بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه ی کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی مکانیک گرایش طراحی کاربردی

عنوان پایان‌نامه:

بررسی اثر گرمایی در کمانش سیستم‌های نانو الکترومکانیکی نوع تیر با استفاده از تئوری های مرتبه بالای محیط پیوسته

استاد راهنما:
دکتر یعقوب طادی بنی

استاد مشاور:
دکتر حسین گلستانیان

پژوهشگر:
پیام محمدی دشتکی

اسفند ماه 1391

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

پایان نامه آقای پیام محمدی دشتکی جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک گرایش طراحی کاربردی با عنوان: بررسی اثر گرمایی در کمانش سیستم‌های نانو الکترومکانیکی نوع تیر با استفاده از تئوری های مرتبه بالای محیط پیوسته در تاریخ 1391/12/15 با حضور هیأت داوران زیر بررسی و با رتبه/نمره 18/9 مورد تصویب نهایی قرار گرفت.

1. **استاد راهنمای پایان نامه دکتر یعقوب طادی بنی با مرتبه علمی استادیار** **امضاء**
2. **استاد مشاور پایان نامه دکتر حسین گلستانیان با مرتبه علمی دانشیار** **امضاء**
3. **استاد داور پایان نامه دکتر احسان زمانی با مرتبه علمی استادیار** **امضاء**
4. **استاد داور پایان نامه دکتر هادی همایی با مرتبه علمی استادیار** **امضاء**

دکتر بهزاد قاسمی

معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی

دانشکده فنی و مهندسی

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه شهرکرد است.

تقدیر و سپاس

از خانواده‌ی عزیزم که آرامش روحی و آسایش فکری فراهم نمودند تا با حمایت های همه جانبه در محیطی مطلوب، مراتب تحصیلی و نیز پایان نامه ام را به اتمام برسانم سپاسگزاری می‌نمایم. همچنین بر خود لازم می دانم که از استاد راهنمای عزیزم جناب آقای دکتر طادی که در طول مدت انجام این پایان‌نامه از رهنمودهای علمی ایشان بهره مند شدم کمال سپاسگذاری خود را اعلام نمایم. همچنین از استاد مشاور گرامی جناب آقای دکتر گلستانیان به خاطر مشاوره های علمی شان سپاسگزارم.

تقدیم به

پدر بزرگوار و مادر عزیزم

به خاطر زحمات بی دریغشان

چکیده

سیستم‌های نانو الکترومکانیکی یکی از پرکاربردترین زمینه‌های علم نانو است. به منظور طراحی و استفاده بهینه از این سیستم‌ها، ناگزیر به مطالعه خواص مکانیکی آن‌ها هستیم. از جمله خواص مکانیکی این سیستم‌ها می‌توان به ناپایداری کششی، جابه‌جایی استاتیکی، خواص ارتعاشی و کمانش آن‌ها اشاره نمود. در این پژوهش، کمانش دو نوع سیستم نانو الکترومکانیکی تیر شکل دارای دو الکترود ساکن متقارن و نیز سیستم‌های دارای یک الکترود ساکن، بر اثر نیروهای غیر خطی کازمیر و الکترواستاتیک و تحت اثر دما بررسی شده است. نیروهای الکترواستاتیک و کازمیر دو نیروی وابسته به جابجایی هستند که تاثیرات آن‌ها بر خواص مکانیکی سیستم‌های میکرو و نانو الکترومکانیکی از جمله ناپایداری کششی، ارتعاشات و کمانش قابل بررسی است. به منظور بیان معادلات حاکم بر کمانش سیستم‌های نانو الکترومکانیکی، از تئوری تیر اویلر- برنولی و تئوری تنش کوپل اصلاح شده که یک تئوری مکانیک محیط پیوسته مرتبه بالا می‌باشد، استفاده شده است. تئوری تنش کوپل اصلاح شده به منظور تفسیر و مدلسازی مقیاس نانو، دارای یک پارامتر اندازه مادی اضافی علاوه بر دو ثابت لامه می‌باشد. به منظور استخراج معادلات حاکم، پس از محاسبه انرژی کرنش پتانسیل و کار ناشی از نیروهای خارجی، از اصل همیلتون و روش حساب تغییرات، استفاده شده است. از روش حل DQM برای حل معادلات کمانش می-شود. به منظور حل معادلات غیر خطی، به خصوص برای سیستم‌های دارای یک الکترود ساکن، از روش DQ مبتنی بر تکرار استفاده شده است. در پایان اثرات پارامتر اثر اندازه مادی، نیروهایی الکترواستاتیک و کازمیر و همچنین اثر فاصله جدایی اولیه بین تیر و الکترودهای ساکن بر مقدار نیروی کمانش مطالعه شده است.

نتایج نشان می دهند که افزایش نیروهای وابسته به جابه جایی کازمیر و الکترواستاتیک سبب کاهش و افزایش پارامتر اندازه مادی باعث افزایش میزان نیروی کمانش خواهد شد اما فاصله جدایی اولیه تاثیر چندانی بر مقدار نیروی بحرانی ندارد. همچنین افزایش دما باعث کاهش نیروی کمانش بحرانی می‌گردد. با افزایش نسبت طول به ضخامت مقدار نیروی کمانش و دمای کمانش بحرانی کاهش می‌یابد. افزایش نیروی کازمیر و الکترواستاتیک باعث کاهش دمای بحرانی خواهد شد. همچنین وجود پارامتر اندازه مادی مقدار دمای بحرانی را زیاد می‌کند.

واژگان کلیدی: سیستم‌های نانو الکترومکانیکی ، تئوری تنش کوپل اصلاح شده، پارامتر اندازه مادی، نیروی کازمیر، نیروی الکترواستاتیک، اثرات دما، نیروی کمانش، روش DQM، دمای بحرانی

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
فهرست شکل‌ها	4
فهرست جداول	7
فهرست نمادها	8
فصل اول – مقدمه	10
1-1سیستم‌های میکرو و نانوالکترومکانیکی	10
1-2طبقه بندی سیستمهای الکترومکانیکی	14
1-2-1 حسگرها	14
1-2-2 عملگرها	14
1-3روش های ساخت و چالش‌های سیستم‌های نانو الکترومکانیکی	15
1-4 معرفی روش های تحریک سیستم های مکانیکی	16
1-4-1 تحریک گرمایی	17
1-4-2 تحریک مغناطیسی	18
1-4-3 تحریک پیزوالکتریک	19
1-4-4 تحریک الکترواستاتیک	19
1-5 نیروهای غیرخطی وابسته به جابه جایی	21
1-5-1 نیروی الکترواستاتیک	21
1-5-2 نیروی کازمیر	22
1-6 نگاهی به تئوری های مکانیک محیط های پیوسته	23
1-6-1 تئوری مکانیک محیط پیوسته کلاسیک	24
1-6-2 تئوری مکانیک محیط پیوسته مرتبه بالا	24
1-7 پیشینه‌ی تحقیق و بررسی منابع	26
1-8 اهداف پژوهش	28
فصل دوم – مدلسازی و معادلات حاکم	30
2-1 پیشگفتار	30
2-2 اصول تئوری تنش کوپل اصلاح شده	30

2-3 مدل سازی هندسی تیر اویلر- برنولی 31
2-4 معادلات کمانش 33
2-4-1 روش تغییرات 33
2-4-2 معادلات کمانش تیر اویلر برنولی تحت اثر نیروهای وابسته به جابجایی کازمیر و الکترواستاتیک 33
2-5 معادلات کمانش برای سیستم های نانو الکترومکانیکی بدون در نظر گرفتن اثر دما 36
2-5-1 معادلات حاکم برای سیستم نانو الکترومکانیکی تیر شکل دارای دو الکترود ساکن متقارن 36
2-5-2 معادلات حاکم سیستم نانو الکترومکانیکی تیر شکل دارای یک الکترود ساکن 37
2-6 معادلات کمانش برای سیستم های نانو الکترومکانیکی با در نظر گرفتن اثر دما 38
2-6-1 معادلات حاکم سیستم نانو الکترومکانیکی تیر شکل دارای دو الکترود ساکن متقارن 38
2-6-2 معادلات حاکم سیستم نانو الکترومکانیکی تیر شکل دارای یک الکترود ساکن 38
فصل سوم – حل معادلات و بررسی نتایج 39
3-1 پیشگفتار 39
3-2 روش حل DQ 39
3-3 معادلات و شرایط مرزی تبدیل یافته بر اساس روش DQ 41
3-4 اعمال شرایط مرزی 41
3-5 حل معادله کمانش 43
3-5-1 حل مساله کمانش برای سیستم نانو الکترومکانیکی تیر شکل دارای دو الکترود ساکن متقارن 43
3-5-2 حل مساله کمانش برای سیستم نانو الکترومکانیکی تیر شکل دارای یک الکترود ساکن 43
فصل چهارم – بررسی نتایج 45
4-1 پیشگفتار 45
4-2 بررسی اثر نیروی کازمیر و الکترواستاتیک بر نیروی کمانش بدون در نظر گرفتن اثر دما 45
4-3 بررسی اثر پارامتر اندازه مادی بر نیروی کمانش بدون در نظر گرفتن اثر دما 50
4-4 بررسی اثر دما بر نیروی کمانش 55
4-5 بررسی دمای بحرانی کمانش سیستم‌های نانو الکترومکانیکی 60
فصل پنجم – جمع بندی و پیشنهادات 64
5-1 جمع‌بندی نتایج 64
5-2 پیشنهاداتی برای پروژه های آینده 65
مقالات استخراج شده از این پایان‌نامه 65
ضمیمه الف 66

ضمیمه ب 67
ضمیمه ج 69
مراجع 72

فهرست شکل‌ها

عنوان شماره صفحه

شکل 1-1: (a) ریچارد فاینمن در حال تماشای میکروموتور ساخته شده توسط ویلیام مک‌لیلان (اولین موتور کوچکتر از اینچ) (b) موتور ساخته شده توسط ویلیام مک لیلان 11

شکل 1-2: (a) میکروموتور الکترواستاتیکی MEMS ساخته شده از سیلیکون (b) میکروآینیه‌های مکانیکی در قلب پردازندهٔ دیجیتال 12

شکل 1-3: نمونه ای از یک نانوتیر 13

شکل 1-4: (a) نمونه ای از یک میکروگریپر (b)تصویر بزرگ شده بازوی یک میکرو گریپ 15

شکل 1-5: تحریک گرمایی سوئیچ RF-MEMS بر اساس خمش باریکه 17

شکل 1-6: سوئیچ RF-MEMS با تحریک الکترو مغناطیس در حالت (a) روشن (b) خاموش 18

شکل 1-7: تصویری شماتیک از یک عملگر با تحریک الکترواستاتیک 20

شکل 2-1: مدل تیر اویلر برنولی 32

شکل 2-2: سیستم نانو الکترومکانیکی تیر شکل دارای دو الکترود ساکن متقارن 34

شکل 2-3: سیستم نانو الکترومکانیکی تیر شکل دارای یک الکترود ساکن 34

شکل 4-1: اثر نیروی کازمیر بر نیروی کمانش سیستم نانوالکترومکانیکی تیر شکل دارای دو الکترود ساکن متقارن به ازای $\beta = 0$ و $\gamma = 0.5$ 46

شکل 4-2: اثر نیروی کازمیر بر نیروی کمانش سیستم نانوالکترومکانیکی تیر شکل دارای یک الکترود ساکن به ازای $\beta = 0$ و $\gamma = 0.5$ 47

شکل 4-3: اثر نیروی الکترواستاتیک بر نیروی کمانش سیستم نانوالکترومکانیکی تیر شکل دارای دو الکترود ساکن متقارن به ازای $\alpha = 0$و $\gamma = 0.5$ 48

شکل 4-4: اثر نیروی الکترواستاتیک بر نیروی کمانش سیستم نانوالکترومکانیکی تیر شکل دارای یک الکترود ساکن به ازای $\alpha = 0$و $\gamma = 0.5$ 49

شکل 4-5: تغییرات نیروی کمانش برحسب مقادیر مختلف نیروی کازمیر و الکترواستاتیک سیستم نانوالکترومکانیکی تیر شکل دارای دو الکترود ساکن متقارن، به ازای $\gamma = 0.5$ و $\delta = 0.5$ 49

شکل 4-6: تغییرات نیروی کمانش برحسب مقادیر مختلف نیروی کازمیر و الکترواستاتیک برای سیستم نانوالکترومکانیکی تیر شکل دارای یک الکترود ساکن، به ازای $\gamma = 0.5$ و $\delta = 0.5$ 50

شکل 4-7: اثر نسبت ضخامت به پارامتر اندازه مادی بر نیروی کمانش سیستم نانوالکترومکانیکی تیر شکل دارای دو الکترود ساکن متقارن، به ازای $\gamma = 1$ 51

شکل 4-8: اثر نسبت ضخامت به پارامتر اندازه مادی بر نیروی کمانش سیستم نانوالکترومکانیکی تیر شکل دارای یک الکترود ساکن، به ازای $\gamma = 1$ 52

شکل 4-9: شکل4-9 اثر نسبت فاصله جدایی اولیه به عرض تیر بر نیروی کمانش سیستم نانوالکترومکانیکی تیر شکل دارای دو الکترود ساکن متقارن، به ازای $\delta = 0.5$ 52
شکل4-10: اثر نسبت فاصله جدایی اولیه به عرض تیر بر نیروی کمانش سیستم نانوالکترومکانیکی تیر شکل دارای یک الکترود ساکن، به ازای $\delta = 0.5$ 53
شکل4-11: تغییرات نیروی کمانش برحسب نسبت فاصله جدایی به عرض تیر و نسبت ضخامت تیر به پارامتر اثر اندازه برای سیستم نانوالکترومکانیکی تیر شکل دارای دو الکترود ساکن متقارن، به ازای $\alpha = \beta = 20$ 54
شکل4-12: تغییرات نیروی کمانش برحسب نسبت فاصله جدایی به عرض تیر و نسبت ضخامت تیر به پارامتر اثر اندازه برای سیستم نانوالکترومکانیکی تیر شکل دارای یک الکترود ساکن، به ازای $\alpha = \beta = 20$ 54
شکل4- 13: اثر دما بر نیروی کمانش سیستم نانوالکترومکانیکی تیر شکل دارای دو الکترود ساکن متقارن، به ازای $L/H = 20$ ، $\delta = 0.5$ ، $\gamma = 0.5$ 55
شکل4-14: اثر دما بر نیروی کمانش سیستم نانوالکترومکانیکی تیر شکل دارای یک الکترود ساکن، به ازای $L/H = 20$ ، $\delta = 0.5$ ، $\gamma = 0.5$ 56
شکل4-15: اثر دما بر نیروی کمانش سیستم نانوالکترومکانیکی تیر شکل دارای دو الکترود ساکن متقارن، به ازای $\gamma = 0.5$ ، $\alpha = \beta = 20$ و $L/H = 20$ 56
شکل4-16: اثر دما بر نیروی کمانش سیستم نانوالکترومکانیکی تیر شکل دارای یک الکترود ساکن، به ازای $\gamma = 0.5$ ، $\alpha = \beta = 20$ و $L/H = 20$ 57
شکل4-17: اثر نسبت طول به ضخامت بر نیروی کمانش سیستم نانوالکترومکانیکی تیر شکل دارای دو الکترود ساکن متقارن، به ازای $\gamma = 0.5$ ، $\alpha = \beta = 20$ و $\delta = 0.5$ 58
شکل4-18: اثر نسبت طول به ضخامت بر نیروی کمانش سیستم نانوالکترومکانیکی تیر شکل دارای یک الکترود ساکن، به ازای $\gamma = 0.5$ ، $\alpha = \beta = 20$ و $\delta = 0.5$ 58
شکل4-19: تغییرات نیروی کمانش برحسب مقادیر مختلف نسبت طول به ضخامت تیر و نسبت ضخامت تیر به پارامتر اثر اندازه برای تیر با شرایط مرزی دو سر در گیر به ازای $\gamma = 0.5$ ، $\Delta T = 50$ و $\alpha = \beta = 20$ 59
شکل4-20: تغییرات نیروی کمانش برحسب مقادیر مختلف نسبت طول به ضخامت تیر و نسبت ضخامت تیر به پارامتر اثر اندازه برای تیر با شرایط مرزی دو سر در گیر به ازای $\gamma = 0.5$ ، $\Delta T = 50$ و $\alpha = \beta = 20$ 60
شکل4-21: تغییرات دمای بحرانی برحسب مقادیر مختلف نسبت طول به ضخامت تیر برای سیستم نانوالکترومکانیکی تیر شکل دارای دو الکترود ساکن متقارن، به ازای $\gamma = 0.5$ ، $\delta = 0.5$ 61
شکل4-22: تغییرات دمای بحرانی برحسب مقادیر مختلف نسبت طول به ضخامت تیر برای سیستم نانوالکترومکانیکی تیر شکل دارای یک الکترود ساکن، به ازای $\gamma = 0.5$ ، $\delta = 0.5$ 61

شکل4-23: تغییرات دمای بحرانی برحسب مقادیر مختلف نسبت طول به ضخامت تیر برای سیستم 62

نانوالکترومکانیکی تیر شکل دارای دو الکترود ساکن متقارن، به ازای $\gamma = 0.5$ ، $\alpha = \beta = 20$

شکل4-24: تغییرات دمای بحرانی برحسب مقادیر مختلف نسبت طول به ضخامت تیر برای سیستم نانوالکترومکانیکی تیر شکل دارای یک الکترود ساکن، به ازای $\gamma = 0.5$ ، $\alpha = \beta = 20$ 63

فهرست جدول ها

عنوان	شماره صفحه
جدول 1-1: جدول 1-1 مقایسه روش‌های مختلف تحریک	20
جدول 4-1: تغیرات نیروی کمانش کلاسیک بر حسب میزان نیروهای الکترواستاتیک و کازمیر	51

فهرست نمادها

بردار جابه جایی	u_i
بردار چرخش بینهایت کوچک	φ_i
تانسور تنش کوشی	σ_{ij}
تانسور کرنش	ε_{ij}
قسمت متقارن تانسور تنش کوپل	m_{ij}^s
بخش متقارن تانسور گرادیان چرخش	χ_{ij}^s
انرژی کرنش	U
حجم المان	V
ثابت لامه	μ
ثابت لامه	λ
طول تیر	L
عرض تیر	B
ضخامت تیر	H
ممان دوم سطح حول محور x	I
مساحت مقطع	A
نیروی محوری مکانیکی	N
نیروی محوری ناشی از دما	N_T
اختلاف دما	ΔT
ضریب انبساط طولی	α_L
نیروی کازمیر	q_{Cas}
نیروی الکترواستاتیک	q_{elect}
ولتاژ اعمالی	V
فاصله بیت تیر و الکترودهای ساکن	g
ضریب گذردهی خلا	ε_0
ثابت پلانک	h
سرعت نور	c
کار نیروی خارجی	W
اثر اندازه مادی	l
نیروی کازمیر بی‌بعد شده	α
نیروی الکترواستاتیک بی‌بعد شده	β
اثر اندازه بی بعد شده	δ

نسبت فاصله جدایی به عرض تیر	γ
نیروی کمانش بحرانی بی بعد شده	P_{cr}
نیروی محوری ناشی از اثرات دما بدون بعد	P_T
دمای بحرانی	ΔT_{cr}

فصل اول

مقدمه

علم نانو[1] تفکر جدیدی است که قابلیت ترویج پیشرفت‌های مهیجی را در علوم پایه مهیا کرده است. این علم در دهه اخیر در نتیجه توسعه ابزارهای جدیدی که شناسایی و دستکاری نانوساختارها را عملی کرده‌اند و همچنین در نتیجه روش‌های جدید تهیه این ساختارها گسترش یافته است [۱و۲]. نانو فناوری نیز به روش مناسبی که برای ساخت و سرهم بندی ساختارهای کارآمدی که حداقل دارای یک بعد نانومتری هستند، اطلاق می‌شود. چنین مواد و سیستم‌هایی می‌توانند به صورت منطقی چنان طراحی شوند که به واسطه اندازه‌شان، دارای خصوصیات و رفتارهای زیستی، شیمیایی و فیزیکی جدید و بهبود یافته باشند [۲]. سیستم‌های الکترومکانیک یکی از حوزه‌های فن‌آوری است که جز مقوله‌های نانو قرار گرفته است.

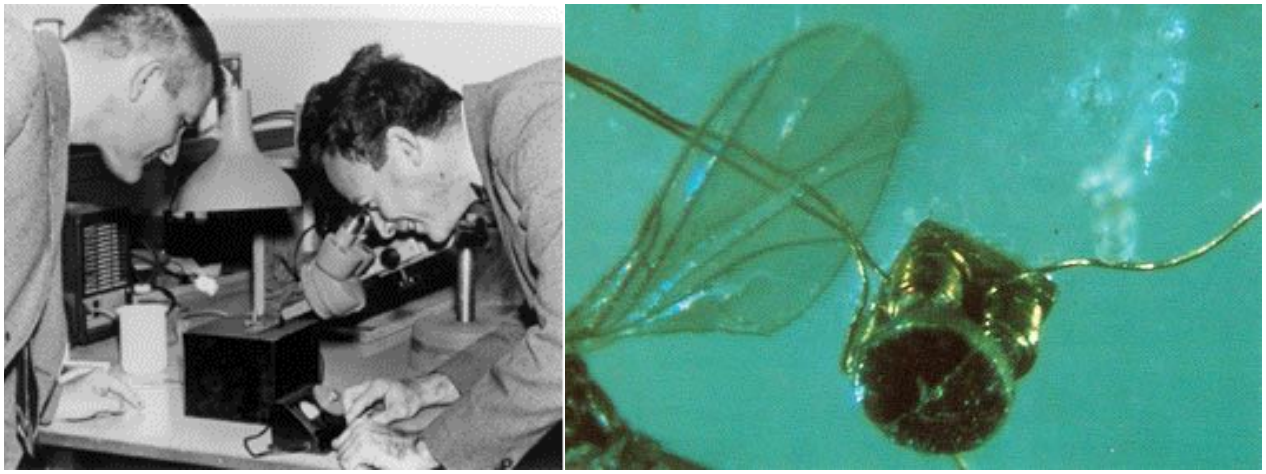
1-1 سیستم‌های میکرو و نانوالکترومکانیکی[2]

در اواخر 1950، فیزیکدانی به نام ریچارد فاینمن[3] ، با پیشنهاد جایزه 1000 دلاری برای اولین فردی که موفق به ساخت موتور الکتریکی "کوچکتر از 1/64اینچ" شود، توجه مردم را به این موضوع جلب کرد. هدف فاینمن از این کار، به حرکت درآوردن چرخ‌های دانشگاه‌ها و آزمایشگاه‌ها و حتی خطوط تولید صنعتی بود. در کمال حیرت، ویلیام

[1]. Nano Science
[2]. MEMS&NEMS(Microelectromechanical system & Nanoelectromechanical system)
[3]. Richard Feinman

مک‌لیلان[۴] ، با کوشش فراوان و صرف ساعات بسیار خسته‌کننده، توانست این کار را با انبرک دستی و یک میکروسکوپ انجام دهد [3] (شکل 1-1).

دوران استفاده از سیستم‌های میکروالکترونی به سال 1958 یعنی توسعه‌ی اولین مدار مجتمع یک پارچه در شرکت تگزاس اینسترومنت[۵] باز می‌گردد [3]. در سال 1967 ناتنسون[۶] و همکارانش اولین دستگاه میکرومکانیکی سیلیکونی[۷] را ارائه نمودند که ترانزیستور دروازه‌ای مرتعش[۸] نامیده می‌شد [4,5]. متاسفانه این دستگاه هرگز تجاری نگردید. در پایان دهه‌ی 70 بود که چند مورد از این ادوات تجاری تولید شدند و کم کم مورد استفاده قرار گرفتند. خلاصه‌ای از اولین دستگاه‌های میکروالکترومکانیکی ساخته شده توسط پترسون[۹] [6] معرفی شده است. هد پرینترهای جوهر افشان[۱۰] (1977) و هد مربوط به خواندن و نوشتن روی هارد دیسک‌ها، برخی از این وسایل هستند.



(a) (b)

شکل 1-1 (a) ریچارد فاینمن در حال تماشای میکروموتور ساخته شده توسط ویلیام مک‌لیلان (اولین موتور کوچکتر از اینچ) (b)موتور ساخته شده توسط ویلیام مک لیلان[3]

سیستم‌های میکروالکترومکانیکی که به طور جدی از اواسط دهۀ 1980 ایجاد گردیدند، به حدی از رشد و بلوغ رسیده‌اند که اکنون فقط در مورد تولید انبوه موتورهای کوچک ـ صدها بار کوچکتر از موتورمک‌لیلان ـ نسبتاً به مشکل برخورده‌ایم. در همین راستا انجمن MEMS برخی تولیدات واقعاً شگفت‌آور را ارائه داده است که از پروژکتورهای دیجیتالی شامل میلیون‌ها میکروآیینه[۱۱] الکتریکی گرفته تا میکروحسگرهای حساس به حرکت که در کیسه‌ی هوای

4. William McLellan
5. Texas Instruments
6. Nathanson
7. Micro Nano Silicon
8. Resonant Gate Transistor
9. Petersen
10. Inkjet Printer Head
11. Micro Mirror

ماشین‌ها به کار می‌روند. البته برخی از این سیستم ها مانند میکرو عملگرهای خازنی، دارای مشکلاتی مانند ناپایداری هستند که به دلیل وجود تحریک الکترواستاتیک[۱۲] در آن‌ها ایجاد می شود [4].

(a) (b)

شکل 1-2 (a) میکروآینیه‌های مکانیکی در قلب پردازندهٔ دیجیتال (b)میکروموتور الکترواستاتیکی MEMS ساخته شده از سیلیکون

دانشمندان و مهندسانی که در زمینه اتصالات میکروحسگرها و ابزارهای دیگر تحقیق می‌کنند، با استفاده از آزمایشگاه-ها و ایده‌های نو، گستره‌ی جدیدی در این زمینهٔ ایجاد کرده‌اند. ابزارهای این دانشمندان به مرزهای بسیار دور نیز اعمال می‌گردد، از اعماق دریا و پوسته زمین گرفته تا مناطق دوردست فضا و سیارات دوردست. چنین میکروحسگرهای راه‌دور با خواصی مانند مقاومت در برابر تغییرات شرایط و نیز هزینه اندکشان، اطلاعات فراوانی در مورد محیط پیرامون ما در اختیارمان می‌گذارد [7].

سیستم‌های میکروالکترومکانیکی معمولا از دو بخش مکانیکی و الکتریکی تشکیل می‌شوند. بخش مکانیکی برای حس کردن یک کمیت از محیط اطراف (فشار، شتاب، تغییر سرعت زاویه ای و ...) یا برای تحریک، مثلا بستن یا باز کردن یک میکرو شیر به کار می رود. بخش الکتریکی برای تبدیل سیگنال مکانیکی به الکتریکی و پردازش آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. اخیرا این تکنولوژی نوظهور به پیشرفت‌های عظیمی در زمینه‌ی ساخت وسایل جدید با کاربردهای نوین رسیده است. این واقعیت که سیستم‌های الکترومکانیکی می‌توانند با استفاده از تکنیک‌های ساخت موجود در صنعت نیمه هادی‌ها ساخته شوند به این معنی خواهد بود که آن‌ها می‌توانند با قیمت پایین و حجم تجاری زیاد تولید گردند. این خصوصیت باعث جذابیت تجاری این سیستم‌ها شده است [8].

اولین مورد تجاری شده سیستم‌های میکروالکترومکانیکی در سال 1991 به بازار آمد که یک شتاب سنج میکروالکترومکانیکی[۱۳] بود [9]. ژیروسکوپ‌های[۱۴] میکروالکترومکانیکی نمونه‌های دیگری بودند که از آن‌ها به عنوان حسگرهای لختی[۱۵] استفاده می‌شد. مزیت این ژیروسکوپ‌ها در قابلیت استفاده آن‌ها در موارد جدیدی مانند هدایت دستی و میکروماهواره‌ها است یعنی دقیقا جایی که ژیروسکوپ‌های معمولی مناسب نیستند [3]. در زمینه ارتباطات از راه دور، سیستم میکروالکترومکانیکی دستگاه‌های متنوعی را برای جایگزینی اجزای نیمه هادی قدیمی فراهم نموده‌اند. میکرو سوییچ‌ها[۱۶] و میکرو نوسانگرها[۱۷] امروزه در مجموعه کاربردهای وسیعی از تلفن همراه و شبکه‌های بی

[12]. Electroststic Actuation
[13]. Micro Electromecanical Accelator Meter
[14]. Gyroscopes
[15]. Inertial Sensors
[16]. Micro Swich