

มานิตย์ มาปะโท : การประยุกต์ใช้กระบวนการลิโทกราฟีด้วยรังสีเอกซ์ในการสร้าง
ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ (APPLICATIONS OF X-RAY LITHOGRAPHY IN
FABRICATION OF INDUCTORS AND CAPACITORS) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์
ดร.นิมิต ชมนาวัง, 170 หน้า.

งานวิจัยนี้ได้พัฒนากระบวนการสร้างโครงสร้างจุลภาคโดยกระบวนการลิโทกราฟี
ด้วยรังสีเอกซ์ โครงสร้างที่ได้จะไม่ยึดติดกับฐานเหมือนกระบวนการทั่วไป แต่มีลักษณะเป็นโลหะ
ฝังอยู่ในแผ่นพอลิเมอร์ SU-8 ซึ่งสามารถเคลื่อนย้ายนำไปติดตั้งใช้งานบนวงจรรวม หรือนำไปสร้าง
โครงสร้างเพิ่มเติมได้ทั้งสองด้าน กระบวนการนี้ได้นำไปประยุกต์สร้างเป็นตัวเก็บประจุสำหรับ
ใช้งานย่านความถี่วิทยุ และตัวเหนี่ยวนำที่ใช้ในวงจรลดแรงดันกระแสตรง ซึ่งในส่วนของตัวเก็บประจุ
มีโครงสร้างเป็นชิป มีอิเล็กโทรดฝังอยู่ภายใน มีความสูง 350 μm ความหนาไดอิเล็กตริก 25 μm
โครงสร้างมีสองแบบ คือ SUT-CS ซึ่งมีไดอิเล็กตริก เป็น SU-8 จากการทดสอบได้ค่าตัวประกอบ
คุณภาพสูงสุดที่ความถี่ 0.8 GHz เท่ากับ 2 ค่าความจุไฟฟ้า 4 pF และมี self-resonant frequency ที่
1.8 GHz ส่วนตัวเก็บประจุ SUT-CA ซึ่งมีไดอิเล็กตริกเป็นอากาศ มีค่าตัวประกอบคุณภาพสูงสุดที่
ความถี่ 0.8 GHz เท่ากับ 4 ได้ค่าความจุไฟฟ้า 2 pF และมี self-resonant frequency ที่ 2.2 GHz

สำหรับตัวเหนี่ยวนำ มีโครงสร้างของขดลวดเป็นแบบขดสปริงรูปสี่เหลี่ยม แบ่งเป็นสอง
โครงสร้าง แบบแรก คือ SUT-L1 เป็นตัวเหนี่ยวนำแกน E-I แบบ 5.5 รอบ และ 3.5 รอบ ใช้วัสดุ
 $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ เป็นแกน มีค่าสภาพซึมซาบแม่เหล็กสัมพัทธ์เท่ากับ 400 มีช่องอากาศ 60 μm ตัวนำกว้าง
65 μm มีพื้นที่ 8.3 mm^2 วัดค่าความต้านทานกระแสตรงได้ 21 $\text{m}\Omega$ และ 25 $\text{m}\Omega$ ค่าความเหนี่ยวนำ
เปลี่ยนไปตามความถี่ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 120 nH ถึง 60 nH และ 65 nH ถึง 48 nH ที่ความถี่ 30 kHz
ถึง 20 MHz และตัวเหนี่ยวนำยังไม่เกิดการอิ่มตัวที่กระแสพิคก 1 A ในส่วนของตัวเหนี่ยวนำชนิด
ที่สอง คือ SUT-L2 มีโครงสร้างเป็นตัวเหนี่ยวนำแบบแกนชนิดพอด มีจำนวนรอบ 3 รอบ ถึง 16 รอบ
มีพื้นที่ 1.8 mm^2 ถึง 9.5 mm^2 เส้นตัวนำกว้าง 25 μm โครงสร้างมีความสูงประมาณ 360 μm ประกอบ
ไปด้วย แกนหนา 8 μm ล้อมรอบขดลวด ซึ่งหนา 250 μm และฉนวน 50 μm วัดความต้านทาน
กระแสตรงได้ 30 $\text{m}\Omega$ ถึง 335 $\text{m}\Omega$ มีค่าความเหนี่ยวนำที่ 1 MHz เท่ากับ 75 nH ถึง 1.33 μH และ
มีกระแสอิ่มตัวที่ 420 mA ถึง 150 mA

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา 2556

ลายมือชื่อนักศึกษา อภิรักษ์ อังโสภา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา นิรันดร์ (ระพี)

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร. นิมิต ชมนาวัง

MANOT MAPATO : APPLICATIONS OF X-RAY LITHOGRAPHY
IN FABRICATION OF INDUCTORS AND CAPACITORS. THESIS
ADVISOR : NIMIT CHOMNAWANG, Ph.D., 170 PP.

MICRO INDUCTORS/X-RAY LITHOGRAPHY/EMBEDDED SU-8 CHIP

This work presents new process development for fabrication of LIGA micro structures detaching from substrate in forms of metal microstructure embedded in SU-8 chip. This movable chip can be directly mounted on the ICs. Furthermore, additional structures can be built on both sides of the chips. This process was used for fabricating an embedded SU-8 chip capacitor for RF applications and micro inductors for micro power converter circuits. Two types of capacitors constructed with interdigital electrodes were 350 μm -thick with 25 μm -wide dielectric gap. The SU-8 dielectric capacitor, SUT-CS, has a maximum Q-factor of 2 for 4 pF at 0.8 GHz and self-resonant frequency of 1.8 GHz. The second capacitor with an air gap, SUT-CA, has a maximum Q-factor of 4 for 2 pF at 0.8 GHz and self-resonant frequency of 2.2 GHz.

Two types of rectangular spiral inductors were designed and fabricated. The SUT-L1 inductors consist of 3.5 turns and 5.5 turns with E-I gapped core. These spiral inductors have 65 μm -wide conductor line, 150 μm -thick $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ magnetic core with a relative permeability of 400, 60 μm -wide air-gap and overall area of 8.32 mm^2 . DC resistances were 21 $\text{m}\Omega$ and 25 $\text{m}\Omega$. The inductances vary in ranges of 60 nH to 120 nH and 48 nH to 65 nH in a frequency range of 20MHz to 30 kHz. The inductors were not saturated when the bias currents were up to 1 A. The SUT-L2 inductors were designed with pot-core type. They were fabricated for 3 turns to 16 turns in area of 1.8 mm^2 to 9.5 mm^2 ,

conductor width of 25 μm , and overall height of 360 μm . The heights of $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ core, insulating layer, and spiral conductor were, 8 μm , 50 μm , and 250 μm , respectively. The Measured DC resistances were 30 m Ω to 335 m Ω . At 1 MHz, the inductances were 75 nH to 1.33 μH . Saturation currents of inductors were in a range of 420 mA to 150 mA.



School of Electrical Engineering

Academic Year 2013

Student's Signature _____ อภิวัฒน์ อภินันท์

Advisor's Signature _____ ศศิธร วัฒนพงศ์

Co-Advisor's Signature _____ ดร. วิษณุกร