# شبیه‌سازی افزاره های سیلیکون روی الماس دو لایه جهت بهینه سازی حرارتی و استفاده در ترانزیستور دو قطبی گیت عایق

علیرضا غلامیان، کارشناسی ارشد رشته برق، دانشگاه آزاداسلامی واحد مبارکه
فرهاد نوابی فر، دکترا پردازش سیگنال، دانشگاه UTM Malaysia

Archive of SID

**چکیده**

از ابتدای ساخت ماسفت ها تاکنون، این افزاره ها دچار تغییر و تحولات بسیار زیادی در تکنولوژی ساخت، مواد سازنده و حتی ساختار اساسی خود شده اند وتلاش زیادی برای بهبود اثرات نامطلوب الکتریکی آن شده است. در میان افزاره-ها، IGBT[1] ها( ترانزیستور دو قطبی گیت-عایق) که به نوعی از خانواده ماسفت ها محسوب می شوند قطعه‌ای با اهمیت جهت ساخت سوئیچ استاتیک کارا در زمینهء الکترونیک قدرت می‌باشند. برای کاهش حرارت افزاره یک لایه عایق نازک مانند دی اکسید سیلیکون برای جداسازی فضای بدنه فعال از زیرلایه استفاده شده است. گذردهی الکتریکی الماس بطور کلی 2/5 برابر دی اکسید سیلیکون است. همچنان‌که میدان الکتریکی درین در سرتاسر الماس نفوذ می کند، باعث افزایش اثر DIBL[2] می شود.حال با بکار گیری الماس یک لایه جدید از دی اکسید سیلیکون با ثابت گذردهی کوچکتر از الماس استفاده شده است. این لایه جدید، قسمتی از لایه عایق مدفون را می پوشاند.این ساختار جدید به گونه ای است که حداقل تاثیر را بر روی اثر خودگرمایی ترانزیستور می گذارد.به منظور دستیابی به یک سوئیچ استاتیک کارا با قابلیت تحمل ولتاژ و جریان بالا وبه حداقل رساندن پدیده خودگرمایی از طرح پیشنهادی "ترانزیستور روی الماس دولایه" در ساخت IGBT استفاده می گردد.

**کلیدواژه‌ها**: افزاره سیلیکون، ترانزیستور دو قطبی گیت عایق،، شبیه سازی هایدرودینامیک.

[1] Insulated-Gate Bipolar Transistor
[2] Drain-Induced Barrier Lowering



www.SID.ir

## 1- مقدمه

افزاره های فلز- اکسید- نیمه هادی که اصطلاحاً ماسفت نامیده می شوند ،بر اساس درک برخی روابط اساسی نتیجه شده از فیزیک الکترونیک استوار می باشد ونقش مهمی در مسیر ساخت انواع مدار های مجتمع داشته اند. افزاره های سیلیکون روی عایق در مقایسه با افزاره بالک محاسن چندی از خود نشان می دهند که می توان از این لحاظ با تغییرات در لایه های مختلف از جمله عایق آن ها به نتایج قابل قبولی دست یافت.کاهش ابعاد افزاره ها منجر به کاهش توان مصرفی در افزاره ها، افزایش گنجایش مدارهای مجتمع، افزایش سرعت کلیدزنی آنها و کاهش قیمت تجاری آنها خواهد گردید. افزاره های سیلیکون روی عایق به دلیل بدنه باریک، جریان نشتی که بصورت نرمال دور از گیت در بدنه سیلیکون جریان داردکاهش می یابد. بخاطر رسانائی گرمایی کم دی اکسید سیلیکون زیر نوار سیلیکون فعال در تکنولوژی سیلیکون روی عایق، اثرات خود گرمایی مشاهده می شود. تکنولوژی الماس سیلیکونی که در آن الماس شبیه کربن بعنوان عایق زیرین بکار رفته است، از رسانائی گرمایی بالای الماس در مقایسه با دی اکسید سیلیکون بهره می برد . سطوح چگالی توان سیلیکون روی الماس از مرتبه اول شدت بیشتری نسبت به سیلیکون روی عایق از خود نشان می دهد .

## 2- افزاره سیلیکون روی الماس[1]

در چندین مقاله چاپ شده در این زمینه، به صورت کلی به تکنولوژی ساخت افزاره‌های سیلیکون بر روی الماس اشاره شده است. در این مقالات آمده است که پایه های سیلیکون روی الماس را می توان با استفاده از ترکیب روش‌های رسوب بخار شیمیایی الماس به کمک پلاسما و پیوند زنی ویفر و یا رشد سیلیکون به روش رو نشانی جانبی تولیدکرد. همچنین می‌توان با استفاده از روش فیلامان داغ، لایه الماس را بر روی سیلیکون رسوب داد. به طور کلی می‌توان گفت روش‌های ساخت ترانزیستورهای سیلیکون بر روی الماس عبارتند از: ZMR، PCVDو BONDING-ETCH BACK. لازم به ذکر است در همه این پروسه‌ها، لایه الماس به کمک بخار شیمیایی رسوب داده شده است. ساختار ترانزیستورهای سیلیکون روی الماس، کاملاً شبیه ترانزیستورهای سیلیکون روی عایق بوده با این تفاوت که به جای لایه اکسید سیلیسیم BOX، یک لایه

[1] Silicon-on-diamond device



Archive of SID
www.SID.ir

الماس قرارمی‌گیرد. ترانزیستورهای سیلیکون روی الماس نیز بسته به ضخامت و ناخالصی لایه کانال به دو دسته سیلیکون روی الماس نیمه تهی و سیلیکون روی الماس تمام تهی تقسیم می‌گردند.

### 2-1-مزایای افزاره سیلیکون روی الماس :

قابل استفاده به عنوان یک دی الکتریک

توان قابل تحمل بالا و استفاده در فرکانس بالا

هدایت گرمایی بالا

کاهش دمای کل چیپ

### 2-2-معایب افزاره سیلیکون روی الماس :

افزایش اثرات کانال کوتاه

افزایش جریان خاموشی در دما های بالا

افزایش تغییرات الکتروستاتیکی سورس/ درین (اثر Dibl)

افزایش میدانهای الکتریکی نفوذی از طرف درین به بدنه ترانزیستور

## 3-افزاره سیلیکون روی الماس با ساختار جدید دو لایه[1]

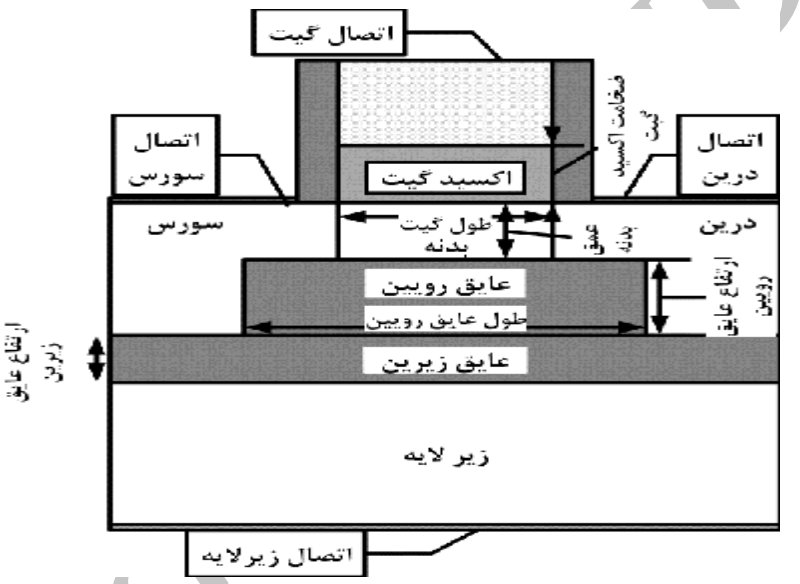
استفاده از الماس باعث بهبود پدیده خودگرمایی خواهد گردید و از سوی دیگر الماس باعث ایجاد آثار بسیار بدی بر روی DIBL و شیب زیر آستانه گردد. به همین دلیل، ساختاری که بتواند مشخصه‌های نامطلوب دو ساختار قبلی را به حداقل برساند مورد نیاز می باشد. ساختار افزاره مورد بحث مانند شکل 1 آمده است. عایق زیرین از جنس الماس است و خاصیت هدایت گرمایی بالای آن پدیده خودگرمایی در افزاره را به حداقل می-رساند. عایق رویین از جنس اکسید سیلیسیم است و به دلیل کم بودن مقدار ثابت دی‌الکتریک در اکسید سیلیسیم، اثر گذاری درین و سورس بر روی کانال در افزاره جدید بسیار کمتر از افزاره سیلیکون روی الماس

[1] Two layers of silicon-on-diamond



Archive of SID
www.SID.ir

است. البته نباید انتظار داشت DIBL و شیب زیرآستانه که ناشی از اثر گذاری خازن‌های نشتی درین- بدنه، زیرلایه- بدنه و سورس- بدنه هستند، در این افزاره جدید به مقادیر آنها در افزاره سیلیکون روی عایق برسند. زیرا طول عایق رویین به حدی نیست که بتواند تمام طول افزاره رابپوشاند و در نتیجه فاصله بین صفحات خازن در این افزاره کمتر از فاصله صفحات خازن در افزاره سیلیکون روی عایق است و در نتیجه به ویژه درین، بر روی بدنه و در نتیجه جریان کانال اثر گذاری بیشتری در افزاره سیلیکون روی عایق دولایه به نسبت افزاره سیلیکون روی عایق خواهد داشت.




**شکل1**: ساختار افزاره سیلیکون روی الماس با ساختار جدید دو لایه

### 3-1-مزایای افزاره سیلیکون روی الماس دو لایه :

کاهش میدان های الکتریکی نفوذی از طرف درین به بدنه ترانزیستور

کاهش اثرات کانال کوتاه

کاهش جریان نشتی

### 3-2-معایب افزاره سیلیکون روی الماس دو لایه :

افزایش مقاومت سورس – درین با افزایش طول عایق



www.SID.ir

## 4- ترانزیستور دو قطبی گیت-عایق

IGBT[1] ( ترانزیستور دو قطبی گیت-عایق) قطعه‌ای با اهمیت جهت ساخت سوئیچ استاتیک کارا در زمینهء الکترونیک قدرت می‌باشد .تقریبا از سال 1990 به بعد، عمدهء پیشرفتها در زمینه الکترونیک قدرت براساس استفاده از IGBT بوده است . با استفاده از IGBT ابعاد مبدلها کاهش چشمگیری می‌یابد و عملیات کنترل و سوئیچ توانهای بالا به سهولت انجام می‌پذیرد .همچنین عنوان یک ترانزیستور با قابلیت هدایت در ناحیه جریان – ولتاژ بالا و همچنین افت ولتاژ بایاس مستقیم متوسط (در حدود 1/8 ولت) قطعه ایده‌الی برای بکارگیری در شبکه توزیع محسوب می‌شود. ، ساختار IGBT مشابه تریستورها، متشکل از دو ترانزیستور دو قطبیPNO ، NPNو یک MOSFET با گیت عایق شده است. قابلیت تطبیق انواع تجهیزات حفاظتی در مدار راه اندازی گیت IGBTها یکی دیگر از مزایای آنها به شمار می رود.

### 4-1-مشخصه های دمای بالا

یکی از مهمترین پارامتر هایی که باید در بکار بردن IGBT در نظر گرفته شود تغییر مشخصه های آن بر اثر تغییر دماست. هنگامی که دما افزایش می یابد سد انرژی پیوند 1 بین بستر P مثبت و ناحیه رانشی N منفی (پیوند بیس امیتر ترانزیستور PNP )کاهش می یابد که سبب کم شدن ولتاژ آستانه می شود .همان طور که مقاومت کانال افزایش می یابد مقدار جریان الکترونها کم شده و بهره جریان که نسبت جریان حفره ها به جریان الکترونها است افزایش می یابد و بعلاوه مقاومت ناحیه N منفی (بیس ترانزیستور PNP ) نیز افزایش می یابد. به سبب این مشخصه ها، در جریان های کم کلکتور تغییرات ولتاژ پیوند 1 (J1) طبق شکل 2 از تغییر مقاومت های کانال و ناحیه رانشی N منفی بزرگتر است و به همین جهتIGBT دارای ضریب حرارتی منفی همانند ترانزیستور های دو قطبی است . از سوی دیگر مقاومت کانال و ناحیه N منفی ولتاژ حالت روشن را در جریان های زیاد کلکتور مشخص می کنند که همین منجر به یک ضریب دمایی مثبت همانند ماسفت قدرت می شود. به همین جهت پدیده خودگرمایی از اهمیت خاصی در IGBT برخوردار است.

[1] Insulated-Gate Bipolar Transistor



Archive of SID
www.SID.ir

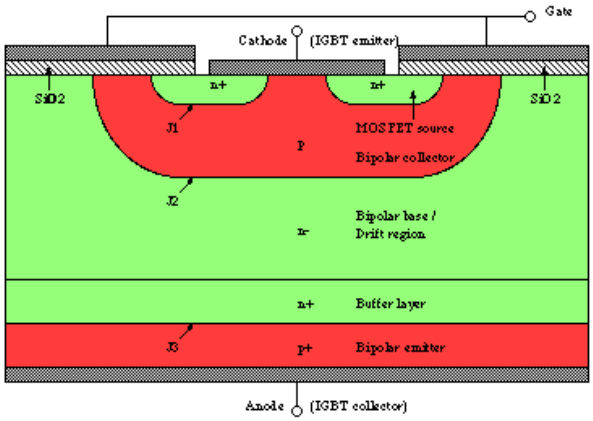



Fig.1: A typical IGBT structure

**شکل 2: ساختار IGBT**

## 2-4-پارامتر های حرارتی

توان تلف شده در قطعه به حرارت تبدیل می شود که این حرارت می تواند باعث افزایش دمای پیوند و در نتیجه تنزل مشخصه ها و کوتاه شدن عمر قطعه است. پس بسیار مهم است که این حرارت تولید شده در داخل قطعه به سرعت از ان خارج شود. امپدانس حرارتی Zthjct مقدار توانایی قطعه در پراکنده کردن حرارت را نشان می دهد. اگر انتقال حرارت را همانند جریان در نظر بگیریم می توان کانال انتقال حرارت را همانطور که در شکل نشان داده شد با یک مدار الکتریکی نشان می دهد .

RθJA(مقاومت حرارتی پیوند تا محیط)

مقاومت حرارتی بین پیوند و محیط را می توان با RθJA مشخص ومقدار آن را از فرمول زیر محاسبه کرد:

$$[\ W/°C]\quad R\theta SA + R\theta CS + R\theta JC = R\theta JA$$

RθJC (مقاومت حرارتی پیوند تا بدنه)

یک مقاومت حرارتی داخلی از پیوند تا بدنه قطعه است. مقدار این مقاومت به نوع طراحی بدنه قطعه و مواد بکار برده شده در ساختمان بستگی دارد RθJC .را می توان در دمای Tc=25 °C از فرمول زیر محاسبه کرد .

$$R\theta JAC = °C/W$$



Archive of SID
www.SID.ir

Tc=25 ℃وضعیتی است که در آن هیت سینک بینهایت است. هیت سینک بینهایت: هیت سینکی است که دمای بدنه را با دمای محیط برابر می کند.

RθCS (مقاومت حرارتی بدنه تا هیت سینک)

RθCS مقدار مقاومت حرارتی بین بدنه قطعه و هیت سینک است. مقدار این مقاومت به نوع عایق ،روغن حرارتی،ضخامت وروش نصب هیت سینک بستگی دارد.

RθSA (مقاومت حرارتی بین هیت سینک ومحیط)

RθSA مقدار مقاومت حرارتی بین هیت سینک و محیط را مشخص می کند که مقدار آن به شکل هندسی هیت سینک،سطح تماس ،کیفیت آن و روش های خنک کردن بستگی دارد.

### 3-4-محاسبه حداکثر دمای بدنه افزاره[1]

حداکثر دمای بدنه افزاره در افزاره های مورد تحقیق زمانی ایجاد می شود که بیشترین جریان از کانال افزاره عبور کند. و این امر زمانی اتفاق می افتد که مقدار Vds و Vgs که دو عامل تعیین کننده مقدار $I_d$ هستند، بیشترین مقدار خود را داشته باشند.

## 5 -نرم افزار مدل سازی Silvaco Tcad\Atlas

شبیه ساز Silvaco TCAD 2010 از چند شبیه ساز دیگر تشکیل شده است که مهمترین آنها ATLAS و ATHENAمی باشند.

ATLASبرای شبیه سازی ادوات نیمه هادی و بدست آوردن مشخصه های ابزارها بکار میرود و ATHENAمشخصه های فیزیکی ابزار را در طول فرآیند ساخت پیش بینی می کند.

اکثر شبیه سازی های ATLAS دو نوع ورودی :

1) Text files
2) Structure files

و سه نوع خروجی:

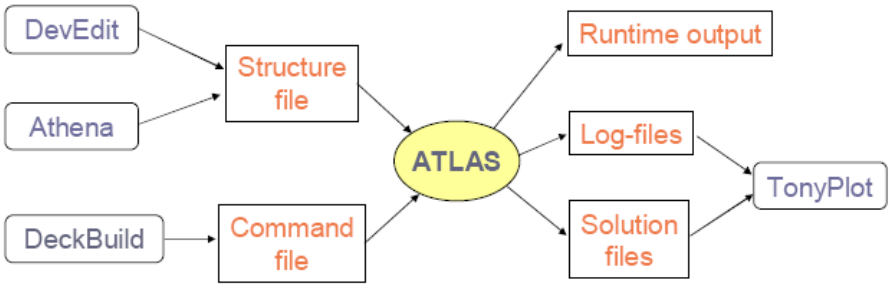
1) Runtime output
2) Log files
3) Solution files

دارند که بطور خلاصه در شکل زیر نشان داده شده است.

[1].Maximum Device Temperature(Tmax)



Archive of SID
www.SID.ir

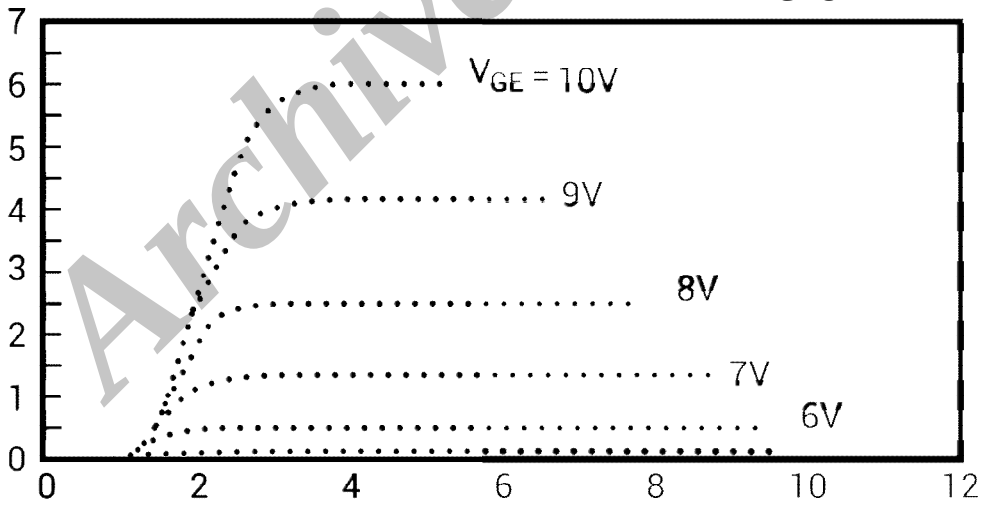



**شکل3:بلوک دیاگرام نرم افزار مدل سازی Silvaco Tcad\Atlas**

برنامه شبیه سازی Deckbuild اطلاعات ورودی را درقالب یک فایل متنی با پسوند . in در اختیار شبیه ساز ATLAS قرار می دهد. خروجی های Runtime خروجی هایی هستند که در حین شبیه سازی نمایش داده می شوند .

## 5-1- نحوه تحلیل کردن یک IGBT توسط نرم افزار سیلواکو

به سبب نوع ساختار IGBT می توان آن را به صورت یک اتصال سری از ماسفت و دیود پین(Pin Diode) و یا بصورت یک ترانزیستور PNP با بیس پهن که بوسیله یک ماسفت راه اندازی می شود در یک ترکیب دارلینگتون در نظر گرفت. حالت اول برای فهم رفتار قطعه استفاده می شود ولی حالت دوم نحوه عملکرد IGBT را بهتر توضیح می دهد.




**شکل 4: نمودار مشخصه های استاتیک IGBT**

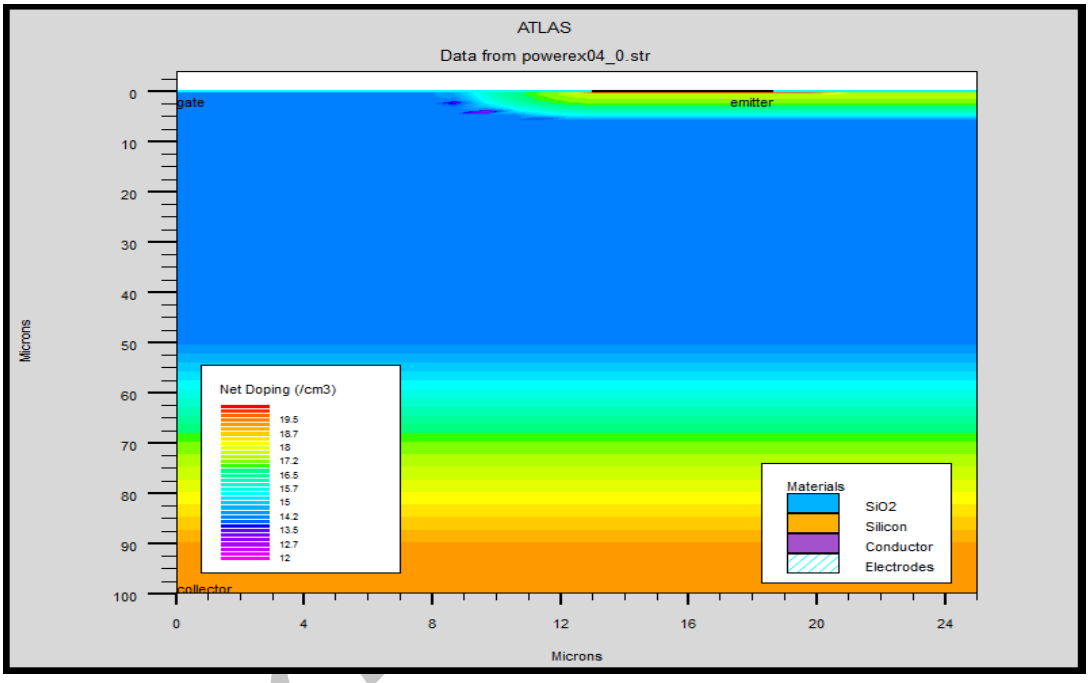
همان طور که در شکل4 مشاهده می شود حتی اگر کانال ماسفت در قسمت ورودی ایجاد شود تا زمانی که ولتاژ آند به کاتد به تقریبا 0.7 ولت نرسد جریان کلکتور برقرار نمی شود. بعلاوه جریان زمانی اشباع می شود که ولتاژ روی کانال ماسفت بزرگتر از VGE-Vth شود.

در IGBT های متقارن همانطور که جریان کلکتور با افزایش ولتاژ آن افزایش می یابد. نرخ افزایش آن نیز با افزایش ولتاژ کلکتور افزایش می یابد و به همین صورت با افزایش ولتاژ کلکتور کانال کوتاه تر شده و در نتیجه



Archive of SID
www.SID.ir

مقاومت خروجی محدود تر می شود. به منظور افزایش مقاومت خروجی از یک ساختار نامتقارن با اضافه کردن لایه واسط N مثبت بین بستر P مثبت و ناحیه رانشی مثبت و ناحیه رانشی N منفی استفاده می شود. در یک ساختار نا متقارن با افزایش ولتاژ کلکتور پهنای قسمت تهی ناحیه رانشی Nمنفی به سرعت تغییر نمی کند و پهنای آن برای مقادیر مختلفی از ولتاژ کلکتور تقریبا یکسان می ماند. در نتیجه بهره جریان ترانزیستور PNP کاهش پیدا می کند. به همین علت است که IGBT های نامتقارن دارای مشخصه های خروجی بسیار بهتری نسبت به نوع متقارن هستند.

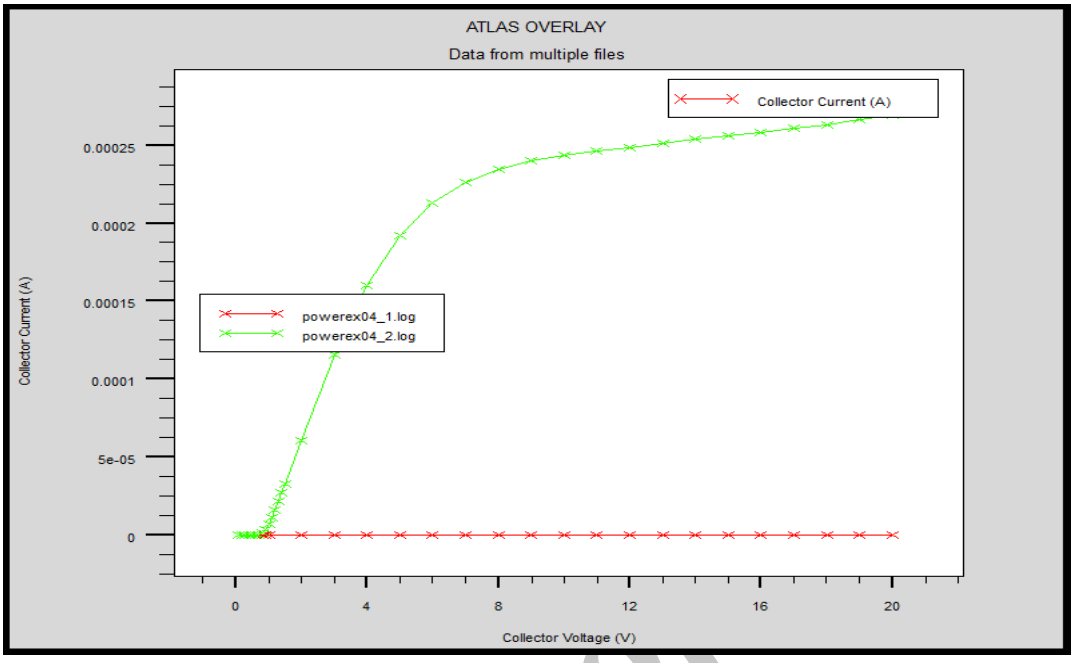



**شکل 5: خروجی اطلس نرم افزار سیلواکو IGBT**

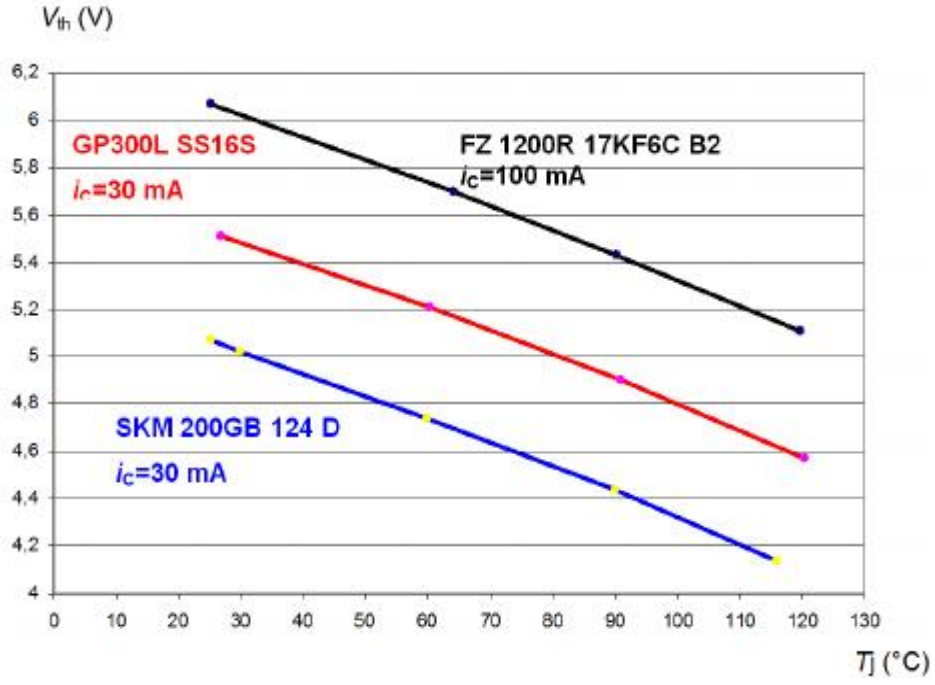
شبیه سازی مربوط به مشخصه IV مربوط به IGBT در نرم افزار سیلواکو در شکل (4-4) آورده شده و برنامه این فرایند را می توانید در پیوست 2 مشاهده کنید.



www.SID.ir




شکل 6: منحنی مشخصه IV پایه امیتر



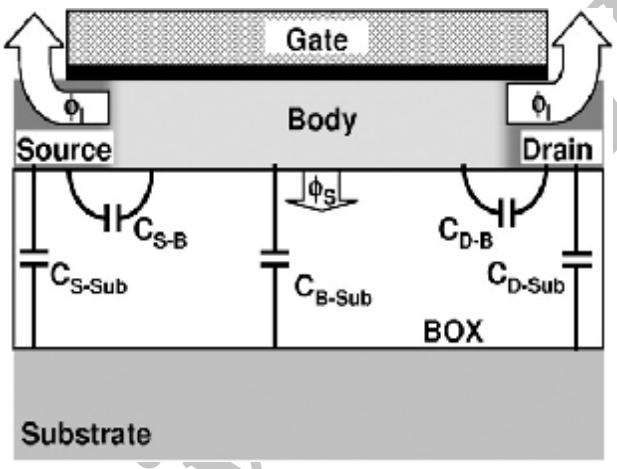

شکل7: مشخصهVth برحسب تغیی‌رات دما



www.SID.ir

## 6-کاهش پدیده خودگرمایی با استفاده از ساختار سیلیکون بر روی الماس

بر اساس شکل ، عبور الکترون های آزاد از مسیر کانال ایجاد شده در بدنه افزاره، باعث ایجاد حرارت می شود. این حرارت لازم است دفع شود.سه مسیر مطابق شکل برای دفع این حرارت وجود دارد.همانطور که ذکر شد، استفاده از اکسید سیلیسیم به عنوان لایه عایق مدفون، در ساختار سیلیکون روی عایق انتقال حرارت ایجاد شده در کانال را سخت می کند و در نتیجه دمای افزاره شدیداً بالا می‌رود. استفاده از ماده ای که رسانایی حرارتی بالاتری داشته باشد به شرط سازگاری ساختار بلوری آن با سیلیسیم، می تواند مشکل خودگرمایی را حل کند.




**شکل8**: نمایش حرکت حرارت ایجاد شده در اثر عبور جریان از کانال

## 6-1-نتایج به دست آمده برای افزاره سیلیکون روی الماس

در جدول‌های1و2، نتایج حاصل از شبیه سازی افزاره سیلیکون روی الماس، آورده شده است. مقایسه بین نتایج ناشی از شبیه سازی افزاره سیلیکون روی عایق و افزاره سیلیکون روی الماس نشان می دهد حداکثر دمای بدنه در افزاره سیلیکون روی الماس نسبت به مقدار افزاره سیلیکون روی عایق کاهش یافته است.

**جدول1**:. نتایج به‌دست آمده از شبیه‌سازی افزاره سیلیکون روی الماس

| جریان روشنایی(mA/μm) | جریان خاموشی(μA/μm) | ولتاژ آستانه خطی(mV) | ولتاژ آستانه اشباع(mV) | حداکثر دمای بدنه افزاره(Kelvin) |
|---|---|---|---|---|
| 57/1 | 76/0 | 36/156 | 14/88 | 331 |

**جدول2**: ادامه نتایج به دست آمده از شبیه سازی برای افزاره سیلیکون روی الماس

| Ion/Ioff | DIBL(mV/V) | شیب زیر آستانه(mV/dec) | Rt(Ohm-Micron) |
|---|---|---|---|
| 27/2065 | 96/90 | 93/79 | 9/135 |



www.SID.ir

## 7- نتایج به دست آمده برای افزاره سیلیکون روی الماس دولایه جهت کاربرد در IGBT

برای به دست‌آوردن مقدار بهینه طول عایق رویین طرح IGBT پیشنهادی برای داشتن مقادیر مناسب DIBL و شیب زیر آستانه و Rt طول عایق رویین را از 80 نانومتر تا 100 نانومتر با فواصل 10 نانومتر، تغییر دادیم و نتایج شبیه‌سازی مربوط به هر طول را در جداول 3 و 4 خلاصه شده است.

**جدول 3: نتایج به دست آمده از شبیه سازی افزاره سیلیکون روی الماس دو لایه به ازای طول عایق رویین از 80 تا 100 نانومتر**

| طول عایق رویین(نانومتر) | جریان روشنایی(mA/µm) | جریان خاموشی(µA/µm) | ولتاژ آستانه خطی(mV) | ولتاژ آستانه اشباع(mV) | حداکثر دمای بدنه افزاره(Kelvin) |
|---|---|---|---|---|---|
| 80 | 475/1 | 214/0 | 26/124 | 6/182 | 2/337 |
| 90 | 488/1 | 231/0 | 25/121 | 56/178 | 7/338 |
| 100 | 488/1 | 229/0 | 44/121 | 65/178 | 8/339 |

**جدول 4: ادامه نتایج به دست آمده از شبیه سازی افزاره سیلیکون روی عایق به ازای تغییر طول عایق رویین از 80 تا 100 نانومتر**

| طول عایق رویین(نانومتر) | Ion/Ioff | DIBL(mV/V) | شیب زیر آستانه(mV/dec) | Rt(Ohm-Micron) |
|---|---|---|---|---|
| 80 | 03/6903 | 78/77 | 17/78 | 7/131 |
| 90 | 02/6439 | 41/76 | 79/77 | 42/134 |
| 100 | 36/6480 | 29/76 | 78/77 | 36/134 |

Archive of SID

## 8- پیشینه تحقیق

### 8-1-تکنولوژی ساخت IGBT توسط افزاره سیلیکون روی الماس با ساختار دو لایه

دکتر آرش دقیقی، پژوهشگر ایرانی موفق به ثبت اختراعی با عنوان "افزاره سیلیکون روی الماس با عایق دو لایه" به شماره US 2010/0295128 در اداره‌ی ثبت اختراعات آمریکا USPTO[1] شد. بکار گیری ساختار جدید استفاده از افزاره سیلیکون روی الماس دو لایه باعث مدیریت گرمایی خوبی و کاهش توان مصرفی نیز می شود.همچنین این ساختار جدید باعث کاهش میدانهای الکتریکی نفوذی از طرف درین به بدنه IGBT می گردد.

### 8-2-تکنولوژی نوین RB-IGBT[2]

[1] United States Patent and Trademark Office
[2] Reverse-Blocking IGBT



www.SID.ir

در مقاله آقای علی شیخ زاده تکابی با عنوان "مروری بر تکنولوژی نوین RB-IGBT جهت افزایش کارایی مبدل های سوئیچینگ توان بالا" ترانزیستور دو قطبی با گیت عایق و قابلیت انسداد معکوس RB-IGBT به عنوان یک المان جدید جهت مقاصد توان بالا مورد بحث قرار گرفته است.
تفاوت اصلی بین RB-IGBT و IGBT معمولی آن است که RB-IGBT توانایی تحمل کردن ولتاژ معکوس را دارد، یعنی همان ولتاژ منفی کلکتور امیتر .ساختار RB-IGBT با مختصر تغییرات، تقریبا همانند ساختار IGBT معمولی می باشد .ساختار IGBT تمایل به ایجاد جریان نشتی دارد اما ساختار RB-IGBTاز ایجاد جریان نشتی جلوگیری می کند.

## 8-3- شبیه سازی نانو ترانزیستور سیلیکون روی الماس دو لایه جهت بهینه سازی جریان نشتی و مقاومت سورس- درین

غلامرضا امینی و همکاران(1392) در پژوهشی تحت عنوان "شبیه سازی نانو ترانزیستور سیلیکون روی الماس دو لایه جهت بهینه سازی جریان نشتی و مقاومت سورس- درین"
ترانزیستورهای سیلیکون روی عایق و سیلیکون روی الماس و سیلیکون روی الماس دو لایه با طول کانال کوتاه،توانایی تکنولوژی سیلیکون روی الماس درحل مسئله خودگرمایی موجود در ترانزیستورهای سیلیکون روی عایق اثبات شده است.

## 8-4- بررسی اثرات دمایی ترانزیستورهای FinFET با طول کانال چند نانومتر و بررسی مشخصات آن

نصر اصفهانی و همکاران (1393) در پژوهشی تحت عنوان " بررسی اثرات دمایی ترانزیستورهای FinFET با طول کانال چند نانومتر و بررسی مشخصات آن" مدل فیزیکی برای شبیه سازی افزاره ها، مدل هیدرودینامیک بوده که در آن علاوه بر معادلات دریفت دیفیوژن و انتقال حرارت، معادلات مربوط به درجه حرارت حامل ها نیز حل می گردد .این مدل خاص شبیه سازی افزاره ها در ابعاد نانو می باشد. نتایج حاصل از شبیه سازی افزاره سیلیکون روی عایق دولایه نشانگر بهبود در کاهش سد پتانسیل نسبت به افزاره سیلیکون روی الماس و پدیده خود گرمایی نسبت به افزاره سیلیکون روی عایق بود.

## 9- نتیجه گیری

شبیه سازی های انجام شده به کمک نرم افزار SILVACO TCAD نشان داد، افزاره سیلیکون روی عایق دارای مشخصات الکتریکی خوبی مانند شیب زیر آستانه، کاهش سد پتانسیل و نسبت جریان روشنایی به جریان خاموشی خوب است. اما پدیده خودگرمایی این افزاره، استفاده از این افزاره را در ابعاد نانومتر را تبدیل به چالش بزرگی می کند. نتایج شبیه سازی نشان از بهبود پدیده خودگرمایی در افزاره سیلیکون روی


www.SID.ir
Archive of SID

عایق داشت. اما باعث از دست رفتن پارامترهای کاهش سد پتانسیل، شیب زیر آستانه و نسبت جریان روشنایی به جریان خاموشی شد.

نتایج حاصل از شبیه سازی افزاره سیلیکون روی عایق دولایه، نشان از کاهش 31 درصدی حداکثر دمای بدنه افزاره سیلیکون روی عایق دولایه نسبت به سیلیکون روی عایق دارد. این پارامتر در افزاره سیلیکون روی عایق دولایه نسبت به افزاره سیلیکون روی الماس حداکثر 6 درصد افزایش را نشان می دهد. افزاره سیلیکون روی عایق دولایه از نظر مشخصه حرارتی به افزاره سیلیکون روی الماس نزدیک است .

## مراجع

دقیقی, غ. ا. آ. (1393). "نانو ترانزیستور سیلیکون روی الماس دو لایه جهت بهینه سازی میدان الکتریکی نفوذی درین و کاهش اثر".DIBL

احمدی, ص. ق. آ. (1395). "طراحی و شبیه سازی یک نوع SOI Mosfet جهت بهبود پارامتر".DIBL

تکابی, م. ج. ع. ش. ز. (1392). "مروری بر تکنولوژی نوین RB-IGBT جهت افزایش کارایی مبدل های سوئیچینگ توان بالا".

Zhang, Z., S. Zhang and M. Chan (2004). "Self-align recessed source drain ultrathin body SOI MOSFET." IEEE electron device letters 25(11): 740-742.

Daghighi, A., J. Hoseini-Teshnizi and G. Amini (2013). "A Novel Silicon on Diamond Structure to Improve Drain Induced Barrier Lowering." Majlesi Journal of Electrical Engineering 7(1).

Baliga, B. J. (2010). Fundamentals of power semiconductor devices, Springer Science & Business Media.

Cusumano, M. A. and D. B. Yoffie (2016). "Extrapolating from Moore's law." Commun. ACM 59(1): 33-35.

Hazra, S., A. De, L. Cheng, J. Palmour, M. Schupbach, B. A. Hull, S. Allen and S. Bhattacharya (2016). "High switching performance of 1700-V, 50-A SiC power MOSFET over Si IGBT/BiMOSFET for advanced power conversion applications." IEEE Transactions on Power Electronics 31(7): 4742-4754.

Kbanna, V. K. (2003). IGBT theory and Desing

Silvaco International, Atlas User’s Manual, 2014.

Archive of SID



www.SID.ir