فصلنامه علمی آماد و فناوری دفاعی، سال سوم، شماره ششم، تابستان ۱۳۹۹

بررسی نقش فناوری‌های نانوالکترومکانیک و میکروالکترومکانیک در توسعه فناوری‌های نوین در دنیا

میثم پاشنا[۱] حنیف کازرونی[۲] محمدحسین روزبهانی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۱۵

چکیده

توسعه فناوری‌های قدرت ساز یکی از مهم‌ترین رکن‌های پیشرفت‌های نظامی در کشورهای پیشرفته است، در این راستا همواره برخی زمینه‌ها درروند توسعه فناوری‌های زیرساختی بیشتر موردتوجه قرارگرفته‌اند. یک زمینه از این فناوری‌های قدرت ساز فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک هستند که جزو مهم‌ترین فناوری‌های درحال‌توسعه دنیا هستند. لذا در این مقاله تلاش شده است به‌صورت راهبردی فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک از جوانب مختلف بررسی گردد. در این راستا در ابتدا با بررسی جایگاه فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک در دنیا به میزان تأثیرگذاری این فناوری‌ها در تجارت جهانی و میزان توجهات جامعه دانشگاهی در دنیا پرداخته‌شده است و در ادامه تلاش شده است نقش فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک در کشورهای مختلف بررسی گردد که به کمک آن کشورهایی که نقش اصلی در توسعه این تکنولوژی دارند موردبررسی قرار بگیرد و مؤسسات اصلی فعال در این فناوری‌ها معرفی و بررسی گردند. در انتها آینده این فناوری‌ها چه در میزان تولید و چه در حجم تجاری در دنیا، موردبررسی قرارگرفته است.

کلمات کلیدی: تجارت جهانی، حسگر، میکروالکترومکانیک، نانوالکترومکانیک

[۱] کارشناسی ارشد هوافضا، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران و نویسنده مسئول، صندوق الکترونیکی: student.kntu@yahoo.com
[۲] دکتر، دانشگاه و پژوهشگاه عالی دفاع ملی و تحقیقات راهبردی ، تهران
[۳] دکتر، دانشگاه و پژوهشگاه عالی دفاع ملی و تحقیقات راهبردی ، تهران

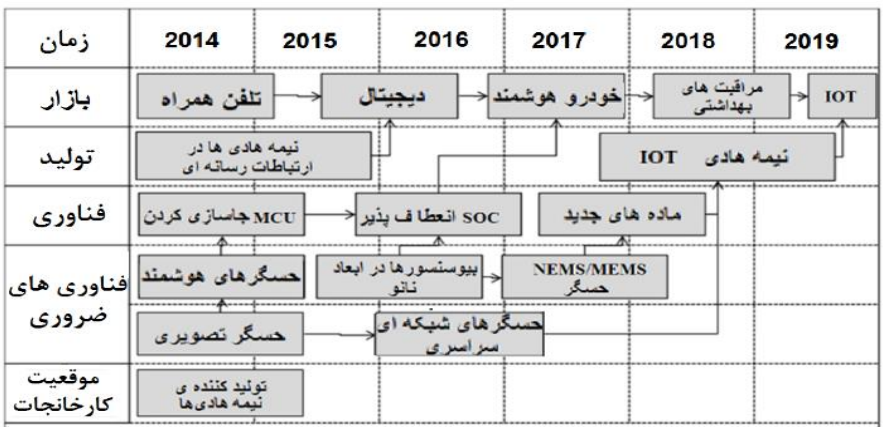
مقدمه

استفاده از فناوری‌های نوین همواره لازمه پیشرفت‌های صنعتی و نظامی در جهان بوده است. در این میان برخی از فناوری‌ها نقش ضروری‌تری در پیشرفت فناوری‌های نظامی در دنیا دارند ازجمله‌ی این فناوری‌ها می‌توان به فناوری میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک اشاره کرد. در صورت توجه به این فناوری‌ها نه‌تنها می‌توان همگام با کشورهای پیشرفته روند توسعه‌ی فناوری‌های نظامی را ادامه داد بلکه می‌توانیم از این کشورها پیشی بگیریم ولی در صورت عدم بررسی فناوری‌های لازم و ضروری همچون فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک در قسمت‌هایی از فناوری‌های نظامی نمی‌توان به زیرساخت‌های اصلی پیشرفت‌های قابل‌توجه دست‌یافت که این منجر به از دست دادن جایگاه نظامی مستحکم کشور خواهد شد.

لذا در این مقاله برای نشان دادن اهمیت این فناوری‌ها و بررسی نقش آن‌ها تلاش شده است به پرسش‌های پراهمیتی پاسخ داده شود. اینکه نقش فناوری‌های نظامی در چرخه‌ی توسعه صنعت در جهان چیست؟ آیا استفاده از این فناوری‌ها در دستور کار کشورهای بزرگ صنعتی قرار دارد؟ کدام کشورها در روند توسعه و تجارت این فناوری‌ها در جهان پیشتاز هستند و نقش هرکدام چیست؟ و مؤسسات اصلی در این کشورها کدام‌اند؟ و آینده‌ی جهان در این حوزه از فناوری به چه صورت پیش‌بینی می‌شود؟

در این راستا تلاش شده است در ابتدا با شناسایی کشورهای اصلی تأثیرگذار در این فناوری‌ها ضمن بررسی درآمدهای حاصل از این فناوری‌ها برای این کشورها روند توسعه در میان دانشگاه‌ها میزان تولید و مراکز اصلی فعال در فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک در دنیا و به‌خصوص کشورهای مهم در این حوزه موردبررسی و در انتها با

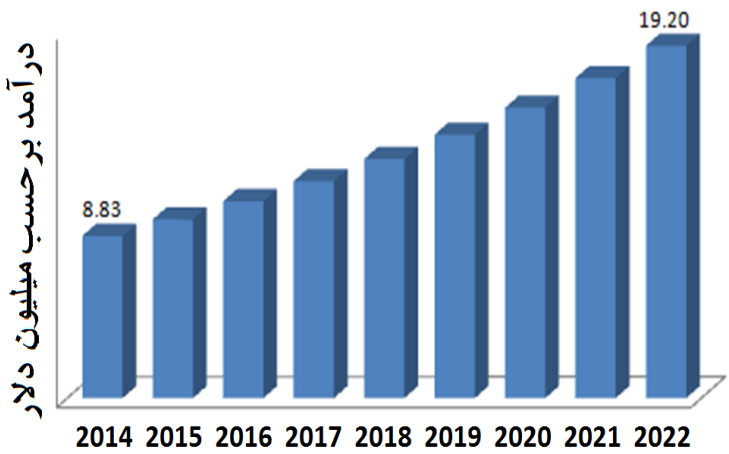
بررسی آمارها و نتایج بررسی‌شده در مؤسسات مهم در دنیا آینده این فناوری‌ها در دنیا موردبررسی قرار گیرند. در ابتدا به بررسی پیشینه‌ی این فناوری‌ها در دنیا می‌پردازیم قسمت‌های مختلف پیدایش فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک در دهه‌های اخیر سبب تحولی بنیادین در صنایع مختلف شده است. ظهور سیستم‌های میکروالکترومکانیک را می‌توان سال ۱۹۶۰ دانست (Minhang, et al,1996: 135-141)، در سال ۱۹۸۳ اولین قطعات قابل تحرک میکروالکترومکانیک ساخته شد (L.S.Fan,et.al,1988:724-730) و یک سال بعدازآن اولین موتور میکرو تولید شد (Guckel, H et al, 1993:7-11) که شروع تولدی نوین در این عرصه بود. نکته‌ی مهم در راهبرد این فناوری‌ها، نقش آن‌ها در پیش‌برد هرچه سریع‌تر روند فناوری است لذا دانستن نقش این فناوری‌ها بسیار حائزاهمیت است نقش فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک در نقشه‌ی راه پیشرفت‌های فناوری را می‌توان در شکل شماره یک در صفحه بعد مشاهده کرد(K. Lee,et.al,2016:1-18).



شکل شماره۱. نقشه راه پیشرفت تکنولوژی و جایگاه فناوری میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک در این مسیر (K. Lee,et.al,2016:1-18).

یکی دیگر از نکاتی که فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک را در جهان موردتوجه قرار داده است افزایش چشمگیر گردش مالی این فناوری‌ها در سال‌های اخیر بوده است که این روند روبه‌رشد همچنان ادامه دارد (Crone,Wendy,2008,203-۲۲۸).

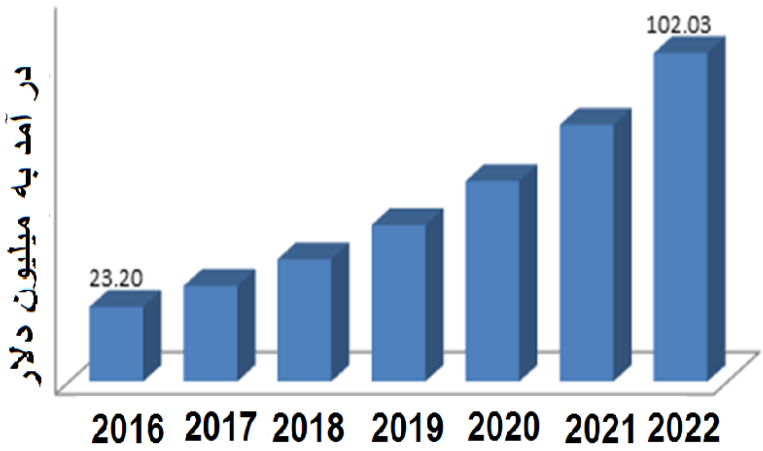
طبق گزارش مؤسسه تحقیقات تجاری یل[۱] (Global Microelectromechanical Systems" ,2017 Market") می‌توان ارزش تجاری فناوری میکروالکترومکانیک را به‌صورت زیر مشاهده کرد.



شکل شماره ۲. ارزش تجاری فناوری میکروالکترومکانیک در سال‌های اخیر (Global Market Microelectromechanical Systems" ,2017").

در شکل شماره ۳ ارزش تجاری برای فناوری‌های نانوالکترومکانیک در سال‌های کنونی و سال‌های پیش رو نشان داده‌شده است.

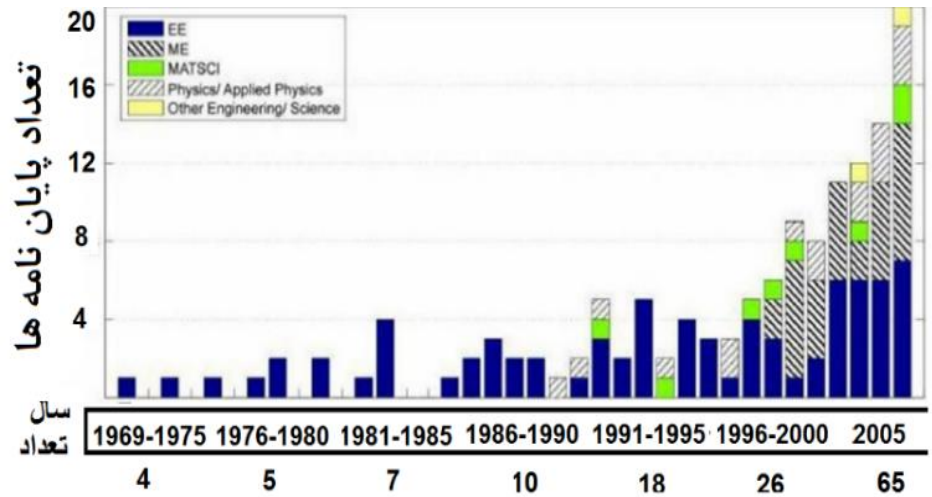
[۱] YOLE Developpment



شکل شماره ۳. ارزش تجاری فناوری‌های نانوالکترومکانیک در سال‌های اخیر ("Global Market Nanoelectromechanical Systems",2017).

طبق پیش‌بینی‌های انجام‌شده بر اساس تحقیقات این مؤسسه می‌توان گفت ارزش تجاری فناوری‌های میکروالکترومکانیک از ۱,۶ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۳ به ۳,۶ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۹ خواهد رسید که این نشان‌دهنده‌ی رشد مالی بسیار بالای این فناوری در آینده هست.

همچنین با بررسی مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌ها در دنیا به این نکته پی می‌بریم که تحقیقات بر روی فناوری‌های میکرو و نانوالکترومکانیک به‌صورت روزافزونی روبه‌پیشرفت است. برای مثال با بررسی که در دانشگاه استنفورد از سال ۱۹۶۹ تا سال ۲۰۰۵ انجام‌شده مشخص‌شده است که پایان‌نامه‌های انجام‌شده در مورد این فناوری‌ها به‌طور چشمگیری در حال افزایش می‌باشند A. Alvin (Barlian,et.al,2006:38-43).



شکل شماره ۴. تعداد پایان‌نامه‌های در ارتباط با فناوری‌های میکرو و نانوالکترومکانیک در دانشگاه استنفورد

.(A. Alvin Barlian,et.al,2006:38-43)

روش‌شناسی

هدف انجام این پژوهش به دست آوردن جایگاه فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک چه ازنظر تجاری چه ازنظر تولید و توجهات بین‌المللی در میان کشورهای صاحب صنعت در دنیا است و همچنین هدف بعدی پیش‌بینی آینده‌ی این فناوری‌ها ازلحاظ حجم تولید بازار مالی است تا بتوان اهمیت این فناوری‌ها و سرمایه گذاری مؤثر بر روی فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک مشخص شود و نکات اصلی برای پیش‌بینی بازارها و سمت‌وسوی مناسب برای سرمایه‌گذاری سرمایه‌گذاران چه در بخش خصوصی چه در بخش‌های دولتی و نظامی مشخص شود ازاین‌روی نوع تحقیق بر اساس نوع هدف را می‌توان پژوهشی کاربردی دانست.

ازآنجاکه هر پژوهش موفق می‌بایست از منابع درست، دقیق و مورد اعتماد استفاده کرده باشد در این پژوهش نیز تلاش شده است داده‌های موردنیاز از منابع معتبر مورداستفاده قرار گیرد.

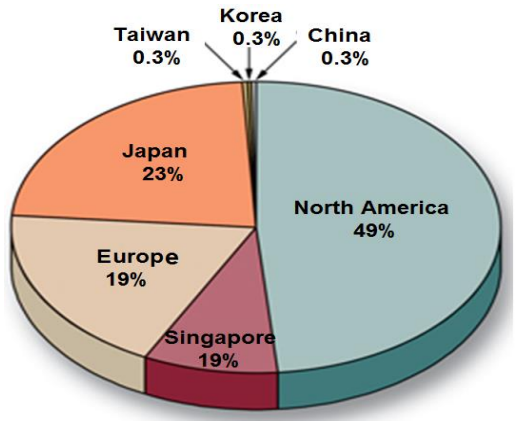
دو منبع اصلی مورداستفاده در زیر آورده شده است.

- مؤسسه بین‌المللی یل
- مؤسسه تحقیقاتی وارینت مارکت

روش انجام این پژوهش بر اساس جمع‌آوری داده‌ها را می‌توان روش توصیفی دانست که پس از به‌دست‌آوردن و بررسی داده‌ها به تجزیه‌وتحلیل آن‌ها پرداخته‌شده است تا بتوان به نتایج و اهداف تحقیق دست‌یافت و در انتها بتوان وضعیت کلی فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکنیک را در حال حاضر دنیا بررسی و آینده تولید و بازار جهانی را پیش‌بینی کرد لذا در ادامه تمام حوزه‌های صنعتی و تجاری مهم در دنیا که در حوزه‌ی فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک فعالیت می‌کنند بررسی‌شده‌اند.

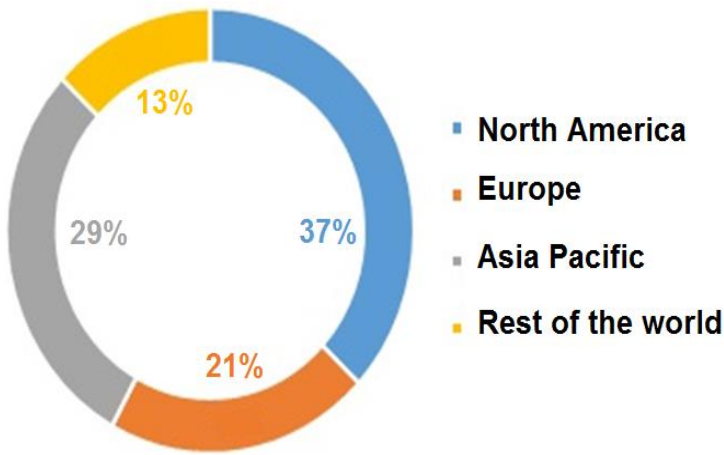
نقش کشورها در توسعه فناوری میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک در دنیا

دانستن جایگاه کشورها در حوزه تجاری در هر زمینه از فناوری می‌تواند یکی از راه‌های نشان‌دهنده میزان اهمیت آن زمینه از فناوری در دنیا باشد لذا برای نشان دادن میزان اهمیت فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک پس از بررسی نقش کشورهای مختلف سهم هرکدام از کشورها به ترتیب به‌صورت شکل شماره ۵ و ۶ نشان داده‌شده است.



شکل شماره ۵. بررسی سهم تجاری کشورها در حوزه‌ی فناوری‌های میکروالکترومکانیک در جهان

(Marie Freebody, 2010).



شکل شماره ۶. بررسی سهم تجاری کشورها در حوزه‌ی فناوری‌های نانوالکترومکانیک در جهان

(Variant Market Research, 2017).

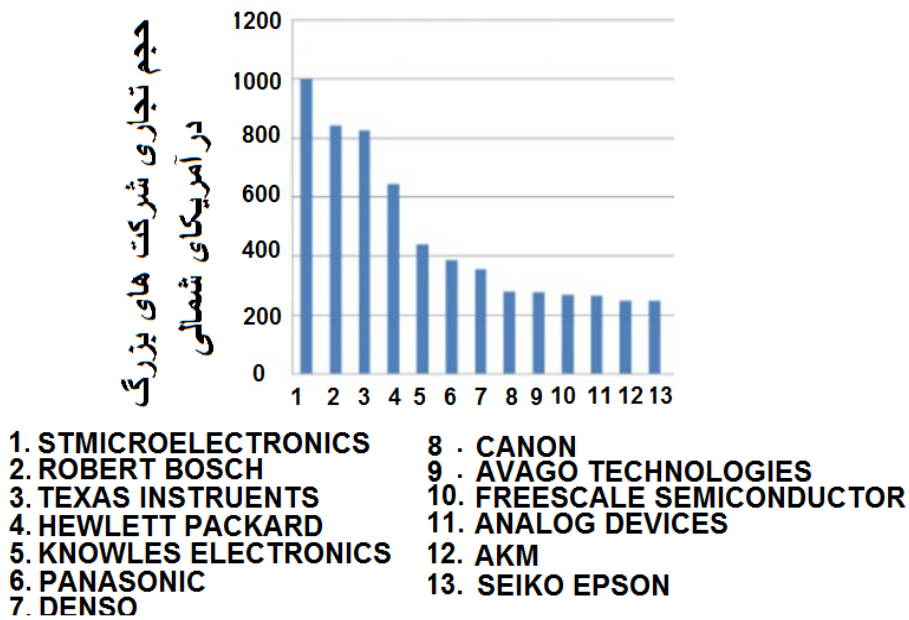
همان‌طور که از شکل شماره ۵ و ۶ مشاهده می‌شود آمریکای شمالی بیشترین نقش را در تجارت در حوزه فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک به ترتیب با ۴۹ و ۳۷ درصد دارا هست و پس‌ازآن کشور ژاپن در حوزه فناوری‌های میکروالکترومکانیک با ۲۳ درصد و قاره آسیا در حوزه فناوری‌های نانوالکترومکانیک با ۲۹ درصد در رتبه دوم و سپس قاره اروپا در حوزه میکروالکترومکانیک با ۱۹ درصد همراه سنگاپور و سهم ۲۱ درصدی در حوزه فناوری‌های نانوالکترومکانیک در رتبه سوم می‌باشند.

همین‌طور که مشاهده می‌شود کشورهایی چون چین، کره و تایوان سهم کوچکی را در کل بازارهای جهانی در این زمینه دارا می‌باشند.

در ادامه با توجه به مطالب گفته‌شده، نقش کشورها در فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک موردبررسی قرار می‌گیرند.

آمریکای شمالی

آمریکای شمالی با دارا بودن سهم ۴۹ درصدی در تجارت در حوزه‌ی فناوری‌های میکروالکترومکانیک و سهم ۳۷ درصدی در فناوری‌های نانوالکترومکانیک رتبه‌ی اول را در این عرصه دارا است. شرکت‌های اصلی امریکای شمالی که در تجارت فناوری‌های میکرو و نانوالکترومکانیک بسیار تأثیرگذار هستند در شکل شماره ۳ نشان داده شده‌اند.

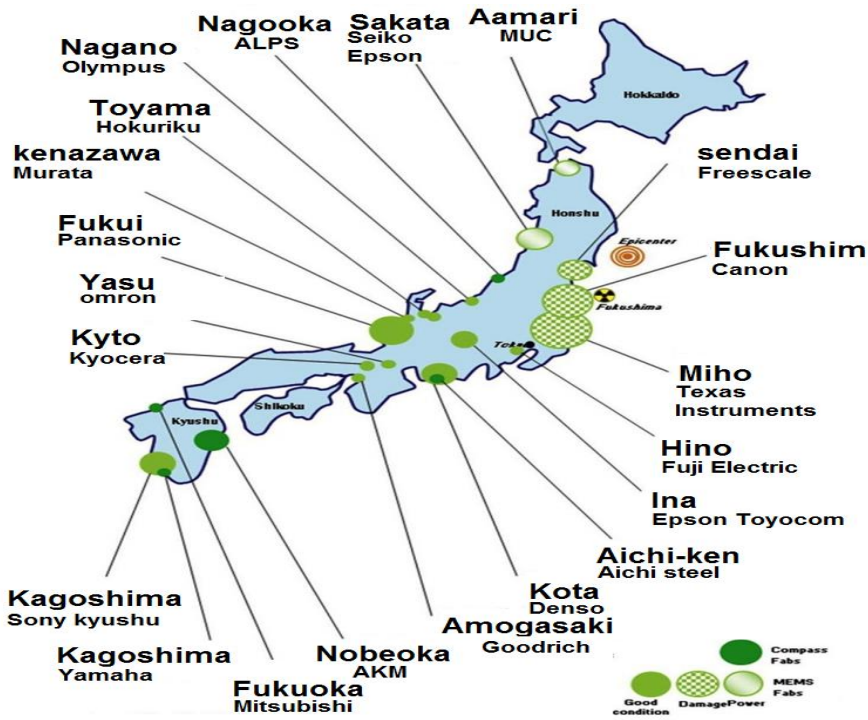


شکل شماره ۷. مؤسسات اصلی که در عرصه فناوری میکروالکترومکانیک نقش‌آفرینی می‌کنند (R. Colin Johnson, ۲۰۱۳).

همین‌طور که از شکل شماره ۳ مشاهده می‌شود تجارت در این حوزه برای برخی شرکت‌ها با حجم تجاری حدود یک میلیارد دلاری همراه است و با بررسی روند پیشرفت سرمایه گذاری در این حوزه‌ها می‌توان پیش‌بینی کرد درآمد این شرکت‌ها در سال‌های پیش رو به‌طور فزاینده‌ای افزایش خواهد یافت.

ژاپن

کشور ژاپن را می‌توان دومین قدرت در عرصه‌ی فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک دانست. در شکل زیر تمام مراکز مرتبط با فناوری‌های میکروالکترومکانیک در کشور ژاپن را مشاهده می‌کنیم.



شکل شماره ۸. نقشه‌ی کلی شرکت‌های مرتبط با فناوری میکروالکترومکانیک در ژاپن

(Solid State Tehnology, 2012)

مؤسسه تحقیقات بین‌المللی یل چندین شرکت بزرگ ژاپنی را که فناوری میکروالکترومکانیک جزو اصلی در فعالیت آن‌هاست تحت بررسی قرار داده است، این مؤسسات در ادامه به ترتیب نوشته‌شده‌اند:

۱- پاناسونیک[۱]۲- دنسو[۲]۳- سونی[۳]۴- آساهی کاسی میکرودیوایس[۴] ۵- آیچی استیل[۵]

[۱] Panasonic
[۲] DENSO
[۳] Sony
[۴] Asahi Kasei Microdevices (AKM)
[۵] Aichi Steel

۶- کانن[۱] ۷- سیکو اپسون[۲] ۸- امرون[۳] ۹- نیو ژاپن رادیو[۴] ۱۰- تی دی کا[۵] ۱۱- موراتا منوفکچرس[۶] ۱۲- آلپس الکترونیک[۷] ۱۳- رم

این شرکت‌ها مهم‌ترین نقش را در فناوری میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک در ژاپن ایفا می‌کنند که در ادامه نقش هرکدام از این شرکت‌ها به تفکیک با توجه به حوزه‌های فناوری متنوع، بررسی‌شده‌اند.

سیستم‌های میکرو و نانوالکترومکانیک مورداستفاده در خودروها

پاناسونیک

تولید عمده این شرکت ژیروسکوپ‌ها، شتاب‌سنج‌ها و حسگرهای فشار است. همچنین این شرکت فعالیت‌های دارویی جدید را با استفاده از فناوری میکروالکترومکانیک گسترش می‌دهد.

دنسو

فعالیت اصلی این شرکت تولید حسگرهای شتاب سنج برای اتومبیل‌ها است. به‌طور دقیق‌تر می‌توان گفت فناوری پیشرفته‌ی میکروالکترومکانیک برای حسگرهای شتاب- سنج که برای سیستم‌های امنیت خودرو، کنترل پایداری خودرو و سیستم ترمز خودرو استفاده می‌شود

[۱] Canon
[۲] Seiko Epson
[۳] OMRON
[۴] New Japan Radio
[۵] TDK
[۶] Murata Manufacturing
[۷] Alps Electric

به‌وسیله این شرکت طراحی و تولید می‌شوند. بعلاوه این شرکت حسگرهای فشارسنج را هم تولید می‌کند.

آینه‌های میکرو

سونی

شرکت سونی آینه‌های میکرو مورداستفاده در پروژکتورها را تولید می‌کند. سونی همچنین زیرسیستم‌هایی که به‌عنوان هسته اصلی در لیزرهای مقیاس بزرگ کاربرد دارند را تأمین می‌کند و بعلاوه سیستم‌های ریخته‌گری که برای تولیداتش نیاز هست را نیز ارائه می‌دهد.

قطب نمای الکتریکی

آساهی کاسی میکرودیوایس

یک تولیدکننده عمده که در حیطه تولید قطب‌نمای الکترونیکی فعال است.

آیچی استیل

این کمپانی در سال ۲۰۱۳ تأسیس شد که وظیفه‌ی آن تأمین فناوری پایه قطب‌نماهای الکترومکانیکی است.

پرینترهای جوهرافشان

کانن

کانن زیرسیستم فتولیتوگرافی و دیگر فرآیندهای تولید نیمه‌هادی همراه با فناوری اختصاصی خود را برای ساخت قطعات تزریق جوهر بر روی ویفر سیلیکون یکنواخت با روش‌های بسیار دقیق ازجمله بخاری، مدارهای درایو و نازل را طراحی می‌کند.

سیکو اپسون

فعالیت اصلی این شرکت، تولید ژیروسکوپ‌ها در ابعاد بسیار کوچک است.

میکروفون‌های میکرو

امرون

این کمپانی تولیدکننده انواع محصولات مختلف ازجمله حسگر سیال، حسگرهای دمای بدون تماس، حسگر فشار، حسگر لرزش و میکروفن است همچنین فناوری هسته‌ای برای میکروفن میکروالکترومکانیک برای شرکت استیمایکروالکترونیکس را تولید می‌کند.

نیو ژاپن رادیو

زمینه اصلی فعالیت‌های این شرکت تولید میکروفون‌های میکرو است. در سال ۲۰۱۳ وارد تولید انبوه در بازار جهانی شد. قسمتی از قطعات و محصولات این شرکت علاوه بر تولید در کشور ژاپن در شرکت UMC در تایوان تولید می‌شود.

تولید اجزاء الکترونیکی

تی دی کا

این شرکت دستگاه‌های میکرو و نانو نظیر حسگر فشار را تولید می‌کند و اخیراً خط تولید لوازم الکترونیک در شهر کوفو را به خط تولید سیستم‌های میکروالکترومکانیک تغییر داده است. همچنین در سال ۲۰۱۶ یک شرکت فرانسوی تولیدکننده سیستم‌های حسگر حرارتی و حسگرهای مغناطیسی به اسم ترونیک میکروسیستم[۱]را خریداری کرده است.

موراتا منوفکچرس

تولید اصلی این شرکت حسگرهای ژیروسکوپ و مغناطیسی برای ماشین‌ها و سیستم‌های ناوبری است. در سال ۲۰۱۱ یک شرکت درزمینه‌ی میکروالکترومکانیک به نام موراتا الکترونیک اوی[۲]را در فنلاند راه‌اندازی کرد که در آن به تولید انواع حسگرها برای اتومبیل‌ها و محصولات مرتبط با پزشکی می‌پردازد. این شرکت بازار بزرگی در حسگرهای فشار که به‌منظور تقویت سیستم‌های کنترلی در پایداری خودرو طراحی‌شده‌اند، دارد.

آلپس الکترونیک

تولید و تأمین دستگاه‌هایی مانند حسگر ژیروسکوپ، حسگر پنوماتیک و حسگر فشار جزو فعالیت این شرکت هست.

[۱] Tronic Microsystems
[۲] Murata Electronics Oy

سایر تولیدات میکرو و نانوالکترومکانیک

رم

این شرکت تولیدکننده حسگرهای شتاب، حسگر ژیروسکوپ و حسگر فشار بر اساس فیلم نازک عناصر پیزوالکتریک است. علاوه بر این، این شرکت درحال‌توسعه یک زمینه‌ی جدید در حوزه ریخته‌گری برای مواد پیزوالکتریک است. در سال ۲۰۰۹، این کمپانی با یک شرکت ایالات‌متحده به نام Kionix که تولیدکننده حسگر شتاب است شروع به همکاری کرده است.

فوجی الکترونیک

اصلی‌ترین فعالیت‌های این شرکت فراهم کردن سرویس‌های ریخته‌گری در سیستم‌های میکروالکترومکانیک و توسعه‌ی ژیروسکوپ‌ها در محصولات خود است.

گروه هیتاچی

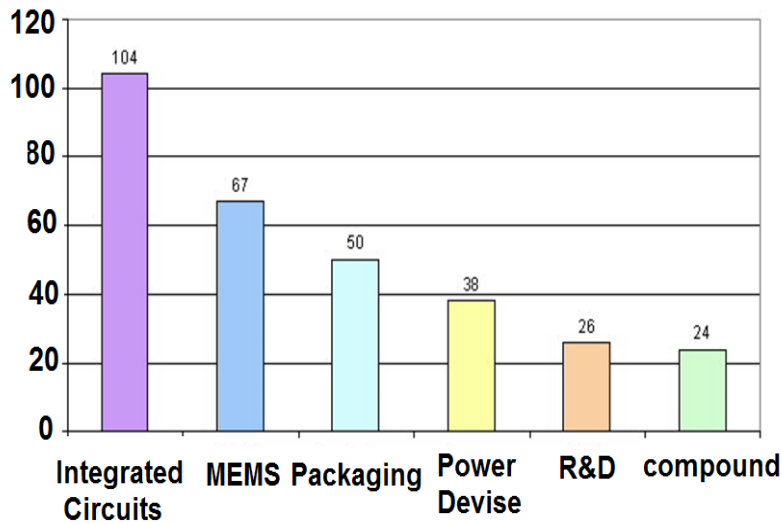
این شرکت تولیدکننده حسگر جریان هوا، حسگر فشار، حسگر شتاب، حسگر ژیروسکوپ و حسگرهای خودرو است.

اروپا

کشورهای اروپایی درمجموع، سهم ۱۹ درصدی در تجارت در حوزه میکروالکترومکانیک و سهم ۲۱ درصدی در حوزه نانوالکترومکانیک دارند. بررسی تجارت میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک در اروپا این واقعیت را بیان می‌کند که این قاره به‌عنوان یکی از

قدرتمندترین بازیگران در عرصه فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک نقش خود را ایفا می‌کند.

در ادامه مشاهده خواهیم کرد که فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک در سال‌های اخیر جایگاه ویژه‌ای در میان کشورهای اروپایی پیداکرده است به صورتی که پس از فناوری مدارهای مجتمع فناوری‌های میکرو و نانوالکترومکانیک بیشترین توجهات درزمینه‌ی پیشرفت و ارتقاء را به خود اختصاص داده است.



شکل شماره ۹. جایگاه تجاری فناوری‌های میکروالکترومکانیک در بین سایر فناوری‌ها در اروپا (Dan Tracy, ۲۰۰۷)

در ادامه مراکز فعال در هرکدام از کشورهای اروپایی در جدول شماره یک مشخص‌شده‌اند.

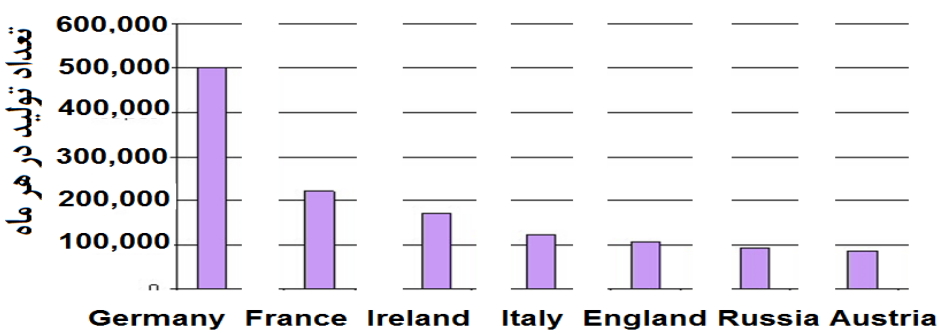
جدول شماره ۱. مؤسسات فعال درزمینه فناوری‌های ریزتراشه‌ها در کشورهای اروپایی (گردآورنده).

کشور	نام مؤسسه
بلژیک	Interuniversity MicroElectronics Center (IMEC)
	Katholieke Universteit Leuven (TELEMIC)
فنلاند	VTT Technical Research Center of Finland (VTT)
فرانسه	Centre National De la Recherche Scientifique (CNRS)
	ARMINES
	CEA-LETI
آلمان	Darmstadt University of Technology
	Technical Istitute of Munchen
	University of ULM
	The Fraunhofer-Gesellschaft
یونان	Foundation for Research & Technology Hellas
	Technological Educational Institude of Crete
	University of Athens
ایتالیا	University of Perugia
	Trentio Cultural Istitute
هلند	Delft University of Technology
لهستان	Institute of Electronic aterials Technology
رومانی	National Institute of research and Development in

کشور	نام مؤسسه
	Microtechnologies
سوئد	Chalmers University of Technology
	University of Uppsala
سوئیس	Swiss Federal Institute of Technology
ترکیه	Middle East Technical University
انگلستان	Imperial College London
	Cranfield University

کشورهای اروپایی گام‌به‌گام با قدرت‌های آمریکای شمالی و ژاپن درراه کسب بازارهای جهانی در حال رقابت هستند.

در ادامه نقش هرکدام از کشورهای اروپایی در تولید ریزتراشه‌های در قاره اروپا مشاهده خواهد شد.

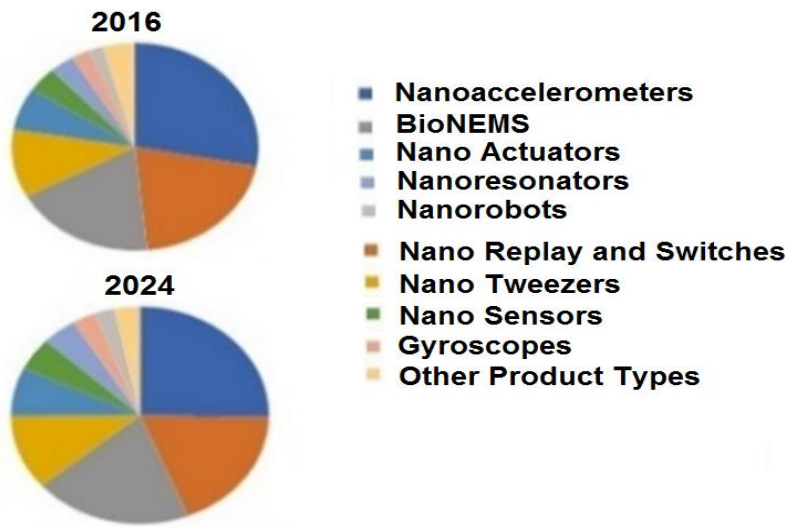


شکل شماره ۱۰. مقایسه میزان تولید ریزتراشه‌ها در هرماه در میان کشورهای مختلف اروپایی (Dan Tracy, 2007).

همین‌طور که مشاهده می‌شود در میان کشورهای اروپایی کشور آلمان بیشترین سهم را در تولیدات ریزتراشه‌ها دارد و پس‌ازآن به‌ترتیب کشورهای فرانسه و ایرلند قرار می‌گیرند.

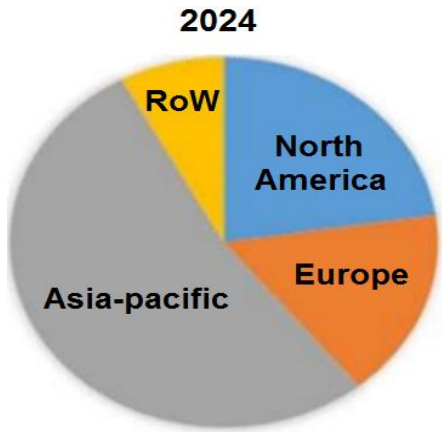
آینده فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک در دنیا

تحقیقی که توسط مؤسسه تحقیقاتی وارینت مارکت انجام‌شده نشان می‌دهد بیشترین حجم تولیدات نانو مربوط به نانو حسگرهای شتاب است و سپس مربوط به نانوسویچ‌ها و بعد از آن‌ها مربوط به نانوروبات‌ها است و پیش‌بینی‌های این مؤسسه نشان می‌دهد تا سال ۲۰۲۴ نانو حسگرهای شتاب‌سنج کمی از بازار تولید خود را به نانوروبوت‌ها خواهند داد اما کماکان تغییر عمده‌ای در نسبت میزان تولیدات نانو به وجود نخواهد آمد.



شکل شماره ۱۱. مقایسه میزان سهم تولید زمینه‌های مختلف در فناوری‌های نانوالکترومکانیک در سال ۲۰۱۶ با سال ۲۰۲۴ (Variant Market Research, 2017).

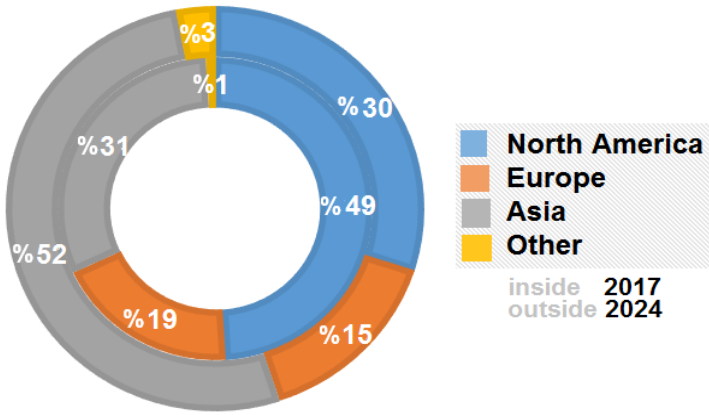
همچنین تحقیقات این مؤسسه نتایج جالبی را به همراه داشت که نشـان مـی‌داد کشـورهای آسیایی در سال ۲۰۲۴ بیش از نیمی از بازار تجاری فناوری‌های میکروالکترومکانیک را به‌دست خواهند آورد (Roukes. M, 2001:25). این امر در شکل شماره ۱۲ به‌خوبی نشـان داده‌شـده است.



شکل شماره ۱۲. پیش‌بینی سهم تولید منطقه‌های تجاری اصلی در حوزه فناوری‌های میکروالکترومکانیک در سال ۲۰۲۴ , ("Bio-MEMS Market" ۲۰۱۷).

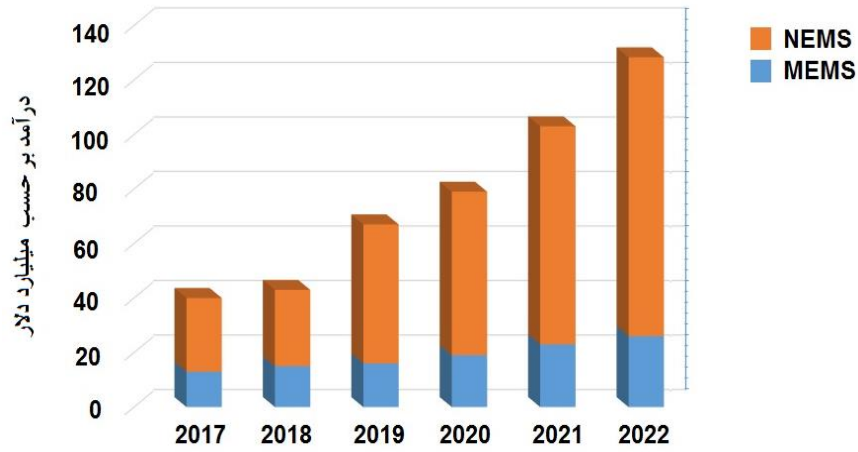
پیش‌بینی‌های انجام‌شده به‌خوبی نشان می‌دهد رشد تجاری و تولید در کشورهای آسیایی در سال‌های پیش رو از کشورهای آمریکای شمالی و اروپا بسیار بیشتر است.

با مقایسه‌ی میزان درآمد حاصل از فناوری‌های میکروالکترومکانیک در سال ۲۰۱۷ با سال ۲۰۲۴ به‌خوبی می‌توان دید که میزان درآمد آسیا از این فناوری‌ها از ۳۱ درصد به ۵۲ درصد خواهد رسید و آمریکای شمالی و اروپا قسمتی از بازارهای مالی خود را از دست خواهند داد.



شکل شماره ۱۳. مقایسه سهم درآمدی مناطق تجاری در جهان در سال ۲۰۱۷ با سال ۲۰۲۴(گردآورنده).

همچنین در ادامه با بررسی‌هایی که انجام‌شده است می‌توان مشاهده کرد که از سال ۲۰۱۷ تا سال ۲۰۲۲ حجم درآمد جهانی از فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک از حدود ۳۹ میلیارد دلار به مقدار نزدیک به ۱۳۰ میلیارد دلار خواهد رسید که این نشان‌دهنده روند روبه‌پیشرفت این فناوری‌ها در دنیا خواهد بود.



شکل شماره ۱۴. مشاهده مجموع درآمد حاصل از فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک (گردآورنده).

با توجه به تحقیقات انجام‌شده در حوزه‌های تجاری ، فناوری‌های نانوالکترومکانیک درآمد بسیار بیشتری نسبت به فناوری‌های میکروالکترومکانیک دارند که این روند در سال‌های پیش رو افزایش نیز خواهد داشت.

نتیجه‌گیری

با بررسی نقش فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک در دنیا و مقایسه سهم کشورها در تجارت جهانی در این حوزه‌ها پی می‌بریم به‌ترتیب حوزه‌های زیر بیشترین سهم را در بازار تجاری دنیا دارا هستند.

- آمریکای شمالی
- ژاپن
- اروپا

اما در آینده نه‌چندان دور رشد تولید و تجارت در این حوزه‌ها در کشورهای آسیایی به‌شدت بیشتر افزایش می‌یابد به‌طوری‌که تا سال ۲۰۲۴ بیش از نیمی از بازار جهانی از آن کشورهای آسیایی خواهد بود. همچنین با بررسی زمینه‌های اصلی در حوزه فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک مشخص شد که حوزه‌های زیر بیشترین سهم را در تجارت جهانی و تولید خواهند داشت.

- حسگرهای شتاب
- حسگرهای بیولوژیک

نکته‌ای که براساس نتایج این تحقیق مشخص است ، این است که حسگرهای شتاب که بیشترین حجم تجاری را در بازار تجارت جهانی به خود اختصاص داده‌اند در آینده نزدیک نیز رتبه اول در تولید را حفظ خواهد کرد. ازاین‌رو جایگاه حسگرهای شتاب در تولید ، ثابت خواهد بود و این امر می‌تواند ریسک سرمایه‌گذاری در این حوزه را در داخل کشور به حداقل مقدار برساند، اما نکته بسیار مهم در میزان رشد درآمدها در فناوری‌های میکروالکترومکانیک و

نانوالکترومکانیک این است که درآمد این دو حوزه در آینده یکسان نخواهد بود به‌طوری‌که میزان درآمد فناوری‌های نانوالکترومکانیک نسبت به فناوری‌های میکروالکترومکانیک رشد بسیار بیشتری خواهند داشت به صورتی که در سال ۲۰۲۴ ، درآمد حاصل از فناوری‌های نانوالکترومکانیک به حدود سه برابر سال ۲۰۱۷ خواهد رسید.

جدول شماره ۲. مقدار درآمد حاصل فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک

	۲۰۱۷	۲۰۱۸	۲۰۱۹	۲۰۲۰	۲۰۲۱	۲۰۲۲
درآمد حاصله از فناوری‌هایNEMS برحسب میلیارد دلار	۲۵	۴۰,۴۶	۵۵,۷۱	۷۰,۹۴	۸۶,۱۷	۱۰۲,۳
درآمد حاصله از فناوری‌هایMEMS برحسب میلیارد دلار	۱۱	۱۲,۶۴	۱۴,۲۸	۱۵,۹۲	۱۷,۶۲	۱۹,۲۰

در جدول شماره ۱ می‌توان مقدار درآمد حاصل از این دو حوزه‌ی فناوری را تا سال ۲۰۲۲ مشاهده کرد و تفاوت در میزان درآمد فناوری‌های نانوالکترومکانیک و میکروالکترومکانیک را به‌خوبی مشاهده کرد.

با توجه به این نکته می‌توان گفت در آینده نه‌چندان دور سرمایه‌گذاری در حوزه فناوری نانوالکترومکانیک درآمد بیشتری نسبت به حوزه‌ی میکروالکترومکانیک خواهد داشت و بازار جهانی بیشتر به سمت فناوری‌های نانوالکترومکانیک حرکت خواهد کرد.

در کل با بررسی‌هایی که در این پژوهش انجام‌شده است می‌توان مشاهده کرد که از سال ۲۰۱۷ تا سال ۲۰۲۲ ، حجم درآمد جهانی حاصل از هر دو حوزه از فناوری‌های

میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک درمجموع از حدود ۳۹ میلیارد دلار به مقدار نزدیک به ۱۳۰ میلیارد دلار خواهد رسید که این نشان‌دهنده روند روبه‌پیشرفت این فناوری‌ها در دنیا خواهد بود.

نکته حائز اهمیت این است که با توجه به رشد چشمگیر این فناوری‌ها، شرکت‌های پیشرو در حال خرید شرکت‌های کوچک‌تر در این حوزه هستند و یا قسمت‌های تولید ریزتراشه‌های الکترونیکی را به تولیدات میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک تغییر کاربری می‌دهند و این به‌دلیل سود بهتر این محصولات نسبت به تولید تراشه‌های الکترونیکی است. می‌توان این موضوع را به‌خصوص در کشور ژاپن به عنوان دومین تولیدکننده فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک به‌خوبی مشاهده کرد.

با توجه به اهمیت فناوری‌های میکروالکترومکانیک و نانوالکترومکانیک در روند پیشرفت فناوری‌های جدید می‌توان اهمیت این فناوری‌ها را در صنایع نظامی و دفاعی، به‌وضوح حس کرد، ازاین‌روی برای دستیابی به فناوری‌های قدرت‌ساز در عرصه صنایع نظامی و دفاعی اهمیت به توسعه‌ی این فناوری‌ها امری لازم و ضروری است.

منابع

Alvin Barlian A., Roger T. Howe , Gregory T. A. Kovacs , Beth L. Pruitt (2006) "MICRO AND NANOSCALE EDUCATION AT STANFORD UNIVERSITY" , US, In Proceedings of the Solid-State Sensors, Actuators, and Microsystems Workshop.

Crone, Wendy C. (2008) "A brief introduction to MEMS and NEMS." Springer handbook of experimental solid mechanics" ,US, Springer.

Dan Tracy, Christian Gregor Dieseldorff, Edwin Hall (2007) A Glimpse into the European Semiconductor and Emerging Technology Industries ,available at http://www.semi.org/en/glimpse-european-semiconductor-and-emerging-technology-industries.

Guckel, H, Christenson, T. R., Skrobis, K. J., Jung, T. S., Klein, J., Hartojo, K. V., & Widjaja, I. (February 1993) "A first functional current excited planar rotational magnetic micromotor". IEEE.

K. Lee, I. Park, B. Yoon (January 2016) " An Approach for R&D Partner Selection in Alliances between Large Companies, and Small and Medium Enterprises " , Application of Bayesian Network and Patent Analysis. Vol. 8, No 2.

L.S. Fan, Y.C. Tai and R.S. Muller(jun 1988) "Integrated movable micromechanical structure for sensors and actuators" IEEE Transactions on Electron Devices. Vol. 35, No 6.

Minhang Bao, Weiyuan Wang (August 1996) "Future of microelectromechanicalsystems (MEMS) " ,Journal of Sensors and Actuators. Vol. 56, NO 2.

Marie Freebody (2010) Consumers Dominate MEMS Market , available at https://www.photonics.com/a43371/Consumers_Dominate_MEMS_Market.

Colin Johnson R. (2013) MEMS Market to Top $22 billion by 2018 , available at https://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1320035.

Roukes, M. (2001) "Nanoelectromechanical systems face the future" Physics World. Vol. 14, Nom 2.

Solid State Tehnology (2012) MEMS supply chain stronger 1 year after Japanese earthquake, available at http://electroiq.com/blog/2012/03/mems-supply-chain.

Variant Market Research (2017) Bio-MEMS Market ,available at https://www.variantmarketresearch.com/report-categories/medical-devices/bio-mems-market.

Variant Market Research (2017) Nanoelectromechanical Systems Market ,available at

https://www.variantmarketresearch.com/report categories/semiconductor-electronics/nanoelectromechanical-systems-market.

Zion Market Research (2017) Global Microelectromechanical Systems Market Set for Rapid Growth, to Reach around USD 19.20 billion by 2022, available at https://www.zionmarketresearch.com/news/microelectromechanical-systems-market.

Zion Market Research (2017) Global Nanoelectromechanical Systems Market Set for Rapid Growth, to Reach Around USD 102.03 Million by ۲۰۲۲ , available at https://www.zionmarketresearch.com/news/nanoelectromechanical-systems-market.