

Halbleitertechnologie von A bis Z

Mikromechanik

Der MEMS-Beschleunigungssensor	3
<i>Aufbau: seismische Masse und Federn</i>	3
<i>Kapazitive Auslesung: die Kammstruktur</i>	3
<i>Von der Kapazitätsänderung zum Signal</i>	4

Der MEMS-Beschleunigungssensor

Aufbau: seismische Masse und Federn

Ein MEMS-Beschleunigungssensor misst Beschleunigung, indem er die Trägheit einer kleinen, beweglichen Masse ausnutzt – der sogenannten seismischen Masse (englisch *proof mass*). Diese Masse ist über dünne, elastische Federstrukturen mit dem umgebenden, feststehenden Substrat verbunden, meist gefertigt im Surface-Micromachining-Verfahren aus derselben Polysilicium-Strukturschicht wie die Masse selbst. Wirkt eine Beschleunigung auf den Sensor, bleibt die Masse aufgrund ihrer Trägheit zunächst zurück, während sich das Gehäuse mitbewegt – die Federn lenken die Masse relativ zum Substrat aus, proportional zur einwirkenden Beschleunigung.

Die Auslenkung selbst ist typischerweise winzig – oft nur einige Nanometer bis wenige Mikrometer –, weshalb sie nicht mechanisch, sondern elektrisch ausgelesen wird.

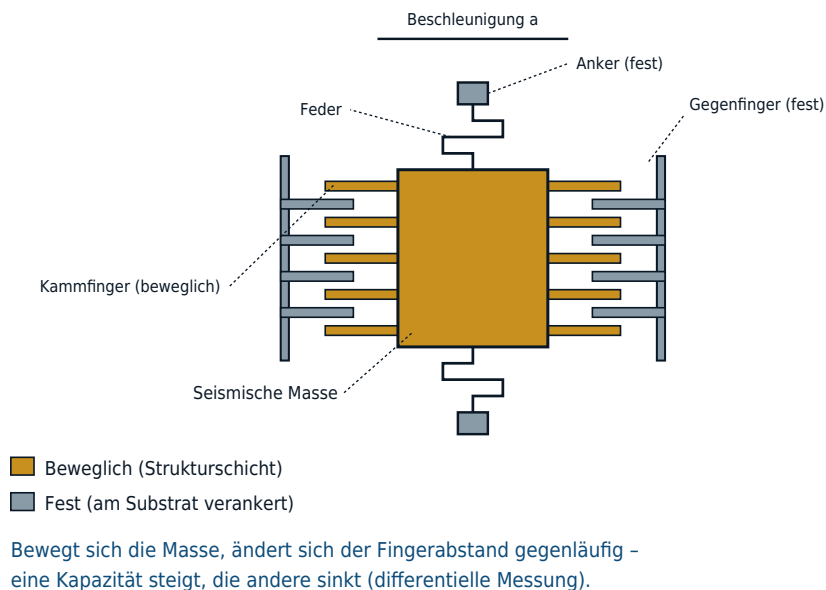
Kapazitive Auslesung: die Kammstruktur

Zur elektrischen Auslesung trägt die seismische Masse an ihren Rändern feine, kammartig ineinandergreifende Finger, die zusammen mit feststehenden Gegenfingern am Substrat ein Array kleiner Kondensatoren bilden – daher der Name Kammstruktur (englisch *comb structure* oder *comb-drive*). Jeder bewegliche Finger bildet mit den beiden benachbarten feststehenden Fingern zwei Kondensatoren, deren Kapazität vom Abstand zwischen den Fingern abhängt.

Bewegt sich die Masse durch eine einwirkende Beschleunigung, verringert sich der Abstand auf der einen Seite jedes Fingerpaars und vergrößert sich auf der anderen – die eine Kapazität steigt, die andere sinkt. Diese gegenläufige (differentielle) Kapazitätsänderung lässt sich präzise und weitgehend unabhängig von Temperaturschwankungen messen, da Störeinflüsse beide Kapazitäten meist gleichermaßen betreffen und sich bei der Differenzbildung herauskürzen.

Die Kammstruktur eines MEMS-Beschleunigungssensors

Draufsicht: seismische Masse, Federn und Kammfinger



Von der Kapazitätsänderung zum Signal

Eine direkt neben der mechanischen Struktur integrierte Auswerteschaltung (ASIC) wandelt die winzige differentielle Kapazitätsänderung – oft im Bereich von Femtofarad – in eine messbare Spannung um. Diese enge räumliche Nähe von mechanischem Sensorelement und Elektronik ist einer der Hauptgründe, warum Beschleunigungssensoren typischerweise im Surface-Micromachining-Verfahren gefertigt werden: Beide Teile lassen sich auf demselben Chip oder zumindest im selben Gehäuse mit kurzen Signalwegen realisieren.

Zusätzlich ist die federnd aufgehängte Masse oft leicht gedämpft, etwa durch das umgebende Gas im Gehäuse, um ein unkontrolliertes Nachschwingen nach abrupten Beschleunigungsänderungen zu verhindern und die nutzbare Bandbreite des Sensors festzulegen.