3}} \\ &= 0.3346 \times 10^{-10} \frac{A}{W^{\frac{5}{3}}} \\ D_o &= \sqrt{A}, \quad W = S \\ A: \text{コイルの表面積} [\text{cm}^2], \quad n: \text{コイルの巻数} \end{aligned} \right\} (4\text{-a})$ $Q_0 = 12.4 \frac{f}{f_0} \times \frac{t^2}{\rho} \times \frac{1}{n^{\frac{4}{3}}} \times 10^4$ [t: 導体の厚み cm, ρ: 固有抵抗] $f_0 (\text{自己共振周波数}) = 75 \times 10^8 \frac{W}{A} = 18 \times 10^8 \frac{1}{A^{\frac{1}{2}} n} \quad (4\text{-b})$ [εr = 4 のとき] [n は巻数]	[2] [7] [5] [7]
	$Q = \frac{\omega L}{R}, \quad K_g = 0.57 - 0.145 \ln \frac{W}{h}, \quad \frac{W}{h} > 0.05 \quad (5\text{-a})$ $\left. \begin{aligned} K &= 1 && \text{線} \\ &= 1.4 + 0.217 \ln \left(\frac{W}{5t} \right), \quad 5 < \frac{W}{t} < 100 && \text{リボン} \\ &= 1 + 0.333 \left(1 + \frac{S}{W} \right)^{-1.7} && \text{スパイラル} \end{aligned} \right\} (5\text{-b})$	[3] [3] [4]

表 1 に於いて、 K_g はインダクターが接地に近接することによる補正係数で [3][4] で、 K はインダクターの断面の鋭った所への電流集束効果に対する補正係数である。实例として直線リボンの数値例を図 1 に、また円形スパイラルの数値例を図 2 にそして円形スパイラルの共振周波数を図 3 に示した。また円形スパイラルの理論値と実測値を表 2 及び表 3 に示した [9]。また角形スパイラルのインダクタンスの理論値を図 4 に示す [10]。

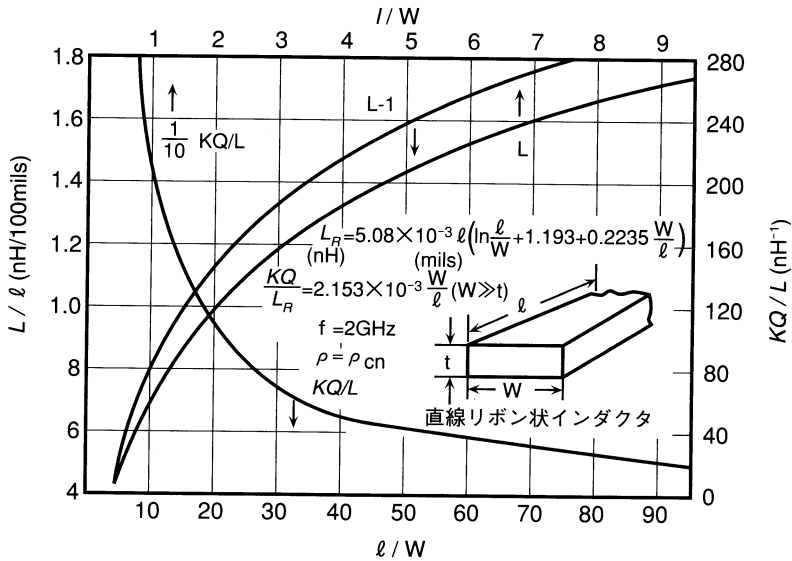


図 1 直線リボン状インダクターのインダクタンスおよび Q 値 [(2-26) より引用]

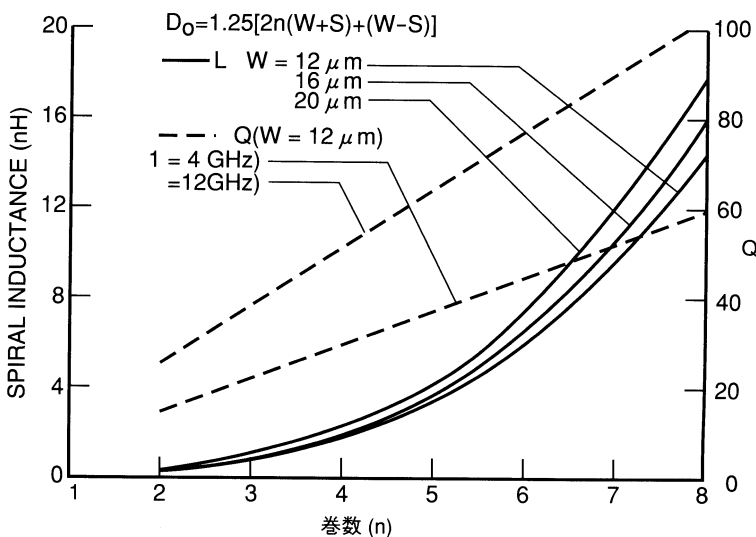


図 2 円形スパイラルのインダクタンスと Q 値 [5]
[$h = 200\mu\text{m}$, $S = 10\mu\text{m}$]

見本

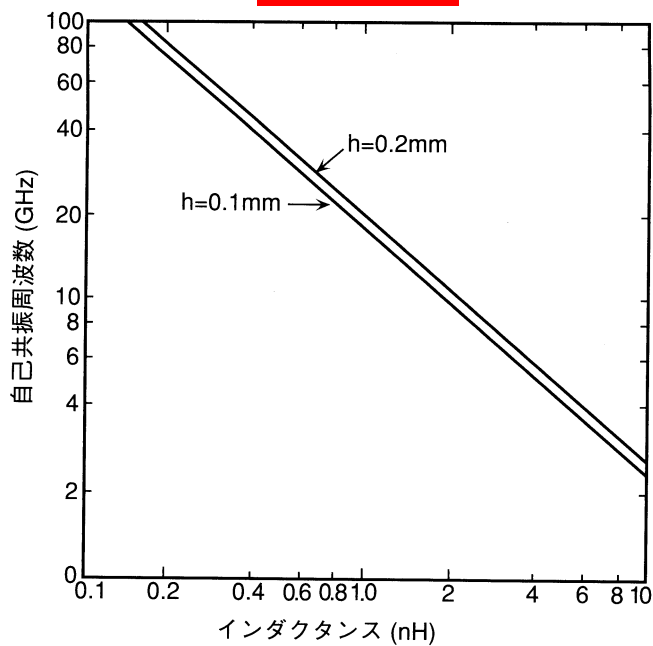


図3 G_aA_s 基板上の平面円形スパイラルの自己共振周波数

表2 円形スパイラルの理論値と実験値の比較 [9] —その1—

W	S		D_o	L(theo- retical)	L(meas- ured)	C_3	C_1	C_2	Q
(mm)	(mm)	n	(mm)	(nH)	(nH)	(pF)	(pF)	(pF)	(at 4 GHz)
0.10	0.10	1.5	1.30	3.7	4.0	0.13	0.10	0.07	87
0.05	0.05	2.5	1.50	14.1	14.3	0.11	0.09	0.05	84
0.10	0.10	2.5	1.80	9.2	9.0	0.14	0.18	0.08	81
0.10	0.10	3.5	2.00	18.7	19.0	0.15	0.17	0.09	91

表3 円形スパイラルの理論値と実験値の比較 [2] —その2—

巻数 %	d_0 (mils)	W (mils)	s (mils)	d_i (mils)	L nH	Q $f = 0.5\text{GHz}$	Q $f = 1\text{GHz}$	Q $f = 2\text{GHz}$
2.5	48	4	2	11	4.5(c) 4.4(m)	81(c) 43(m)	115(c) 61(m)	162(c) 100 ± 20(m)
2.5	49	5	1	11	4.3(c) 4.4(m)	97(c) 52(m)	137(c) 137(m)	194(c) 120 ± 25(m)
3.0	32	2.5	1.0	10	4.8(c) 4.6(m)	67(c) 36(m)		

$h = 12\mu\text{m}$ (m) : 測定値 (c) : 式(3-a)、(3-d) よりの計算値