

NON-PLANAR DRIVE-SENSE COIL STRUCTURE FOR INDUCTIVE MEMS MICROPHONES

Mustafa İlker Beyaz*

†Department of Electrical and Electronics Engineering, Antalya Bilim University, Antalya, Turkey

*Corresponding Author: Mustafa İlker Beyaz, email: mibeyaz@antalya.edu.tr

ABSTRACT

MEMS technology offers major advantages for the development of microphones including a small footprint, low power consumption, high sound sensitivity and bandwidth. Capacitive, piezoelectric, and inductive microphones have been reported so far, each having their own advantages and disadvantages. Among these signal generating mechanisms, inductive transduction poses advantages for monolithic integration into CMOS circuits due to material compatibility, simple coil fabrication through a single metal deposition and patterning process, and the exclusion of a back plate such as that in capacitive microphones. Previous studies on MEMS inductive microphones mainly focused on optimization of individual drive and sense coil designs, and horizontal magnetic flux densities (Tounsi et al., 2009; Tounsi et al., 2016). In addition to these aspects, high signal sensitivity requires the maximization of the spatial derivative of the vertical magnetic flux created by the drive coil acting on the sensing coil. To achieve this, we report for the first time a detailed study on the optimization of the vertical arrangement of these coils. The coils were modeled on COMSOL software under AC/DC module. A flux density of 1 T was associated with the drive coil, while the total flux on the sense coil was evaluated as the vertical displacement between the two coils were varied from 0 – 200 μm in 10 μm steps. This study was repeated for a number of sense coil radii ranging from 0.25 mm to 2 mm to explore the results in different microphone designs. Through numerical differentiation, we have demonstrated that the maximum spatial derivative is achieved in a non-planar drive-sense coil arrangement, with an average coaxial coil distance of 110 μm depending on the coil radius. In addition to this optimization study, a microfabrication process flow is developed to manufacture the non-planar coils while leaving the required distance between them.

Keywords: microphone, sensor, MEMS, non-planar coils

ENDÜKTİF MEMS MİKROFONLARI İÇİN DÜZLEMSEL OLMAYAN SÜRÜŞ- ALGILAMA BOBİN YAPISI

ÖZET

MEMS teknolojisi, mikrofonların geliştirilmesi noktasında için küçük boyut, düşük güç tüketimi, yüksek hassasiyet ve frekans aralığı gibi birçok avantaj sunmaktadır. Şimdiye kadar bu teknoloji kullanılarak kendine has avantaj ve dezavantajları ile kapasitif, piezoelektrik ve endüktif mimarili mikrofonlar üretilmiştir. Bunlar arasında endüktif mimari, malzeme uyumluluğu, tek metal tabakası ile bobin serimi, ve arka plakaya ihtiyaç duyulmaması gibi kolaylıklara sahip olup, CMOS entegrasyonu noktasında üstünlük arz etmektedir. Endüktif MEMS mikrofonları üzerine yapılan geçmiş çalışmalar, daha çok sürüş ve algılama bobin tasarımları ile birlikte yatay manyetik akı yoğunluğunun optimizasyonuna yönelik olmuştur (Tounsi ve ark., 2009; Tounsi ve ark., 2016). Bu unsurlara ilaveten mikrofonlarda yüksek hassasiyeti elde etmek, aynı zamanda dikey manyetik akı yoğunluğunun uzaysal türevinin en iyileştirilmesine bağlıdır. Bu amaçla ilk kez yürütülen bu araştırmamızda, sürüş ve algılama bobinlerinin optimum dikey konumlandırılması çalışmamız ve sonuçları rapor edilmektedir. Bobinler COMSOL programının AC/DC modülünde modellenmiştir. Sürüş bobinine 1 T büyüklüğünde bir manyetik akı yoğunluğu tayin edilmiş ve algılama bobini üzerine etkiyen manyetik akı yoğunluğu, iki bobin arasındaki dikey mesafe 0-200 μm arasında 10 μm 'lik basamaklarla değiştirilerek simüle edilmiştir. Bu çalışma algılama bobininin yarı çapının 0.25 mm ile 2 mm arasında değiştiği durumlarda tekrarlanarak farklı mikrofon tasarımlarında ortaya çıkan durumlar araştırılmıştır. Nümerik türev alma işlemi sonrasında maksimum uzaysal türevin, düzlemsel olmayan ve bobin yarıçapına bağlı olarak sürüş ve algılama bobini arasında ortalama 110 μm mesafenin bulunduğu durumda elde edildiği gösterilmiştir. Bu optimizasyon çalışmasına ilaveten, sözkonusu mesafeyi içeren düzlemsel olmayan bobin yapısının üretimine yönelik bir mikrofabrikasyon üretim akışı tasarlanmıştır.

Anahtar sözcükler: mikrofon, algılayıcı, MEMS, düzlemsel olmayan bobinler

Tounsi, F., Mezghani, B., Rufer, L., Mir, S., Masmoudi, M. (2009). Electromagnetic Modeling of an Integrated Micromachined Inductive Microphone, *International Conference on Design and Technology of Integrated Systems in Nanoscale Era*, 38-43.
Tounsi, F., Said, M., Rufer, L., Mezghani, B., Masmoudi, M. (2016). Optimization of Induced Voltage from CMOS-Compatible MEMS Electrodynamic Microphone with Coaxial Planar Inductances, *IEEE Sensors Journal*, 16, 6879-89.