



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

# ساخت و کارایی ژنراتور قدرت پیزوالکتریک مبتنی بر mems برای

## برداشت انرژی ارتعاش

خلاصه :

دستگاه برداشت انرژی مبتنی بر MEMS، ژنراتور برق میکرو پیزوالکتریک، برای تبدیل انرژی ارتعاش محیط به انرژی الکتریکی با استفاده از اثر پیزوالکتریک طراحی شده است. در این کار، ساختار ژنراتور با cantileverهای کامپوزیت (مخلوط) با جرم فلز نیکل ارائه شده است. سیستم های میکرو مکانیکی و الکترونیکی (MEMS) مربوط به تکنیک هایی مانند سل-ژل، قلم زنی خشک RIE، اچ شیمیایی مرطوب، UV-LIGA برای ساخت دستگاه توسعه یافتند سپس عملکرد آن ها در راه اندازی تست ارتعاش اندازه گیری شد. تحقیقات نشان می دهد که دستگاه طراحی شده انتظار می رود به طور نوسانی در فرکانس پایین ارتعاشات زیست محیطی به صورت ابعاد ساختاری مناسب به کار رود. تحت عملیات رزونانس با فرکانس حدود 608 هرتز، اولین نمونه با ولتاژ خروجی ژنراتور حدود 0.89 ولت ac peak\_peak برای غلبه به یکسوسازی ژرمانیوم به سمت ذخیره انرژی و توان خروجی آن در سطح میکرووات از 2.16 میلی وات بود.

### 1. مقدمه :

به تازگی، دستگاه های الکترونیکی مستقل یا جاسازی شده مانند برچسب های RFID و حسگرهای کنترل راه دور بسیار جذاب تر شده اند برای دستگاه هایی که به بالاترین سطح پتانسیل خود می رسند. اگرچه راه حل های عملی باید برای توسعه تأمین انرژی خود به خودی این واحد مستقل ایجاد شوند. چنین واحدهایی به مقدار کمی از منبع انرژی نیاز دارند و کوچک سازی آنها و کم کردن توان مصرفی آنها ادامه خواهد یافت. به آنها اغلب با باتری های معمولی در حال حاضر توان داده می شود. با این حال، باتری ها معایبی دارند: هم به تعویض و یا شارژ دوره ای نیاز دارند و اندازه بزرگ و وزن زیادی در مقایسه با دستگاه های میکرو الکترونیک دارند. برای شکستن محدودیت باتری ها، برداشت انرژی از ارتعاش همه جای محیط زیست توسط تکنولوژی سیستم های میکرو مکانیکی و الکترونیکی (MEMS) یکی از راه

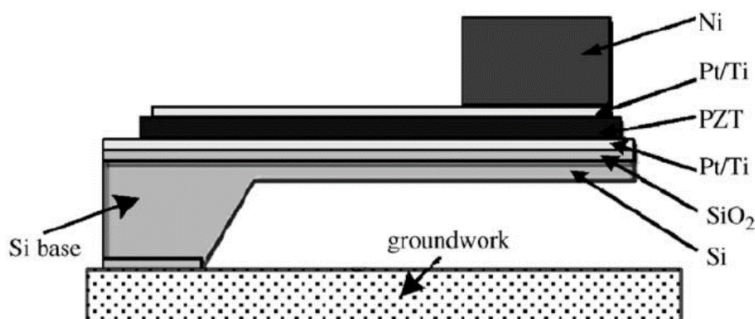
های امیدوار کننده است. ارتعاش می تواند با استفاده از سه نوع از مبدل های الکترومکانیکی به انرژی الکتریکی تبدیل شود: الکترومغناطیسی [1-3]، الکترواستاتیک [4-6]، و پیزوالکتریک [7-10].

موثرترین نوع ژنراتور تاحدی به شرایط عملیاتی مورد نظر بستگی دارد. به طور کلی، ژنراتورهای پیزوالکتریک تبدیل انرژی بالاتری را نشان می دهند [9]. علاوه بر این، سادگی آن ها به خصوص برای استفاده در MEMS جذاب است. چند نمونه از این میکرو ژنراتورها گزارش شده اند [1-10] و مطالعات نسبتا کمی به خصوص مطالعات تجربی بر روی ژنراتورهای قدرت پیزوالکتریک وجود دارد [7-10]. Glynnه جونز و همکاران [7-8] رویکردی برای طراحی و مدل سازی ارتعاش ژنراتور ارائه دادند، که در آن بدنه ژنراتور پیزوالکتریک توصیف شده است. Roundy و همکاران [9] یک نمونه اولیه از cantilever پیزوالکتریک کوچک (25-9 mm طول) با جرم نسبتا سنگین در انتهای آزاد گزارش دادند که می تواند 375 میلی وات از یک منبع ارتعاش  $2.5 \text{ m/s}^2$  در 120 هرتز تولید کند. مقیاس دستگاه، با این حال، بسیار بزرگتر از mems هاست؛ علاوه بر این ساخت دستگاه توسط مونتاژ دستی محدود شده است. Sood [10] یک ژنراتور برق میکرو پیزو الکتریک (PMPG) در پایان نامه خود ارائه داد. PMPG از مدل PZT D33 برای تبدیل انرژی صوت به انرژی برق استفاده کرد. ساختار PMPG منتشر شده از سیلیکون بدنه به صورت  $\text{XeF}_2$  با خواص فیزیکی مشابه در هر قدم است. فرکانس عملکرد صوتی آن بین 20 تا 40 کیلو هرتز تنظیم می شود و توان خروجی آن در حدود 1 میلی وات است. تاکنون، به ندرت ژنراتور پیزوالکتریکی در مقیاس MEMS برای تبدیل ارتعاش با فرکانس پایین به انرژی برق ایجاد شده است. در این مطالعه، ساختار cantilever پیزوالکتریک کامپوزیت مبتنی بر MEMS برای برداشت انرژی ارتعاش طراحی شده است. فرایند ساخت میکرو و تست دستگاه همچنین توصیف شده است.

## 2. ساختار طراحی

در میان ساختارهای پشتیبانی mems های مشترک، مانند: cantilever، پرتو پشتیبانی مضاعف، دیافراگم، cantilever سازگارترین نمونه برای یک نیروی ورودی داده شده است [10]. بنابراین، یک کامپوزیت میکرو cantilever با جرم نیکل اختیاری به عنوان یک نوع ساختار برای ژنراتور طراحی شده است. جرم فلز روی انتهای

آزاد (نوک) cantilever برای کاهش فرکانس ساختار طبیعی برای کاربرد در ارتعاش فرکانس پایین استفاده شده است. مانند نشان داده شده در شکل 1، cantilever کامپوزیت تشکیل شده از فیلم ضخیم پیزوالکتریک بالا، بین جفت الکترودهای فلزی (پلاتین / تیتانیوم) برق، و با یک عنصر nonpiezoelectric پایین در تنگنا قرار داده شده است. الکترودها برای بهره برداری 31 حالت برانگیختگی از مواد PZT استفاده میشوند. هرچند پیزوالکتریک در 33 تبدیل حالت می تواند به ولتاژ خروجی بالاتری برسد، برای منبع کم فشار، حجم محدود و سادگی در آرایش الکترودها، 31 تبدیل حالت ممکن است فوایدی در کاربردهای MEMS داشته باشد [11]. دستگاه به شرح زیر عمل می کند: هنگامی که کادر پایه دستگاه توسط زمینه های زیست محیطی مرتعش می شود، به طور همزمان نیروی ورودی را به یک سیستم مکانیکی مرتبه دوم تغذیه می کند، برخی از قسمت های دستگاه ممکن است به سمت کادر پایه حرکت کنند، این جابجایی نسبی باعث می شود ماده پیزوالکتریک در سیستم تشدید شده یا فشرده شود. این به نوبه خود باعث تغییر شارژ و تجمع به دلیل اثر پیزوالکتریک می شود. بزرگی این ولتاژ بارالکتریکی متناسب با استرس ناشی از جابجایی نسبی است.



تصویر 1. طرح مقطعی از ژنراتور

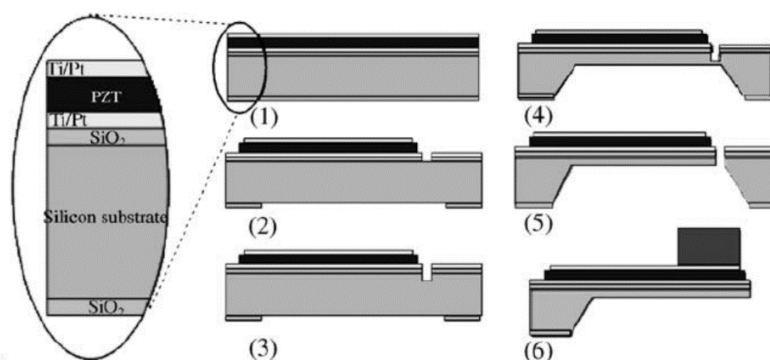
این مشخص شده است که لرزش رزونانس می تواند جابجایی نسبی را به صورت قابل ملاحظه ای تقویت کند. بنابراین، به منظور تولید حداکثر قدرت الکتریکی، ژنراتورهای میکرو باید طراحی شوند که بتوانند به طور مکانیکی در یک تنظیم فرکانس به ارتعاش محدود رزونانس کنند و این یافت شده که بسیاری از ارتعاشات فرکانسی در سطح پایین هستند، نه بیش از چند ده ها تا صدها هرتز [6].

$W=k/m$  با سختی (K) و جرم (متر) است. این نشان می دهد که فرکانس طبیعی ژنراتور برق می تواند با تغییر ابعاد ساختار در حال حرکت قطعات تنظیم شود.

### 3. ساخت میکرو

تکنیک های ساخت میکرو مورد استفاده در اینجا به طور عمده شامل اصول آماده سازی فیلم ها و الگو، میکروماشینی کردن سیلیکون بدنه، انتشار ساختار و جمع آوری جرم است. تصویر 2 فرایند ساخت مختصر نشان می دهد. در ابتدا،  $a(100)$  ویفر سیلیکون که در ضخامت 500 میلی متر جهت یابی می کند، اکسید مرطوب بود. این لایه به ضخامت 2 میلی متر اکسید سیلیکون برای بهبود چسبندگی از پایین الکتروود تیتانیوم / پلاتین به سطح وافر در خدمت است و در طول عمل اچ کردن سیلیکون مرطوب در فرایندهای بعدی به عنوان ماسک عمل می کند. به دنبال آن، الکتروود پایین، از ضخامت تیتانیوم 30nm و  $(111)$  جهت یابی می کند. در ضخامت 300nm پلاتین متوالی، روی بایه اکسید پراکنده شد. و سپس، فیلم های PZT به روش سل-ژل ذخیره شد [12،13].

یک راه حل از پیش آماده شده ازسرب استات، روی isopropoxide و تیتانیوم tetrobutoxide، در حلال 2-متوکسیاتانول داریم، جایی که نسبت  $Zr/ti$  را برابر 52/48 است 0.25مول PZT با 20 درصد مولی زیادی هدایت می کند محتوا را در حلال آماده شده و در لایه پوشش روی  $SiO_2 / Ti / PT$  و  $Si$  در 3000 دور در دقیقه به مدت 20 ثانیه می چرخانیم، و به دنبال در اثر حرارت 300، 1سی سی به مدت 2 دقیقه تجزیه شد. این فرایند مجددا تکرار شد و فیلم های PZT با لایه های پوشش مختلف بدست آمد. سرانجام، فرایند با دوام کردن سریع با حرارت 650، برای 1سی سی به مدت 30 دقیقه برای دست آوردن پروسکایت فاز فیلم PZT انجام شد. یک لایه فیلم PZT از ضخامت 1.64 میلی متر پس از ذخیره کردن 15 لایه بدست آمد. روی فیلم PZT، الکترودهای بالا تیتانیوم / پلاتین پراکنده شدند.



تصویر 2. فرآیند ساخت ژنراتور برق پیزوالکتریک میکرو. (1) آماده سازی فیلم کاربردی:  $\text{SiO}_2$  و  $\text{Ti/Pt/PZT/Ti/Pt}$

(2) طراحی فیلم های کاربردی،  $\text{Ti/Pt}$ ، (3) حافظه سیلیکون اچ شده توسط RIE (4) عمق سیلیکونی اچ شده

توسط محلول KOH، (5) cantilever رها شده توسط RIE، و (6) ساخت و مونتاژ میکرو جرم فلز.

وافر با فیلم آماده شده پس از آن ساخته شده بود که از تکنیک های فتولیتوگرافی استاندارد استفاده کند. پنجره اکسید

برگشت با تراز علامت با استفاده از محلول HF اچ ایجاد شد و سپس الکتروود جلو و فیلم های PZT به طور منظم با

استفاده از RIE و اچ مرطوب ( $\text{HF}:\text{HCl}:\text{H}_2\text{O} \frac{1}{4} 1:25:74$ ) به ترتیب، از طریق فرایند تطبیق دادن دو طرف الگو

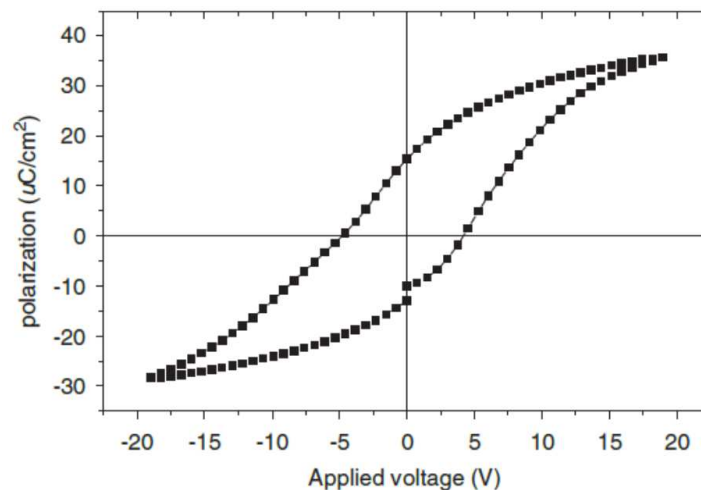
شد. سپس الکتروود پایینی و لایه های اکسید سیلیکون با فرایند RIE اچ شدند. میکروماشینسازی بدنه سیلیکون پشت

وافر انجام شد. اچ کردن شیمیایی KOH در اینجا به منظور اجتناب از فرسایش فیلم های کاربردی، جست و خیز کردن

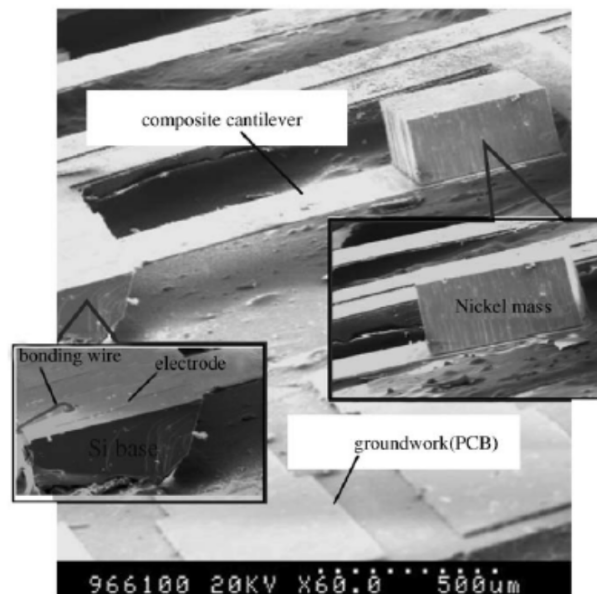
ظریف و سریع بکار گرفته شد. برای محافظت از آنها و فرایند اچ کردن مرطوب لایه نازک سیلیکون متوقف شد قبل از

اینکه وافر سیلیکون از طریق (نرخ اچ و زمان اچ با عمق اچ کنترل می شود) اچ شود. فرایند سیلیکون RIE پس از آن

برای انتشار cantilever کامپوزیت در نهایت مورد استفاده قرار گرفت.



تصویر 3. منحنی هیستریزیس P-V دستگاه PZT، مقدار پلاریزاسیون باقی مانده  $14\mu\text{C}/\text{cm}^2$  است.



تصویر 4. عکس SEM از نمونه اولیه ساخته شده

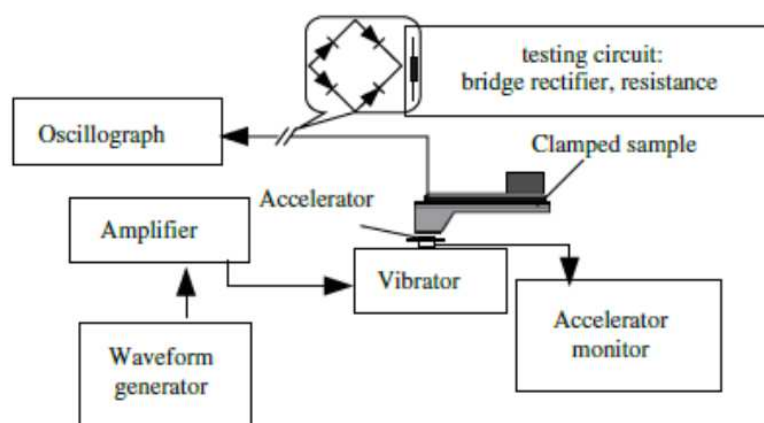
پس از آن، جرم نیکل به خوبی انتخاب شده با UVLIGA با تکنیک SU-8 ساخته شد [14] پس از آن روی cantilever با استفاده از چسب ضمیمه شد. پس از فرآیند اتصال سیم، فیلم PZT با اعمال یک ولتاژ DC 10 برای 5 دقیقه قطب دار شد (محکم شد). بنابراین ژنراتور برق پیزوالکتریک میکرو ساخته شد. شکل 3 منحنی هیستریزیس P-V یک دستگاه PZT که با سیستم RT6000HVS FE اندازه گیری شده را نشان می دهد. شکل 4 عکس نهایی نمونه اولیه را نشان می دهد. ابعاد دستگاه cantilever برابر است با طول \* عرض :  $2000 * 600\mu\text{m}$ ، با ضخامت لایه سیلیکونی 12

میکرومتر، ضخامت لایه PZT 1.64 میکرومتر و جرم فلز نیکل اضافه شده برابر است با ارتفاع \* طول: 600 \* 500.um2

#### 4. راه اندازی آزمایش دستگاه :

دستگاه طراحی شده به عنوان یک ژنراتور جریان AC، زمانی که به طور مکانیکی ارتعاش می کند، عمل می کند. فیلم PZT یک متغیر تغییر زمانی را در فشار مکانیکی، متناوب بین کشش و تنش فشاری را تجربه می کند. این نتایج در یک متغیر با زمان شارژ تولید شده در داخل لایه PZT که منبع جریان AC است، بدست می آید. عملکرد نمونه اولیه آماده شده توسط سیستم نشان داده شده در شکل 5 تست شده است. ویبراتور (SINOCERA JZK-5) برای تامین ارتعاشات مکانیکی قابل اطمینان به نمونه تست استفاده شد. ویبراتور می تواند توسط تابع Agilent 33220A / خودسرانه ژنراتور شکل موج برنامه ریزی شده کنترل شود و یک تقویت کننده قدرت SINOCERA YE5872 با ژنراتور شکل موج برای کنترل وسیله ارتعاش و نوسان و تنظیم قدرت ارتعاش گنجانیده شد. یک شتاب دهنده (CA-DR-1005 SINOCERA) برای دراز و باریک کردن ویبراتور متصل شده است که قدرت ارتعاش، شتاب، دامنه و یا سرعت می تواند اندازه گیری شود و سیگنال قدرت به واحد نمایش خروجی، نوسان نگار SINOCERA YE5932A تحویل داده می شود. در گذشته، از نوسان سنج (TEK TRONIX TDS3014B) برای نظارت بر سیگنال ولتاژ نمونه تست شده استفاده می شد. ژنراتور برق، مدار یکسو و خازن ذخیره الکتریکی برای برداشت انرژی الکتریکی مورد نیاز هستند. بنابراین، یک مدار یکسو کننده پل دیودی 4 ژرمانیومی مشترک، با دیود ولتاژ بایاس رو به جلو V0.2 در حالت ماندگار برای اصلاح آزمایش معرفی شده است. از سوی دیگر، مقاومت متغیر متصل به ژنراتور برق برای اندازه گیری و محاسبه توان خروجی آن نظارت شده است.





تصویر 5. راه اندازی آزمایشی برای تست دستگاه

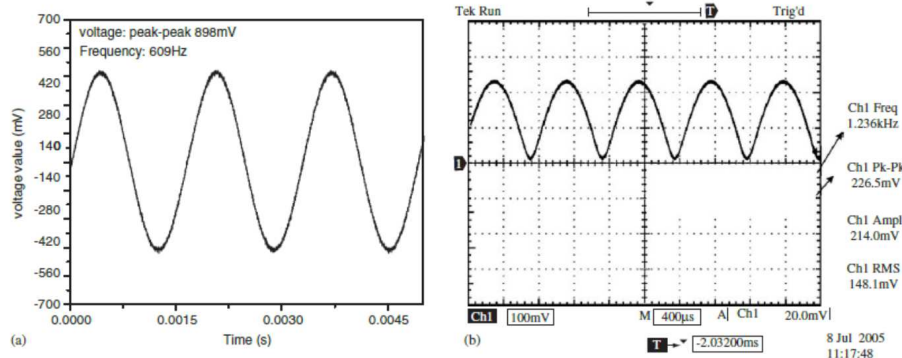
## 5. نتایج و بحث و گفتگو

فرکانس طبیعی نمونه اولیه جستجو شده با استفاده از فرایند فرکانس متمایل پیچ دار بود : جیر جیر کردن دوره ای نوسان دار منبع ژنراتور شکل موج. مشاهده ی نوسان سنج، زمانی که نقطه رزونانس آزمایش شد سیگنالی با صعود ناگهانی رخ می دهد. و پس از آن، دستگاه ژنراتور برق برانگیخته شده تحت فرکانس رزونانس با قدرت 1 گرم شتاب که دامنه کلی در طبیعت است [6]. نمودار در شکل (6) ذخیره شده توسط نوسان سنج، فرکانس رزونانس و ولتاژ سیگنال را نشان می دهد. فرکانس طبیعی در حدود 609 هرتز و مقدار خروجی ولتاژ برابر 898 peak peak AC است. این بدان معنی است که لایه های PZT بین حداکثر جابجایی در تناوب های زیاد نوسان می کنند. این نشان می دهد که ولتاژ خروجی تحت حداکثر جابجایی  $U_{peak-peak}/2=449\text{mv}$  است. آزمایش اصلاح زمانی که ژنراتور به طور نوسانی در حال ارتعاش بود، انجام شد. شکل 6 (ب) تاثیر اصلاح موج کامل از نمونه را با استفاده از پل یکسوساز نشان می دهد. به نظر می رسد دیودها عمل تبدیل AC-DC را به طور موفقیت آمیز انجام می دهند که برای ذخیره بار توسط خازن بسیار حیاتی است. ژنراتور به عنوان منبع جریان AC عمل می کند، همانطور که در شکل 7 نشان داده شد ولتاژ آن با افزایش بار، تا 898mv در KO 112 افزایش می یابد. توان نقطه ی اوجی دارد همان طور که

انتظار می رود برابر 2.16 میلی وات برای مقاومت 21.4K است. و یک مقدار 608mV ولتاژ AC peak-peak است که در توان 2.16 میلی وات اندازه گیری شده است. جایی که:

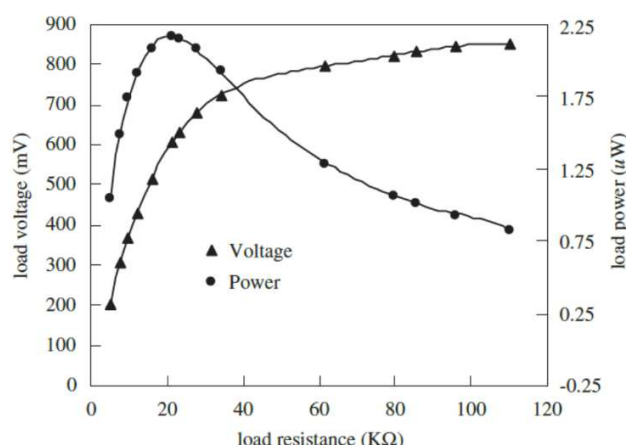
$$\text{Power} = [(U_{\text{peak-peak}}/2)/2]^2/R$$

و  $U_{\text{peak-peak}}$  مقدار ولتاژ بار AC peak peak است و R مقاومت بار است.



تصویر 6. (a) پاسخ رزونانس به منبع ارتعاش و (b) تبدیل AC به DC توسط اصلاح تمام موج.

نتایج تجربی، توسعه امیدوار کننده ژنراتورهای پیزوالکتریک میکرو را آشکار می کنند. با این حال، ولتاژ نسبتاً پایین و قدرت خروجی برای کاربردهای کلی امروزی عملی نمی باشند. از سوی دیگر، در طول آزمایش تست، پهنای باند موثر ولتاژ خروجی به مقدار کافی برای یکسوسازی بالا است که مشاهده می شود که بسیار باریک می شود. این در حدود کمتر از چند ده هرتز در نزدیکی نقطه رزونانس است. این نامناسب است برای منبع ارتعاش عملی که فرکانس آن ثابت نیست اما بالا و پایین در برخی از محدوده هاست. بنابراین، دستگاه باید توسعه پیدا کند تا کارایی خود را تقویت کند از جمله ارتقاء قدرت، افزایش ولتاژ و خود را به فرکانس ارتعاشی متغیر عملی تنظیم کردن. به راحتی تنظیم ابعاد ساختار می تواند مورد استفاده برای تنظیم فرکانس طبیعی دستگاه قرار گیرد که مطابقت با حالت ارتعاش عملی شود و اتصال موازی / سری ساختار cantilever ها با فرکانس طبیعی نزدیک در ترکیب به عنوان آرایش منحصر به فرد برای گسترش پاسخ پهنای باند و جمع اوری الکتریسیته خروجی در طراحی نسل بعدی معرفی خواهد شد. در همان زمان، بهینه سازی نوع ساختار برای کاوش کردن پتانسیل PZT موجود، افزایش ضخامت فیلم PZT برای بهبود دادن تبدیل فشار لرزش به برق همچنین در کادر زیر در نظر گرفته شد.



تصویر 7. ولتاژ بار و قدرت تحویل به بار در مقابل مقاومت

## 6. نتیجه گیری

پژوهش روی ژنراتور میکرو پیزو الکتریک شامل طراحی ساختار، ساخت میکرو برای اجرای MEMS و تست عملکرد، مورد بررسی قرار گرفت. یک cantilever کامپوزیت با لایه PZT برابر 1.64 میلی متر برای برداشت انرژی ارتعاش استفاده شد. نمونه اولیه ساخته شده توسط فناوری MEMS می تواند در سطح ولتاژ 898 mV و توان خروجی 2.16 میلی وات تحت تحریک رزونانس با قدرت 1 g شتاب نتیجه می دهد. انعطاف پذیری در مناسب کردن پارامتر ساختار می تواند ویژگی های ژنراتور را تنظیم کند مانند فرکانس طبیعی که پتانسیل کاربرد آن در شرایط مختلف را افزایش می دهد و کار بیشتر به منظور افزایش عملکرد ژنراتور انجام خواهد شد که شامل توسعه فیلم PZT و معرفی آرایه cantilever است. علاوه بر این، ذخیره سازی و مدیریت انرژی واحد ها باید همچنین انجام شود. در مقایسه با گزارش میکرو ژنراتور برای برداشت انرژی ارتعاش، دستگاه ما فواید عملکرد خوب دستگاه را ارائه می دهد از قبیل ولتاژ امیدوار کننده / توان خروجی و فرکانس طبیعی پایین قابل تنظیم (برای مطابقت دادن منابع ارتعاش کلی) که اهمیت دارند. دیگر مزیت نهفته در این واقعیت است این است که دستگاه متراکم تر است و فرآیند ساخت آن مقیاس پذیرتر است، اجازه دادن اجرای تکنولوژی MEMS که دارای پتانسیل مزیت هزینه با اعمال نفوذ تکنیک های ساخت IC بالغ شده است.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی