



مقدمه‌ای بر سیستم‌های میکروالکترومکانیکی
و کاربردهای آن
(MEMS)

تألیف و گردآوری:

شهرام محبوبی زاده

کارشناس ارشد مهندسی سرامیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

شاهین محبوبی زاده

کارشناسی مهندسی برق مخابرات دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب



نشر ناشدین

Nashrin Publication

سرشناسه : محبوبی زاده، شهرام، ۱۳۶۷ -
 عنوان و نام : مقدمه‌ای بر سیستم‌های میکروالکترومکانیکی و کاربردهای آن
 پدیدآور :
 مشخصات نشر : تهران: راشدین، ۱۳۹۳.
 مشخصات : ۲۰۹ ص.
 ظاهری :
 شابک : 978-600-361-082-8
 وضعیت فهرست : فنیای مختصر
 نویسی :
 یادداشت : این مدرک در آدرس <http://opac.nlai.ir> قابل دسترسی است.
 شناسه افزوده : محبوبی زاده، شاهین، ۱۳۷۲ -
 شماره کتابشناسی : ۳۷۵۸۹۸۲
 ملی :



■ انتشارات راشدین

عنوان کتاب:	مقدمه‌ای بر سیستم‌های میکروالکترومکانیکی و کاربردهای آن
مؤلف:	شهرام محبوبی زاده - شاهین محبوبی زاده
نظارت کیفی:	راهب عارفی
نظارت فنی:	محمد معین عارفی
صفحه‌آر و طراح جلد:	افسانه حسن‌بیگی
چاپ و صحافی:	تاب
توبت چاپ:	اول - ۱۳۹۳
شمارگان:	۱۰۰۰
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۳۶۱-۰۸۲-۸
قیمت:	۱۲۰۰۰ ریال
نشانی:	میدان انقلاب - کارگر جنوبی کوچه گشتاسب پلا ۴ واحد ۶
تلفن / نمابر:	۶۶۴۷۶۱۴۷ - ۶۶۴۰۸۲۲۴
پایگاه اینترنتی:	www.rashedin.info
پست الکترونیک:	Email: rashed1829@yahoo.Com

کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است

فهرست مطالب

۸	 پیشگفتار
۹	 فصل اول: مقدمه‌ای بر سیستم های میکرو الکترومکانیکی (MEMS)
۹	 (۱-۱) مقدمه
۱۴	 (۲-۱) روش های تحریک
۱۵	 (۱-۲-۱) تحریک گرمایی
۱۹	 (۳-۲-۱) تحریک الکترو استاتیک
۲۴	 (۳-۱) تاریخچه
۲۵	 (۴-۱) چشم انداز صنعت MEMS
۲۹	 فهرست مراجع
۳۱	 فصل دوم : سونیچ های میکروالکترومکانیکی (MEMS)
۳۱	 (۱-۲) مقدمه
۳۳	 (۲-۲) انواع سونیچ
۳۳	 (۱-۲-۲) سونیچ های مکانیکی
۳۴	 (۲-۲-۲) سونیچهای نیمه هادی
۳۵	 (۳-۲-۲) سونیچ های میکروالکترومکانیکی
۳۹	 (۳-۲) انواع سونیچ های MEMS
۴۳	 (۱-۳-۲) سونیچ پل معلق
۴۵	 (۲-۳-۲) سونیچ RF MEMS با باریکه لنگری (سگدست)
۴۸	 (۴-۲) چالشها
۵۱	 (۶-۲) دسته بندی سویچ های میکروالکترومکانیکی
۶۵	 (۷-۲) روش های راه اندازی سویچ:
۶۷	 (۸-۲) ساختار مکانیکی سویچ میکروالکترومکانیکی
۷۰	 (۱-۸-۲) بررسی ساختار بیم دو طرف ثابت:
۸۰	 (۲-۸-۲) آنالیز دینامیک خطی بیم
۸۲	 (۳-۸-۲) محاسبه زمان سونیچینگ
۸۸	 (۵-۸-۲) ولتاژ لازم برای پایین نگه داشتن بیم متحرک:
۹۶	 (۲-۱۰-۲) مدل مداری سویچ موازی
۹۶	 (۱۱-۲) پارامترهای پراکندگی (S- Parameter)

۹۷	 محاسبه تلفات	۱۲-۲
۱۰۶	 SPDT	۱۶-۲
۱۱۲	 پیروسه ساخت	۱۹-۲
۱۲۹	 فصل سوم: سنسورهای بر پایه ی فناوری MEMS	
۱۲۹	 (۱-۳) مقدمه	۱-۳
۱۳۱	 (۲-۳) تعریف سنسور	۲-۳
۱۳۱	 (۳-۳) تعریف ترانسدیوسر	۳-۳
۱۳۲	 (۴-۳) تعریف ترانسمیتر	۴-۳
۱۳۲	 (۵-۳) انواع سیگنال	۵-۳
۱۳۳	 (۱-۵-۳) سیگنالهای آنالوگ و دیجیتال	۱-۵-۳
۱۳۳	 (۶-۳) مدار پایه ای سنسور	۶-۳
۱۳۵	 (۷-۳) ترانسمیترها	۷-۳
۱۳۶	 (۸-۳) ثبت کننده ها (Recorders)	۸-۳
۱۳۹	 فصل چهارم: انواع سنسورها	
۱۳۹	 (۱-۴) سنسور های ضد انفجار	۱-۴
۱۴۰	 (۲-۴) سنسورهای درجه حرارت	۲-۴
۱۴۱	 (۱-۲-۴) ترموکوپل	۱-۲-۴
۱۴۱	 (۲-۲-۴) انواع ترموکوپل	۲-۲-۴
۱۴۲	 (۳-۲-۴) چگونگی نصب و قرار گیری ترموکوپل	۳-۲-۴
۱۴۳	 (۳-۴) مقاومت حساس به دما یا RTD	۳-۴
۱۴۵	 (۵-۴) ترمیستور	۵-۴
۱۴۷	 (۶-۴) پارامترهای فشار	۶-۴
۱۴۷	 (۷-۴) لوله خوردن به عنوان سنسور فشار (Burden sesnsor)	۷-۴
۱۴۸	 (۸-۴) سنسور فشار دیافراگمی	۸-۴
۱۴۸	 (۹-۴) سنسورهای فشار دمنده	۹-۴
۱۴۹	 (۱۰-۴) کشش سنج	۱۰-۴
۱۵۰	 (۱۱-۴) سلول بار	۱۱-۴
۱۵۱	 (۱۱-۴) سنسورهای دیگر فشار	۱۱-۴
۱۵۱	 (۱۲-۴) سنسور های چگالی و چسبندگی	۱۲-۴

۱۵۲	 سنسور چسبندگی (۱-۱۲-۴)
۱۵۲	 سنسورهای موقیت (۱۳-۴)
۱۵۴	 سنسورهای تشخیص اشیا (۱۴-۴)
۱۵۶	 سنسورهای نوری (۱۵-۴)
۱۵۹	 فصل پنجم: تعاریف کاربردی در زمینه ی سیستم ها
۱۵۹	 (۱-۵) سیستم چیست
۱۵۹	 (۲-۵) تعریف پروسه
۱۶۰	 (۳-۵) تعریف خروجی
۱۶۰	 (۴-۵) نویز یا اغتشاش
۱۶۰	 (۵-۵) اتوماسیون
۱۶۱	 (۶-۵) انواع سیستم های کنترل
۱۶۱	 (۱-۶-۵) سیستمهای حلقه بسته با فید بک دار
۱۶۲	 (۲-۶-۵) سیستمهای حلقه باز یا بدون فید بک
۱۶۳	 (۷-۵) کنترل صنعتی
۱۶۳	 (۱-۷-۵) کنترل اتوماتیک
۱۶۳	 (۲-۷-۵) کنترل غیر اتوماتیک (دستی)
۱۶۴	 (۸-۵) روتین کنترل و پروسه
۱۶۴	 (۹-۵) ادوات ورودی
۱۶۴	 (۱-۹-۵) ترانسدیوسر
۱۶۴	 (۲-۹-۵) ترانسمیتر
۱۶۴	 (۳-۹-۵) سنسور
۱۶۵	 (۴-۹-۵) مقایسه گر
۱۶۵	 (۵-۹-۵) کنترلر
۱۶۵	 (۶-۹-۵) تقویت کننده
۱۶۶	 (۷-۹-۵) محرک و عملگر
۱۶۷	 فصل ششم: درآمدی بر پیزو الکتریک ها
۱۶۷	 (۱-۶) مقدمه
۱۶۸	 (۲-۶) تعریف پیزو الکتریک ها
۱۶۹	 (۳-۶) تاریخچه کشف

۱۷۱	۴-۶) اثر پیزوالکتریک
۱۷۱	۵-۶) اثر پیزوالکتریک مستقیم و معکوس
۱۷۲	۶-۶) ارتباط اثر پیزوالکتریک با ساختار مولکولی مواد
۱۷۳	۷-۶) سونچ ها
۱۷۴	۷-۶) انواع پیزوالکتریک ها
۱۷۵	۸-۶) سرامیک های پیزو الکتریک
۱۸۰	۸-۶-۲) معایب سنسورهای پیزوسرامیک
۱۸۲	۹-۶) پلیمرهای پیزو الکتریک
۱۸۷	۱۰-۶) تک کریستال های پیزو الکتریک
۱۸۹	۱۰-۶-۱) مزایای تک کریستال های پیزو الکتریک
۱۹۰	۱۰-۶-۲) معایب تک کریستال های پیزو الکتریک
۱۹۰	۱۱-۶) کامپوزیت های پیزو الکتریک
۱۹۲	۱۱-۶-۱) طراحی مواد کامپوزیت
۱۹۶	۱۱-۶-۲) آماده سازی و مشخصات مواد کامپوزیت پلیمر-پیزوسرامیک با اتصال 1-3
۱۹۹	۱۱-۶-۳) کاربردهای سرامیک ها در مهندسی برق
۲۰۰	۱۲-۶) شتاب سنج های پیزو الکتریک
۲۰۳	۱۲-۶) موتور پیزو الکتریک
۲۰۷	مراجع

پیشگفتار

در کتاب پیش رو، فناوری سیستم های میکروالکترومکانیکی MEMS فاز مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. ازجمله مشکلاتی که سازه های از لحاظ کاربردی MEMS با آن مواجه می باشند می توان به بالا بودن ولتاژ بایاس، بهینه نبودن پارامترهای تمام موج نظیر اتلاف افزوده و ایزولاسیون، غیر خطی بودن خواص تغییر دهنده های فاز و ... اشاره نمود. در ابتدا به ذکر مقدمه ای از سیستم میکروالکترومکانیکی پرداخته و به ذکر انواع مختلف تحریک این سیستم و تاریخچه سیستم های میکروالکترومکانیکی پرداخته می شود. در ادامه به بررسی سونیچ های RF MEMS به عنوان مهمترین المان میکرومکانیکی پرداخته و پارامترهای مکانیکی و الکترومغناطیسی آن شرح داده می شود، سپس به بررسی تغییر دهنده های فاز، سلف های میکروالکترومکانیکی و آنتن های طرح پذیر با کمک این سونیچ ها پرداخته می شود. و در بخش های بعدی به تعریف و تقسیم بندی سنسور ها پرداخته و حسگر های ساخته شده بر پایه ی سیستم های میکروالکترومکانیکی را بیان مینماییم و سپس به بیان واژگان و مفاهیم پر کاربرد در زمینه ی سیستم های MEMS میپردازیم و در نهایت به بررسی یکی از مواد تشکیل دهنده ی مهم در این نوع سیستم ها که پیزوالکترک ها می باشند میپردازیم. امید است که با بیان این مطالب توانسته باشیم تا قدمی در درک و فهم روشن تر خوانندگان در زمینه های سیستم های MEMS برداشته باشیم.

مؤلفین

پاییز ۱۳۹۳