T 160368

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างและศึกษาตัวเก็บประจุขนาด 10 pF ชนิดฟิวส์ซิลิกาเป็นสารไดอิเล็กทริกเพื่อใช้เป็นมาตรฐานทุติยภูมิ โดยระบบนี้จะประกอบไปด้วยสองแผ่นตัวนำที่ทำหน้าที่เป็นขั้วอิเล็กโทรดโดยมีฟิวส์ซิลิกาเป็นสารไดอิเล็กทริก ภายใต้เงื่อนไขเหล่านี้พบว่าเมื่อมีสนามไฟฟ้าขนาดคงที่และมีทิศตั้งฉากกับแผ่นตัวนำ ผลของคาปาซิแตนท์จะเท่ากับไดอิเล็กทริกเพอร์มิททิวิตี้ (Dielectric Permittivity) คูณด้วยพื้นที่แล้วหารด้วยระยะระหว่างอิเล็กโทรด ซึ่งอิเล็กโทรดนี้ได้รับการเคลือบด้วยวิธีสปัตเตอริง (Sputtering) ซึ่งเป็นวิธีเคลือบผิวที่ให้ความคงทนในการยึดเกาะของฟิล์มสูงกว่าวิธีระเหยสาร ในงานวิจัยนี้เลือกใช้เงินเป็นสารเคลือบโดยใช้ระยะเวลา 10 นาทีในการเคลือบฟิล์มบางเงิน ทำให้ฟิล์มบางเงินมีความหนาประมาณสองไมโครเมตร อุปกรณ์บรรจุตัวเก็บประจุสร้างจากเหล็กกล้าไร้สนิมภายในอัดด้วยกาซไนโตรเจนและมีโครงสร้างขั้วต่อแบบ 3–Terminal ใช้สายโคเอกเชียล (Coaxial Cable) ในการลดผลกระทบจาก สเตรย์คาปาซิแตนท์ ตัวนำภายนอกหรือชีล (Shield) ของโคเอกเชียลของสายต่อกับขั้วการ์ด วิธีนี้เหมาะสมกับการวัดอิมพีแดนท์สูงหรือการวัดคาปาซิแตนท์ต่ำๆแต่ไม่เหมาะกับการวัดอิมพีแดนท์ต่ำเพราะค่าความเหนี่ยวนำของสายและความต้านทานของสาย การประเมินและวิเคราะห์ผลการวัดต่างๆ เช่น ศึกษาผลกระทบของสเตรย์คาปาซิแตนท์ (Stray Capacitance) สัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิ (Temperature Coefficient) ความเสถียรทางเวลา (Drift) การขึ้นตรงต่อแรงดัน (Voltage Dependence) การขึ้นตรงต่อความถี่ (Frequency Dependence) ความเสถียรทางกล (Mechanical Stability) และฮีสเตอร์รีสีส (Hysteresis) จากการผลทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าความเหนี่ยวนำของสายและสเตรย์คาปาซิแตนท์มีผลต่อค่าคาปาซิแตนท์ที่วัดได้ประมาณ 0.002 ppm ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าความเหนี่ยวนำของสายและสเตรย์คาปาซิแตนท์มีผลกระทบต่อตัวเก็บประจุที่สร้างขึ้น

อย่างไม่มีนัยสำคัญ สัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิของตัวเก็บประจุเท่ากับ 70 ppm /°C ซึ่งเป็นผลมาจากค่าไดอิเล็กทริกที่แปรเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ การขึ้นตรงของคาปาซิแตนท์ต่อแรงดันในช่วง 0.75 V_{rms}ถึง 15 V_{rms} ในช่วงความถี่ตั้งแต่ 50 Hz ถึง 20 kHz พบว่าสามารถแบ่งออกเป็นสองช่วงคือในช่วงแรงดันต่ำกว่า 4 V_{rms} มีขนาดการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ10 ppm ส่วนช่วงแรงดันมากกว่า 4 V_{rms} ขนาดของการเปลี่ยนแปลงมีค่าน้อยกว่า 2 ppm จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่าแรงดันมากกว่า 4 V_{rms} เป็นช่วงที่เหมาะสมในการใช้งาน สำหรับการขึ้นตรงต่อความถี่มีการศึกษาในช่วงความถี่ตั้งแต่ 50 Hz ถึง 20 kHz ในแต่ละแรงดันระหว่าง 0.75 V_{rms}ถึง 15 V_{rms} เมื่อความถี่เพิ่มขึ้นค่าคาปาซิแตนท์ลดลงจนถึงความถี่ 4 kHz จากนั้นค่าคาปาซิแตนท์จะเริ่มเพิ่มขึ้นในทุกย่านแรงดัน เมื่อเปรียบเทียบค่าคาปาซิแตนท์ ณ ความถี่ต่างๆกับค่าคาปาซิแตนท์ ณ ความถี่อ้างอิง 1 kHz พบว่ามีขนาดของการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดประมาณ 40 ppm แต่เมื่อพิจารณาการขึ้นตรงต่อความถี่ในช่วง 400 Hz ถึง 20 kHz ในแต่ละแรงดันคงที่ 4 V_{rms}ถึง 15 V_{rms} พบว่ามีขนาดของการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดประมาณ 10 ppm ผลกระทบความเสถียรทางกลที่เกิดขึ้นเนื่องจากโครงสร้างภายในเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำต่อตัวเก็บประจุพบว่ามีขนาดการเปลี่ยนแปลงประมาณ 2 ppm ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากองค์ประกอบหลักที่ยึดชิ้นงานของฟิวส์ซิลิกาเอาไว้ไม่สามารถกลับสู่สภาวะสมดุล สำหรับฮีสเตอร์รีสีสพบคาปาซิแตนท์ในแต่ละช่วงของการปรับอุณหภูมิมีความแตกต่างกันมากที่สุดประมาณ 2 ppm และสำหรับค่าความเสถียรทางเวลามีค่าประมาณ 18 ppmต่อปี อย่างไรก็ตามช่วงระยะเวลาในการเก็บค่าคาปาซิแตนท์นี้สั้น หลักปฏิบัติโดยทั่วไปในการเก็บข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ดังกล่าวควรมีระยะเวลามากกว่าสองปีเพื่อดูแนวโน้มค่าคาปาซิแตนท์ที่เกิดขึ้น

Abstract

TE 160368

This research is a construction and study of a 10 pF fused silica dielectric capacitor as a secondary standard. The capacitor consists of two conducting plates, which are electrodes, separated by dielectric, i.e. fused silica. Under this structure, the magnitude of the electric field, perpendicular to the plates, is constant. Therefore, the capacitance is the product of the dielectric permittivity and the area divided by the distance between two electrodes. The sputtering method is chosen for coating silver onto fused silica surfaces because of the better thin film adhesion than what is obtained from the evaporation method. The sputtering time of 10 minutes, provide two micrometers thickness of Ag film. The capacitor housing is made of stainless steel and filled with nitrogen gas. The configuration of 3 terminal capacitor is chosen and a coaxial cable is used to reduce the effect from stray capacitance by connecting the outer conductor or the shield of coaxial cable to the guard terminal. This method is suitable for higher impedance measurements or lower capacitance measurements but it is not suitable for lower impedance measurements or higher capacitance measurements because the lead inductance and resistance remain in the circuit. The analysis and the evaluation of the measurement results comprise the effects of stray capacitance, temperature coefficient, drift, voltage dependence, frequency dependence, mechanical stability, and hysteresis. The measured results show that the effect of the lead inductance and the stray capacitance to the effective capacitance is about 0.002 ppm, which means the lead inductance and stray capacitance affect the effective capacitance of the capacitor insignificantly. The temperature coefficient of the

capacitor is 70 ppm/°C, which is due to the dependency of the dielectric constant on temperature. The voltage coefficient of capacitance for the 0.75 V_{rms} to 15 V_{rms} ranges in the studied frequency range of 50 Hz to 20 kHz ranges can be divided into two regions. The first region is when the voltage is below 4 V_{rms}. In this region, the maximum change is about 10 ppm. In the second region, the maximum change is less than 2 ppm. Therefore, the second region is considered as a suitable one. For the voltage V = 0.75 V_{rms} and the frequency ranges 50 Hz to 20 kHz, the capacitance decreases with increasing frequency from 50 Hz to 4 kHz, then the capacitance increases with increasing frequency in the remaining region. The comparison between the capacitance at a given frequency in the same ranges of voltage and frequency and the capacitance at reference frequency, 1 kHz, normalized by the reference value, shows that the maximum change is about 40 ppm. For voltage between 4 V_{rms} to 15 V_{rms} ranges and the frequency ranges 400 Hz to 20 kHz, the capacitance decreases with increasing frequency from 400 Hz to 4 kHz, then the capacitance increases with increasing frequency in the remaining region. The comparison between the capacitance at a given frequency in the same ranges of voltage and frequency and the capacitance at the reference frequency, 1 kHz, normalized by the reference value, shows that the maximum change is about 10 ppm. The mechanical stability of the capacitor due to the change of the external force acting on the inner structure is studied. The maximum change after the change in the position is about 2 ppm. This occurs due to the main holder of the fused silica can not settle down after the change in positions. The hysteresis of the capacitance at each adjusted temperature has maximum change about 2 ppm. The long term drift of the capacitance is about 18 ppm/year. However, the period of data collecting is too short. The normal practice for data collecting period should be longer than two years.