

# Q 인자 특성을 개선한 병렬 분기형 인덕터

배현철, 김상훈, 이자열, 이상홍

한국전자통신연구원 IT 융합·부품연구소 초고주파회로그룹 SiGe 회로팀

E-mail : hcbae@etri.re.kr

## Abstract

In this paper, cost effective parallel-branch inductor has been proposed and developed in order to increase the quality factor of the conventional spiral inductor. This parallel-branch inductor is composed of only two metals. The presented parallel-branch inductor shows 12% improvement in the quality factor with the same area as the conventional inductor. Also, we improve the parallel-branch inductor for high frequency applications.

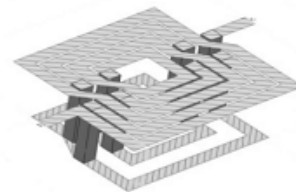
## I. 서론

실리콘 공정을 기반으로 하는 RF/Microwave 응용주파수 대역의 RF 집적회로 구현에 필수적인 수동소자 가운데 가장 문제가 되는 인덕터에 관해서 지금까지 많은 연구가 진행되어 왔고 그 한계 또한 비교적 잘 정의되어 있다. 기존의 알루미늄 금속을 대체하여 전기 전도도가 더 우수한 금속 등을 이용한 배선 공정으로 인덕터의 Q 인자를 향상시키고자 하는 노력도 성과를 보이기도 했다. 또한, guard ring 을 통해 기판으로 유도되는 전류를 억제시키는 방법, 다층 배선을 이용하여 실리콘 기판에 의한 기생 캐패시턴스를 줄이고자 하는 방법, Q 인자 개선의 방법으로 제안되었다[1]. 본 논문에서는 RF 집적회로에 사용되는 나선 인덕터를 실리콘 기판위에 on-chip 형태로 구현할 때, 인덕터의 배선 공정과 인덕턴스를 그대로 유지하면서 Q<sub>MAX</sub> 이 나타나는 f<sub>QMAX</sub> 를 조절할 수 있는 효율적인 인덕터 구조를 보이고 그 특성을 개선한 결과 및 해석을 제안하였다.

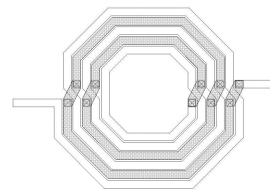
## II. 본론

일반적으로 실리콘 기판 위에 형성되는 나선형 박막 인덕터의 Q 인자는 금속선 자체의 저항을 줄이는 방법과 기생 캐패시턴스를 줄이는 방법에 의해 향상될 수 있다. 본 논문에서는 저항 및 기생 캐패시턴스를 줄이는 구조로 Q 인자를 향상시키고 있다. 그림 1은 본 논문에서 제안한 병렬분기형 나선형 인덕터 및 Q<sub>MAX</sub>,

f<sub>QMAX</sub>, f<sub>res</sub> 성분을 개선한 팔각병렬분기인덕터의 구조를 보이고 있다. 일반적인 나선 인덕터는 한 개의 비아를 통해 상부와 하부의 금속선이 연결이 되고, 상부와 하부의 금속선 끝에 전극이 연결되는 구조를 갖게 된다. 반면 본 논문에서 제안한 인덕터 구조는 여러 개의 비아를 이용하여 하부 금속선과 상부 금속선이 같은 방향으로 돌아 나오도록 하여 최종적으로 상부 금속선에만 전극이 연결되는 구조를 갖게 하였다. 또한 인접한 두 비아를 연결하는 하부 금속선은 서로 평행하도록 배열함으로써 상호 인덕턴스를 극대화하였으며, 하부 금속선의 일부를 상부 금속선과 평행하게 병렬로 분기시켜 나선형으로 감아주었다. 이를 통해 병렬로 분기된 하부 금속선은 기판과의 캐패시턴스를 유발하게 되어 결과적으로 인덕터의 Q 인자 분포에 영향을 주게 되어, 본 연구 목적 중에 하나인 f<sub>QMAX</sub>를 조절할 수 있는 인덕터를 구현하였다.



(a)



(b)

그림 1 (a) 나선형 병렬분기형 인덕터 (b) 팔각 병렬분기형 인덕터

그림 2에는 30um의 내경을 가지는 일반형과 병렬 분기형 나선형 인덕터의 주파수에 따른 Q 인자 변화를 나타내었다. 그림 2에서 보는 바와 같이 병렬 분기형

인덕터의  $Q_{MAX}$  값은 일반형의  $Q_{MAX}$  값보다 약 12% 가량 증가한 것으로 나타났다. 기존의 3GHz 이하의 RFIC 설계에서 이와 같은 Q 인자의 향상은 VCO 등 성능 향상에 많은 도움이 되었다. 그러나, 점점 더 광대역화되어가는 통신시스템의 필요성에 따라  $Q_{MAX}$ ,  $f_{QMAX}$  및  $f_{res}$  성능을 개선한 구조가 필요하게 되어 저항 및 기생 캐패시턴스를 줄이는 구조의 병렬분기 인덕터를 제작하였다. 그림 3에는 내경 100um의 나선형 및 팔각의 형태를 가지는 병렬분기형 인덕터의 주파수에 따른 Q 인자 변화를 나타내었고 그림에서 보는 바와 같이 팔각병렬분기형 인덕터는 내경이 100um임에도 불구하고 10 이상의 높은 Q 인자 특성을 보이며,  $Q_{MAX}$ ,  $f_{QMAX}$  및  $f_{res}$  값은 나선형에 비해 10% 이상 증가한 것으로 나타났다.

그림 4 는 인덕터의 등가 회로를 나타내고있으며, 본 등가 회로를 이용하여 변수들을 추출하여 표 1 에 정리하였다. 그 결과 인덕턴스 성분은 큰 변화없이 저항 및 기생 캐패시턴스 성분은 많은 감소를 보이고 있다. 큰 값의 인덕턴스가 요구되는 5 Turn 이상의 회전수를 가지거나 내경 150um 이상의 인덕터에서는 나선형 인덕터의 경우 저항 및 기생 캐패시턴스의 큰 증가를 보이나 팔각병렬인덕터는 적은 양의 증가를 보이므로 Q 인자 향상으로 인한 VCO 등의 선형 특성을 증가시키고 높은 주파수 대역에서의 활용성을 높일 수 있었다.

### III. 결과 및 고찰

본 논문에서 제시한 인덕터는 기존 사용하는 공정에서 특별히 공정상 추가되는 단계가 없고 다단의 적층이 아닌 구조의 변화를 통한 인덕터로 높은 Q 인자와 주파수 성분을 보이는 인덕터의 결과를 얻을 수 있었다.

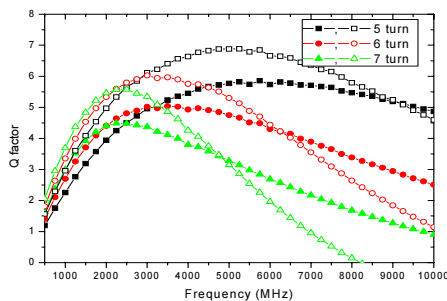


그림 2 내경 30um 인덕터의 Q 인자 변화. 일반형 (solid) 및 병렬분기형 (vacant)

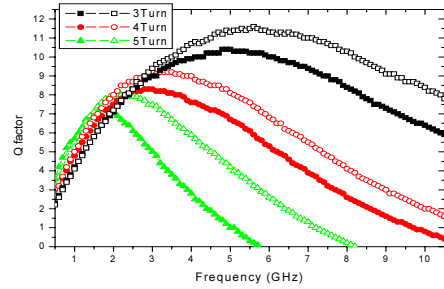


그림 3 내경 100um 인덕터의 Q 인자 변화. 병렬분기형 (solid) 및 팔각병렬분기형 (vacant)

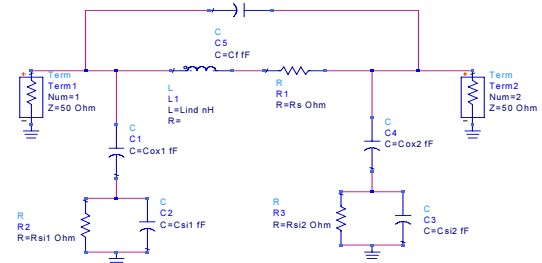


그림 4 인덕터의 등가회로

TABLE I. 내경 100UM 인 병렬분기형 및 팔각 병렬분기형 인덕터의 모델 변수 비교

Type	병렬분기형			팔각병렬분기형		
Para meters	3	4	5	3	4	5
Turn	3	4	5	3	4	5
Ls (nH)	1.5	2.6	4.2	1.4	2.5	3.9
Rs (Ω)	2.2	2.2	2.6	2.1	2.1	2.1
Cf (fF)	13.3	43.7	66.7	9.8	35.9	60.5
Cox1 (fF)	143	180	222	130	149	173
Cox2 (fF)	148	187	300	148	179	252
Rsub1 (fF)	838	516	434	915	595	465
Rsub2 (fF)	426	334	301	485	397	330
Csub1	27.8	43.9	76.6	21.9	30.1	56.5
Csub2	12.8	27.5	57.5	9.3	21.6	42.7
$Q_{MAX}$	10.4	8.3	7.2	11.5	9.2	8.1
$f_{QMAX}$ (GHz)	4.9	3.0	2.1	5.4	3.5	2.1

### 참고문헌

- [1] C.Patrick Yue, et al., "On-chip Spiral Inductors with Patterned Ground Shields for Si-Based RFIC's", IEEE JSSC Vol. 33, no.5, pp.743-752, May. 1998