

Investigating the reliability of electrostatic comb-drive actuators used in microfluidic and space systems using finite element analysis

Calcul de la fiabilité des actionneurs électrostatiques en peigne utilisés dans les systèmes micro-fluidiques et spatiaux utilisant la méthode des éléments finis

Walied A. Moussa, Hesham Ahmed, Wael Badawy, and Medhat Moussa

This study focuses on investigating the design parameters of lateral electrostatic comb-drive actuators, where the effect of these parameters on the actuation performance is explored using finite element analysis (FEA). This level of analysis is essential to the design process of system-on-a-chip microelectromechanical systems (MEMS) applications, where a comb drive can represent the main source of actuation within the chip system. Of particular interest to this study is the application of the electrostatic comb-drive motor as a fluidic pump in on-a-chip systems used for drug delivery or in cooling of microprocessors used in space vehicles. The commercial FE package ANSYS is utilized to construct a robust comb-drive model and solve its multiphysics interaction problem using the direct coupled-field analysis. In this model, the thickness, gap and overlap of the comb fingers are varied. The design of this model is also modulated to account for changes in the number of comb fingers and the applied driving voltage. The calculated comb displacement and generated electrostatic force are shown to be directly proportional to the number of comb fingers. Moreover, the generated electrostatic force is found to be inversely proportional to the gap between the comb fingers. As the thickness of these fingers increases, the displacement is found to increase for a given value of the driving voltage. The electrostatic force is also shown to be proportional to the offset (i.e., overlap) value between the fingers. To facilitate the use of the current study results in optimizing the design process of comb drives, an effort is made in the current work to condense these results into a compact nondimensional form that correlates the geometric and electrical parameters of the studied comb drive to the resulting displacement and force.

Cette étude s'intéresse à l'étude par la méthode des éléments finis des paramètres de design des actionneurs électrostatiques latéraux en peigne de même que l'effet des paramètres sur les performances des actionneurs. Une telle finesse d'analyse est nécessaire à la conception de dispositifs intégrés dans les applications de systèmes micro-électro-mécaniques (MEMS) car l'entraînement en peigne peut constituer la principale source d'actionnement dans le système intégré. L'intérêt principal de cette approche est qu'elle peut s'appliquer à la conception de moteurs à peignes électrostatiques pour les pompes à fluides dans les systèmes sur une puce intégrés pour la distribution de doses de médicaments ou pour le refroidissement de micro-processeurs dans les véhicules spatiaux. Un modèle robuste de l'entraînement en peigne est construit grâce au package logiciel d'éléments finis ANSYS et pour résoudre le problème d'interaction multi-physique grâce à une analyse directe de champ couplé. Dans le modèle, on peut modifier l'épaisseur, l'espacement et le chevauchement entre les dents du peigne. La conception du modèle prend aussi en compte la variation du nombre de dents du peigne et des valeurs de la tension d'entraînement. Le calcul des déplacements des dents du peigne et de la force électrostatique générée montre leur dépendance directement proportionnelle au nombre de dents du peigne. De plus, la force électrostatique générée est pour sa part inversement proportionnelle à l'espacement entre les dents du peigne. Pour une valeur fixe de la tension d'entraînement, le déplacement augmente avec l'épaisseur des dents du peigne. La force électrostatique est aussi proportionnelle à l'offset entre les dents. L'utilisation de cette étude pour l'optimisation du processus de conception de systèmes d'entraînement à peigne est facilitée par la présentation d'une forme compacte adimensionnelle corrélant les paramètres géométriques et électriques de l'entraînement à l'étude au déplacement et à la force résultants.

Keywords: MEMS reliability, MEMS failure mechanisms, on-a-chip systems, comb drives, finite element