

GaAs MMIC 用无源元件的模型

申华军[†] 陈延湖 严北平 杨 威 葛 霁 王显泰 刘新宇 吴德馨

(中国科学院微电子研究所, 北京 100029)

摘要: 制作了不同结构参数的 GaAs MMIC 无源元件,包括矩形螺旋电感、MIM 电容和薄膜电阻,建立了无源元件的等效电路模型库,采用多项式公式表征无源元件的模型参数和性能参数,便于电路设计的应用.并提取得到 MIM 电容的单位面积电容值,约为 $195\text{pF}/\text{mm}^2$,NiCr 薄膜电阻的方块电阻约为 $16.1\Omega/\square$.分析结构参数对螺旋电感性能的影响可知,减小线圈面积相关的寄生损耗有助于获得高品质的电感.

关键词: MMIC; 矩形螺旋电感; MIM 电容; 薄膜电阻; 多项式拟合公式

EEACC: 2100; 2560B

中图分类号: TN303

文献标识码: A

文章编号: 0253-4177(2006)10-1872-08

1 引言

现代无线通信系统快速发展,RFICs(射频集成电路)和 MMICs(单片微波集成电路)被大量采用,其中无源元件螺旋电感、MIM 电容和薄膜电阻是电路设计中的关键元件.如何简化并准确表征集成无源元件的模型,全面评估其性能,获得高质量的集成无源元件是当前研究的一个研究热点.国外研究者对 Si 衬底和 GaAs 衬底上各种结构螺旋电感、MIM 电容和薄膜电阻的建模、优化设计和性能评估等开展了大量研究工作^[1~6].国内也开展了相关无源元件的模型和特性研究工作^[7~10],但主要是针对 Si 基元件,且多为仿真分析.

本文利用 GaAs MMIC 标准工艺,在 GaAs 衬底上设计并制作了不同结构参数的矩形螺旋电感、不同面积的方形电容和各种阻值的薄膜电阻,建模并仿真确定其性能参数,拟合多项式公式表征无源元件模型参数,方便电路设计和优化应用,并结合模型的多项式表征分析不同几何结构对螺旋电感的影响.

2 无源元件的制作

在中国科学院微电子研究所 100mm 化合物工艺线上,采用 MMIC 标准工艺制作了各种不同结构参数的方形螺旋电感、不同面积的 MIM 电容和不同阻值的薄膜电阻.电感线圈宽度分别为 $6, 10$ 和 $16\mu\text{m}$,线间距为 $8\mu\text{m}$,内径 $30\mu\text{m}$,圈数 $1\sim 6$ 圈;方形 MIM 电容边长为 $40\sim 200\mu\text{m}$ 共九种电容;薄膜

电阻为溅射 NiCr 薄膜电阻,电阻方块的数目分别为 $0.4, 1, 2$ 和 4 个.工艺过程为 MMIC 标准工艺,包括生长底层隔离介质,溅射 NiCr 电阻薄膜,电子束蒸发底层金属 Ti/Au,生长隔离和电容介质 Si_3N_4 ,并 RIE 刻蚀出接触孔,电镀空气桥并加厚电感线圈至约 $3\mu\text{m}$,在电感线圈和底层金属间形成空气桥跨越,并降低串联电阻,最后将 GaAs 衬底减薄至 $100\mu\text{m}$,并背面电镀约 $5\mu\text{m}$ 的 Au.图 1 是制作的 MMIC 无源元件的典型照片和空气桥示意图,为了测试电感的 S 参数,电感两端为 GSG(地-信号-地)结构的测试压点,并在 GaAs 衬底片上制作出开路

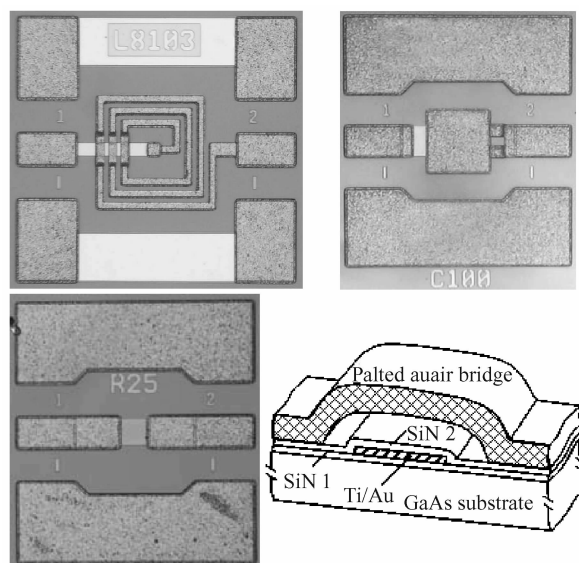


图 1 MMIC 无源元件的典型照片和空气桥示意图

Fig.1 Pictures of typical MMIC passive components and profile of air bridge

[†] 通信作者. Email: tohuajun@hotmail.com

2006-02-24 收到, 2006-06-07 定稿

和短路图形,以去除测试压点的寄生效应.

3 无源元件的建模和性能仿真

图 2 是集总元件表示的 MMIC 无源元件的简化模型的等效电路图. 其中螺旋电感模型中的 L_s 和 R_s 分别表示电感线圈金属导线的等效电感值和串联电阻值, C_f 表示相邻线圈间边缘寄生电容和线圈跨越底层布线等效叠层电容的总和, C_{m1} 和 C_{m2} 表示金属线圈对衬底地平面的电容值, R_{m1} 和 R_{m2} 表示与衬底损耗相关的等效电阻值; 电容模型中 C 表示 MIM 电容的等效电容值, R_{cs} 和 L_{cs} 分别表示电

容的寄生电阻和电感, C_{c1} 和 C_{c2} 分别表示电容两端压点对地寄生电容值; 电阻模型中 R 表示薄膜电阻的电阻值, L_{rs} 表示寄生电感值, C_{r1} 和 C_{r2} 分别表示输入、输出压点对地的寄生电容值, 电阻为对称结构, 因此设置 C_{r1} 和 C_{r2} 相等. 使用 HP 8510B 网络分析仪在 0.1~15.1GHz 的频率上在片测试各种不同结构 MMIC 无源元件的 S 参数, 并采用去嵌入技术去除测试压点的寄生电容效应, 拟合去嵌入后的 S 参数得到各种 MMIC 无源元件的等效电路模型参数. 图 3 是典型 MMIC 无源元件(矩形螺旋电感 L8103 线间距为 $8\mu\text{m}$, 线宽 $10\mu\text{m}$, 圈数 3; MIM 电容 C100 边长为 $100\mu\text{m}$; 薄膜电阻 R_2 的长度和宽

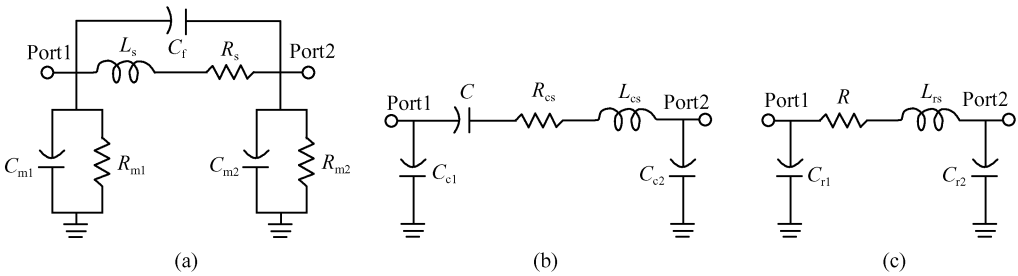


图 2 MMIC 无源元件模型的等效电路原理图 (a) 矩形螺旋电感; (b) MIM 电容; (c) 薄膜电阻
Fig.2 Equivalent circuit of spiral inductor (a) , MIM capacitor (b) , and film resistor (c)

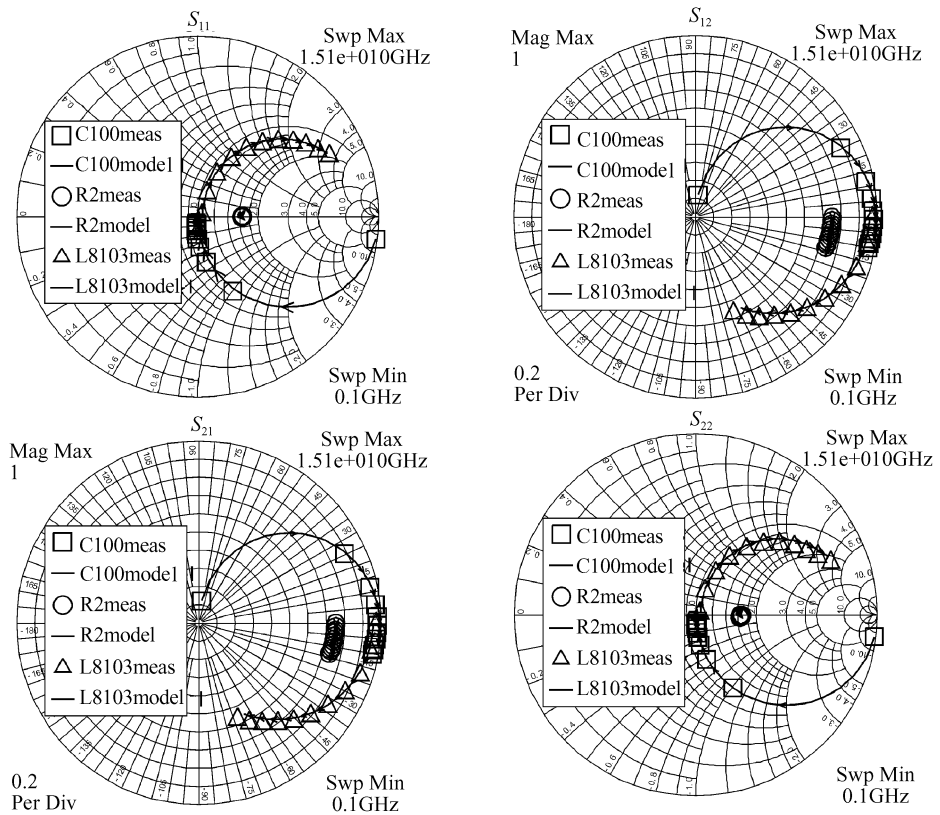


图 3 典型 MMIC 无源元件的测试 S 参数和模型仿真 S 参数的拟合图
Fig.3 Figure of measured and model simulated S parameters of typical MMIC passive components

度比为 2) 的测试 S 参数和模型仿真 S 参数的 Smith 圆图和极坐标圆图. 可见电感、电容和电阻的 S 参数的幅度和相位的测试和拟合仿真结果均吻合良好. 表 1 给出不同结构矩形螺旋电感的结构参数和模型参数列表, 根据电感模型, 利用 ADS 仿真确定

各种不同结构电感的性能参数, 包括 Q 值、谐振频率 f_0 、自谐振频率 f_{res} 和电感品质因子 $\text{FMI}^{[2]}$ 等. 表 2 列出了各种结构电感的性能参数仿真结果. 表 3 和表 4 分别给出不同边长方形 MIM 电容和不同长宽比的薄膜电阻的结构参数和模型参数列表.

表 1 不同电感的结构参数和模型参数
Table 1 Structural parameters and equivalent circuit parameters of various square inductors

编号	圈数	线宽/ μm	长度/ μm	面积/ mm^2	L_s/nH	R_s/Ω	C_f/fF	C_{m1}/fF	C_{m2}/fF	$R_{m1}/\text{k}\Omega$	$R_{m2}/\text{k}\Omega$
L61	1	6	322	0.0081	0.34	1.88	0.0031	9.45	9.41	12.94	8.26
L62	2	6	756	0.014	0.79	2.58	0.0072	11.87	12.01	10.79	7.61
L63	3	6	1302	0.021	1.49	3.52	0.0109	15.39	18.24	9.3	6.97
L64	4	6	1960	0.030	2.78	4.83	0.0216	24.92	27.15	7.8	6.74
L65	5	6	2730	0.041	4.37	6.25	0.0336	31.42	39.78	6.78	6.33
L66	6	6	3612	0.053	6.25	8.08	0.0416	40.96	59.78	6.14	6.13
L101	1	10	354	0.011	0.334	1.71	0.0377	10.25	8.55	9.29	7.72
L102	2	10	852	0.019	0.78	3.06	0.0408	12.44	10.99	7.39	7.24
L103	3	10	1494	0.031	1.58	3.77	0.0531	17.2	19.7	6.76	6.81
L104	4	10	2280	0.045	2.92	4.44	0.059	33.22	48.81	6.44	6.66
L161	1	16	400	0.015	0.36	2.05	0.029	11.22	16.26	6.66	6.93
L162	2	16	992	0.029	0.78	3.01	0.0367	15.09	23.11	6.43	6.77
L163	3	16	1772	0.047	1.7	3.44	0.0499	24.78	39.98	6.49	6.6

表 2 不同电感的仿真性能参数
Table 2 Simulated performance of various inductors

编号	Q_{max}	f_0/GHz	$f_{\text{res}}/\text{GHz}$	$\text{FMI}/(\text{GHz}/\text{mm}^2)$	编号	Q_{max}	f_0/GHz	$f_{\text{res}}/\text{GHz}$	$\text{FMI}/(\text{GHz}/\text{mm}^2)$
L61	27.9	40.4	88.3	304483	L101	24.7	37.8	85.9	200295
L62	24.3	21.7	52	90808	L102	19	20.6	51.1	50293
L63	20.1	13.1	33.2	31319	L103	17.2	11.5	30.5	17139
L64	15.7	7.6	19.1	9907	L104	14	6.3	16.1	5065
L65	13.1	5.2	13.6	4367	L161	21.4	33	79	113648
L66	10.8	4	10	2042	L162	17.8	18.8	46.3	28553
					L163	15.8	9.6	23.5	7819

表 3 不同电容的结构参数和模型参数
Table 3 Structural parameters and equivalent circuit parameters of various capacitors

编号	面积/ mm^2	C/pF	R_{cs}/Ω	L_{cs}/nH	C_{c1}/fF	C_{c2}/fF	$\text{CPUA}/(\text{pF}/\text{mm}^2)$	$f_{\text{res}}/\text{GHz}$
C40	0.0016	0.327	2.57	0.162	12.5	8.2	204	20.5
C60	0.0036	0.722	1.69	0.149	11.9	8.0	201	13.6
C80	0.0064	1.283	1.50	0.153	13.1	9.6	200	9.5
C100	0.01	1.99	0.637	0.133	11.2	9.3	200	8
C120	0.0144	2.87	1	0.145	11.4	8.9	199	6.9
C140	0.0196	3.96	0.7	0.106	11.2	9.5	210	6.2
C160	0.0256	5.01	0.121	0.145	12.7	10.0	196	5.2
C180	0.0324	6.28	0.280	0.122	13.0	9.48	194	4.7
C200	0.04	7.87	0.176	0.0783	12.5	9.99	197	4.5

表 4 不同电阻的结构参数和性能参数

Table 4 Structural parameters and equivalent circuit parameters of various resistors

编号	长宽比	R/Ω	L_{rs}/nH	C_{r1}/fF	C_{r2}/fF
R1	0.4	7	0.177	20.4	20.4
R2	1	16.8	0.185	22.4	22.4
R3	2	32.9	0.201	24.4	24.4
R4	4	64.9	0.231	29.6	29.6

4 无源元件的模型表征和性能分析

图 4 是电感值随电感长度、圈数和面积的变化曲线. 根据电感值的变化规律, 采用多项式公式表征电感值 L_s 随电感圈数 N , 长度 L 和面积 A 的变化关系. 表 5 为电感参数的拟合多项式系数列表.

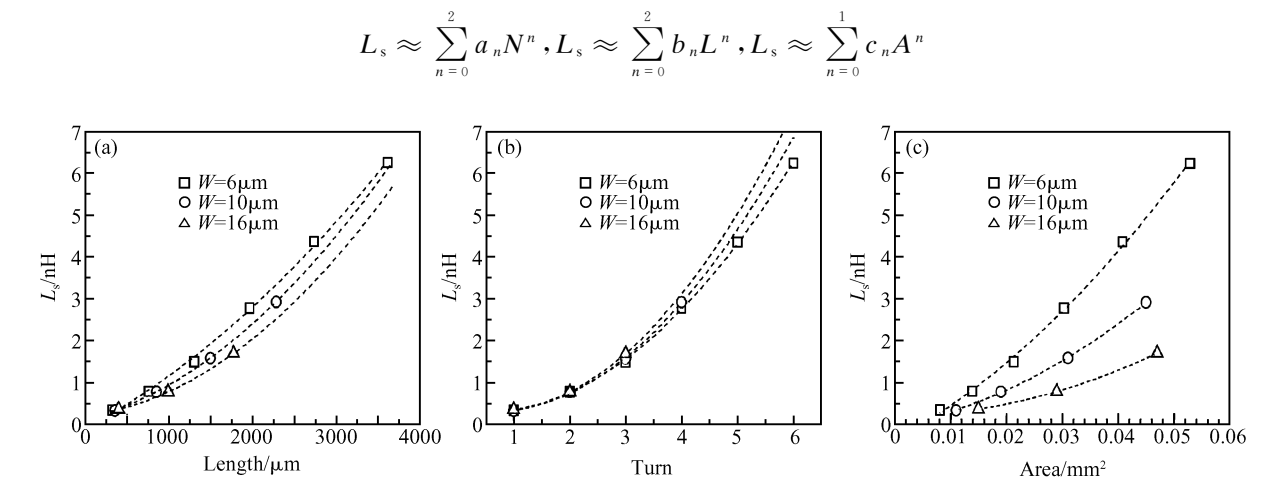


图 4 L_s 电感随不同参数的变化曲线 (a)长度;(b)圈数;(c)面积

Fig.4 L_s as a function of different geometric parameters for various spiral inductors (a) Length;(b) Turn; (c) Area

表 5 电感值 L_s 的多项式拟合系数列表

Table 5 Fitting coefficients of formulas for L_s

编号	a_0	a_1	a_2	b_0	b_1	b_2	c_0	c_1
L61..6	0.302	-0.153	0.192	-0.087	1.05×10^{-3}	1.98×10^{-7}	-1.07	134.4
L101..4	0.384	-0.265	0.224	0.115	5.1×10^{-4}	3.18×10^{-7}	-0.613	76.1
L161..3	0.44	-0.33	0.25	0.212	2.3×10^{-4}	3.43×10^{-7}	-0.337	42.3

注:L61..6 表示线宽为 6 μ m,1~6 圈电感;L101..4 表示线宽为 10 μ m,1~4 圈电感;L161..3 表示线宽为 16 μ m,1~3 圈电感.

根据表 1 中列出的不同线宽电感的模型参数和多项式公式拟合曲线,得到各种电感的串联电阻 R_s ,衬底损耗等效电阻 R_{m1}, R_{m2} ,以及寄生电容 C_f ,衬底损耗等效电容 C_{m1} 和 C_{m2} 随电感线圈长度的变化图,分别如图 5 和图 6 所示.

不同线圈宽度电感的寄生电阻和寄生电容的多项式表达式分别为:

$$R_s \approx \sum_{n=0}^2 d_n L^n, R_{m1} \approx \sum_{n=0}^2 e_n L^n, R_{m2} \approx \sum_{n=0}^2 f_n L^n,$$

$$C_f \approx \sum_{n=0}^2 g_n L^n, C_{m1} \approx \sum_{n=0}^2 h_n L^n, C_{m2} \approx \sum_{n=0}^2 i_n L^n$$

与测试曲线拟合得到的多项式系数在表 6 中列出.

表 6 电感寄生电阻和电容的多项式拟合系数列表

Table 6 Fitting coefficients of formulas for parasitic resistance and capacitance of various inductors

编号	L61..6	L101..4	L161..3
d_0	1.33	0.786	1.09
d_1	1.62×10^{-3}	3×10^{-3}	2.71×10^{-3}
d_2	6.8×10^{-8}	-6.27×10^{-7}	-7.8×10^{-7}
e_0	14.1	10.6	6.95
e_1	-4.49×10^{-3}	-4.46×10^{-3}	-8.6×10^{-4}
e_2	6.39×10^{-7}	1.16×10^{-6}	3.39×10^{-7}
f_0	8.61	8.17	7.05
f_1	-1.41×10^{-3}	-1.36×10^{-3}	-3.2×10^{-4}

续表

编号	L61..6	L101..4	L161..3
f_2	2.03×10^{-7}	3.07×10^{-7}	3.81×10^{-8}
g_0	-1.44×10^{-3}	3.16×10^{-2}	2.49×10^{-2}
g_1	1×10^{-5}	1×10^{-5}	9.03×10^{-6}
g_2	3.37×10^{-10}	-1.03×10^{-9}	2.85×10^{-9}
h_0	6.16	11.9	10.3
h_1	7.68×10^{-3}	-6.06×10^{-3}	5.7×10^{-4}
h_2	5.63×10^{-7}	6.73×10^{-6}	4.29×10^{-6}
i_0	7.56	12.4	14.5
i_1	4.38×10^{-3}	-1.43×10^{-2}	1.37×10^{-3}
i_2	2.78×10^{-6}	1×10^{-5}	7.33×10^{-6}

根据表 3 中的不同结构电容的模型参数和多项式拟合得到各模型参数随结构参数的变化规律.图 7 是等效电容值 C 和输入、输出端口等效电容值 C_{c1}, C_{c2} 随电容面积 A 的拟合曲线.图 8 是电容等效串联电阻 R_{cs} 和电感 L_{cs} 随正方形电容边长 l 的拟合曲线.给出电容模型参数的多项式表达式如下.拟合的多项式系数如表 7 所示,其中, j_1 即为 MIM 电容的单位面积电容值,约 195pF/mm².

$$C \approx \sum_{n=0}^1 j_n A^n, C_{c1} \approx \sum_{n=0}^1 k_n A^n, C_{c2} \approx \sum_{n=0}^1 l_n A^n,$$

$$R_{cs} \approx \sum_{n=0}^2 m_n l^n, L_{cs} \approx \sum_{n=0}^2 n_n l^n$$

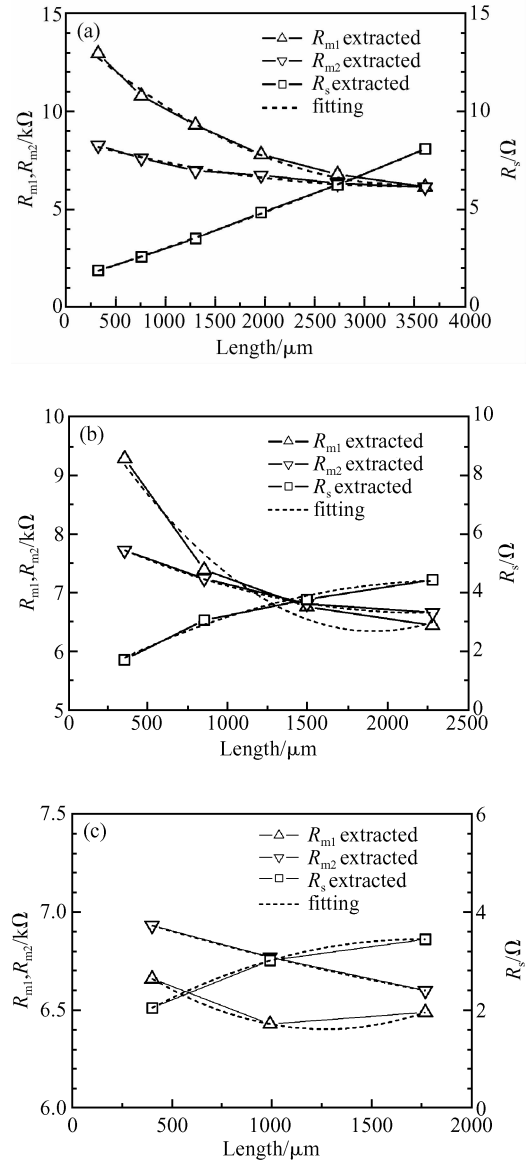


图 5 电阻 R_{m1} , R_{m2} 和 R_s 随电感线圈长度的变化图 (a) $W = 6\mu\text{m}$; (b) $W = 10\mu\text{m}$; (c) $W = 16\mu\text{m}$
Fig. 5 Figure of resistance R_{m1} , R_{m2} , and R_s versus track length for inductors (a) $W = 6\mu\text{m}$; (b) $W = 10\mu\text{m}$; (c) $W = 16\mu\text{m}$

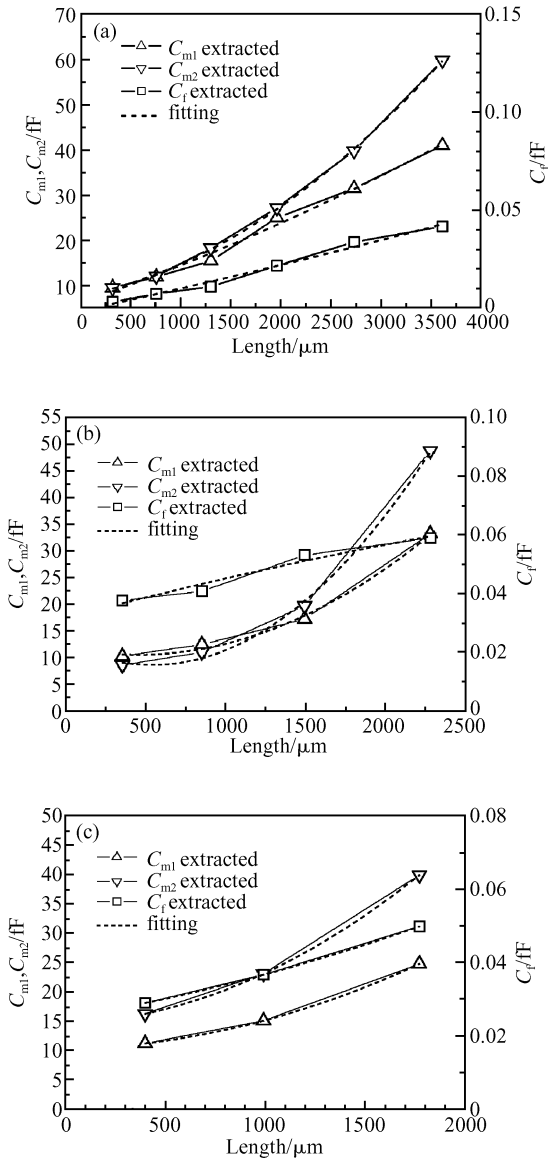


图 6 电容 C_{m1} , C_{m2} 和 C_f 随电感线圈长度的变化图 (a) $W = 6\mu\text{m}$; (b) $W = 10\mu\text{m}$; (c) $W = 16\mu\text{m}$
Fig. 6 Figure of capacitance C_{m1} , C_{m2} , and C_f versus track length for inductors (a) $W = 6\mu\text{m}$; (b) $W = 10\mu\text{m}$; (c) $W = 16\mu\text{m}$

表 7 电容模型多项式拟合系数列表

Table 7 List of fitting coefficients of model parameters of capacitors

系数	j_0	j_1	k_0	k_1	l_0	l_1
值	0.0398	195	11.95	12.70	8.53	40.3
系数	m_0	m_1	m_2	n_0	n_1	n_2
值	3.72	-0.0365	9×10^{-5}	0.156	9×10^{-5}	-1.96×10^{-6}

同样根据表 4 中电阻的模型参数, 多项式拟合得到各模型参数 R , L_{rs} , C_{r1} 和 C_{r2} 随电阻方块数目 N (长度与宽度比) 的变化曲线, 分别如图 9 和图 10

表 8 电阻模型多项式拟合系数列表

Table 8 List of fitting coefficients of model parameters of resistors

系数	o_0	o_1	p_0	p_1	q_0	q_1
值	0.671	16.1	0.171	0.015	19.6	2.5

所示. 给出电阻模型参数的拟合多项式和多项式系数列表, 如表 8 所示, 其中, 系数 o_1 即为薄膜电阻的方块电阻值, 约 $16.1\Omega/\square$.

$$R \approx \sum_{n=0}^1 o_n N^n, L_{cr} \approx \sum_{n=0}^1 p_n N^n, C_{c1,c2} \approx \sum_{n=0}^1 q_n N^n$$

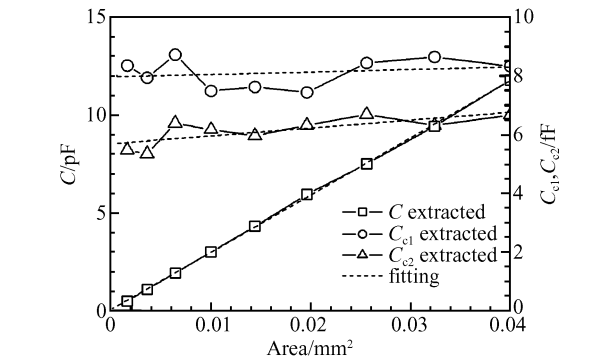


图 7 电容 C 和 C_{c1} , C_{c2} 随电容面积的变化图
Fig.7 Figure of capacitance C and C_{m1} , C_{m2} versus area of capacitors

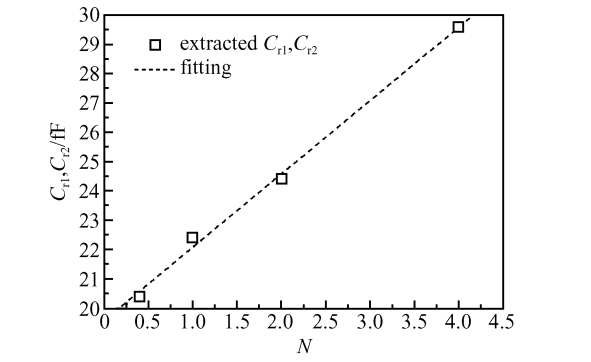


图 10 寄生电容 C_{r1} 和 C_{r2} 随薄膜电阻长宽比 N 的变化图
Fig.10 Figure of parasitic capacitance C_{r1} , C_{r2} versus ratio of length to width

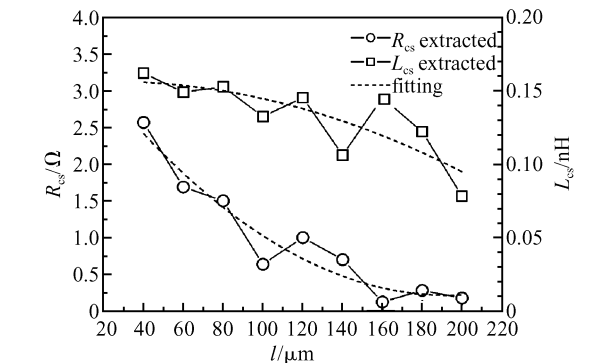


图 8 等效串联电阻 R_{es} 和电感 L_{es} 随正方形电容边长 l 的变化图
Fig.8 Figure of equivalent series resistor R_{es} and inductor L_{es} versus side length of square capacitors

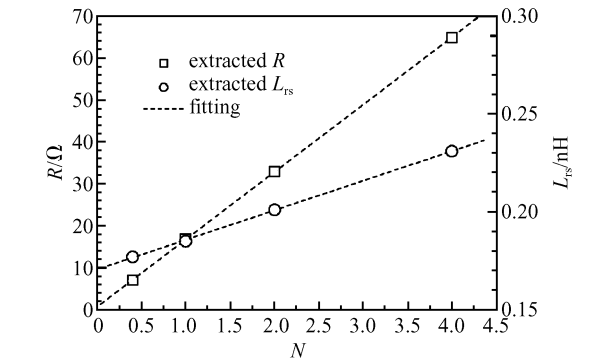
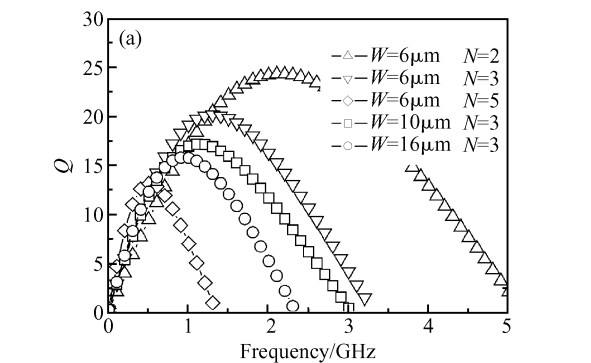


图 9 电阻 R 和寄生电感 L_{rs} 随薄膜电阻长宽比 N 的变化图
Fig.9 Figure of resistance R and parasitic inductance L_{rs} versus ratio of length to width

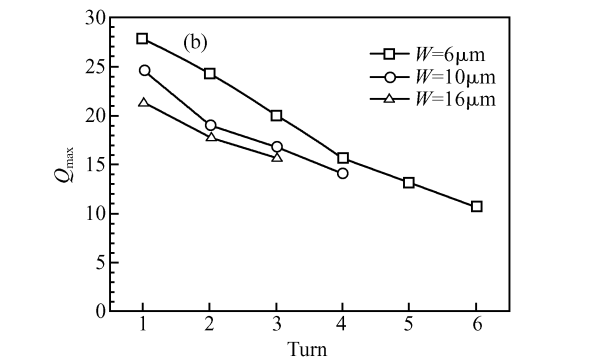


图 11 不同结构电感的频率响应
Fig.11 Frequency responses of inductors with different geometric parameters

采用拟合得出的多项式公式表征无源元件模型,可以获得电感模型随电感圈数、长度和面积连续变化的曲线,可以获得不同结构参数时的 MIM 电容模型和薄膜电阻模型,快速预测 MMIC 中无源元件值大小,便于 MMIC 电路中应用时的设计优化。

图 11 是线宽 $6\mu\text{m}$ 、圈数分别为 2 圈、3 圈和 5

圈的电感,和圈数为 3 圈,线宽分别为 $10\mu\text{m}$ 和 $16\mu\text{m}$ 的电感的 Q 值的频率响应图.可见电感的 Q 值首先随频率增加而上升,到达最大值后逐渐降低,直至降为零.这是由于低频时电感金属电阻是能量损耗的主要因素,且随频率变化不大,因此 Q 值随频率增加而上升;但随频率增加,衬底损耗、涡流和趋肤效应等影响增加,成为能量损耗的主要因素,使得 Q 值降低,并随频率的进一步增大而最终降为零.随电感圈数的增加,电感的寄生电容效应和串联电阻增大, Q_{max} , f_0 和 f_{res} 随电感圈数的增加而降

低.从图 12 所示不同结构电感插入损耗的频率响应图中可以看出,随电感圈数的增多,插入损耗随频率迅速增大,并且由于宽线圈电感占用更大的面积,相关衬底损耗随频率增加更加严重,使得 $Q_{\max}$, f_0 和 f_{res} 随电感线圈宽度的增加而降低.给出 $Q_{\max}$ 随电感圈数变化的拟合多项式为:

$$Q_{\max} = 31 - 3.53N, \quad W = 6\mu\text{m}$$
$$Q_{\max} = 27.2 - 3.39N, \quad W = 10\mu\text{m}$$
$$Q_{\max} = 23.88 - 2.78N, \quad W = 16\mu\text{m}$$

根据此公式可以缩放得到不同宽度电感任意圈数时的 $Q_{\max}$ 预估值.

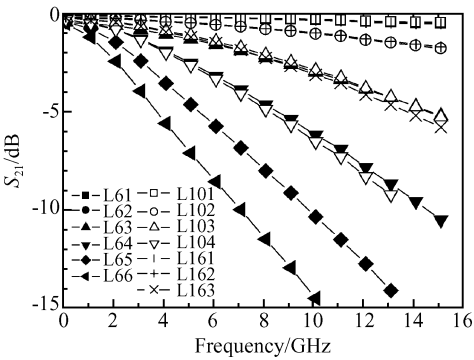


图 12 不同电感插入损耗的频率响应
Fig. 12 Frequency responses of insertion losses for various square inductors

在 MMIC 应用中,希望电感的 Q 值和 f_{res} 都尽可能高,占用面积尽量少,Bahl^[2] 提出电感的品质因子 FMI 来评估电感的综合性能.

$$\text{FMI} = Q_{\max} f_{\text{res}} / S$$

其中 $Q_{\max}$ 为 Q 值的最大值; S 为螺旋电感占用的面积.

图 13 是电感的 FMI 随电感圈数的变化图.可见,FMI 随电感圈数的增大而降低,当圈数一定时由于随线宽增加电感的 $Q_{\max}$ 和 f_{res} 降低,占用面积增大的原因,宽线圈电感的 FMI 要低于窄线宽电感.根据表 2 中仿真的 FMI 参数,以电感圈数和面积分别拟合多项式公式如下.表 9 列出了拟合多项式系数.

$$\text{FMI} \approx \sum_{n=0}^2 r_n N^n; \quad \text{FMI} \approx \sum_{n=0}^2 s_n S^n$$

表 9 FMI 的多项式拟合系数列表
Table 9 Fitting coefficients of formulas for FMI

编号	$r_0/10^5$	$r_1/10^5$	$r_2/10^5$	$s_0/10^7$	$s_1/10^7$	$s_2/10^5$
L61..6	4.65	-2.1	0.23	0.04	-2.34	30
L101..4	2.89	-1.65	0.24	0.03	-1.59	21.7
L161..3	2.16	-1.42	0.24	0.02	-1.01	11.7

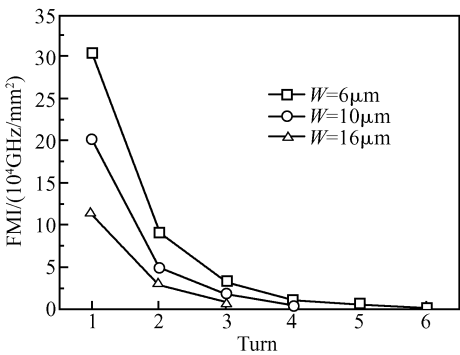


图 13 不同结构电感的 FMI
Fig. 13 FMI of inductors with different geometric parameters

5 结论

采用 GaAs MMIC 标准工艺制作了不同结构参数的矩形螺旋电感、MIM 电容和薄膜电阻,测试并建立了 GaAs MMIC 无源元件的等效电路模型;采用多项式拟合公式表征电感模型参数和性能参数,可根据公式缩放获得不同结构电感、电容和电阻的模型;并评价无源元件的性能,方便无源元件模型在 MMIC 中的设计优化应用.结合多项式表征模型对电感圈数和线宽对电感值、 Q 值频率响应和 FMI 等性能参数的影响进行分析,在相同内径和间距条件下,减小线宽可以显著提高电感的 $Q_{\max}$ 值、自谐振频率和 FMI 等参数,这主要是得益于与电感面积相关的寄生参量损耗的降低.

参考文献

[1] Bahl I J. Improved quality factor spiral inductors on GaAs substrates. IEEE Microw Guided Wave Lett, 1999, 9(10): 398

[2] Bahl I J. High-performance inductors. IEEE Trans Microw Theory Tech, 2001, 49(4): 654

[3] Lee J M, Choi I H. Frequency responses of circular spiral inductors for GaAs RF MMIC applications. Journal of the Korean Physical Society, 2001, 38(2): 123

[4] Scherpinski K, Topper M, Krauseet F, et al. Integration of NiCr resistors in a multilayer Cu/BCB wiring system. International Symposium on Advanced Packaging Materials, 1999: 178

[5] Lee J K, Kim D H, Park Y S, et al. DC and RF characteristics of advanced MIM capacitors for MMIC's using ultra-thin remote-PECVD Si_3N_4 dielectric layers. IEEE Microw Guided Wave Lett, 1999, 9(9): 345

[6] Yin W Y, Pan S J, Li L W, et al. Model description and parameter extraction of on-chip spiral inductors for MMICs. Int J RF Microwave Computer-Aided Engineering, 2004, 14(2): 111

[7] Li Linan, Qian He. A new method for optimizing layout parameter of an integrated on-chip inductor in CMOS RF

- IC's. Chinese Journal of Semiconductors, 2000, 21(12): 1157
- [8] Li Xiaojin, Shi Yanling, Lai Zongsheng, et al. Impact of Si-based RF IC spiral inductor's turns on quality factor. Chinese Journal of Semiconductors, 2003, 24(9): 972 (in Chinese) [李小进, 石艳玲, 赖宗声, 等. 硅基 RF 平面螺旋电感的圈数对品质因子的影响. 半导体学报, 2003, 24(9): 972]
- [9] Li Fuhua, Li Zhengfan. A novel modeling method of Si chip integrated spiral inductors for RF IC's. Chinese Journal of Electronics, 2003, 12(3): 483
- [10] Fan Yongxiang, Yang Yintang. A study of the influence of different geometric parameters on the performances of spiral inductors. Chinese Journal of Electron Devices, 2005, 28(1): 118 (in Chinese) [樊永祥, 杨银堂. 不同几何参数对螺旋电感性能的影响研究. 电子器件, 2005, 28(1): 118]

Passive Component Models for GaAs MMICs

Shen Huajun[†], Chen Yanhu, Yan Beiping, Yang Wei, Ge Ji,
Wang Xiantai, Liu Xinyu, and Wu Dexin

(Institute of Microelectronics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China)

Abstract: Various GaAs MMIC (monolithic microwave integrated circuit) passive components, including rectangle spiral inductors, MIM capacitors, and film resistors, are fabricated, and their equivalent circuit models are established. Various polynomial formulas are introduced to characterize models and performances of different passive components. This is convenient for circuit design. The extracted capacitance per unit area of the MIM capacitors is about 195 pF/mm², and the sheet resistance of the NiCr film resistors is about 16.1 $\Omega/\square$. The effects of the geometrical parameters on the spiral inductors are also analyzed, and the results show that reducing the parasitic losses of the inductor areas helps to obtain high quality inductors.

Key words: MMIC; rectangle spiral inductor; MIM capacitor; film resistor; fitting polynomial formulas

EEACC: 2100; 2560B

Article ID: 0253-4177(2006)10-1872-08

[†] Corresponding author. Email: tohuajun@hotmail.com

Received 24 February 2006, revised manuscript received 7 June 2006