

مقدمه :

در ادامه ساخت دیودهای نیمه هادی دو لایه ، قطعات سه لایه ، چهارلایه و حتی پنج لایه نیز ساخته شد . قطعات چهار لایه که دارای مکانیزم کنترل می باشند را عموماً تریستور (Thyristor) می نامند . اگر چه این اصطلاح بیشتر برای SCR بکار می رود .

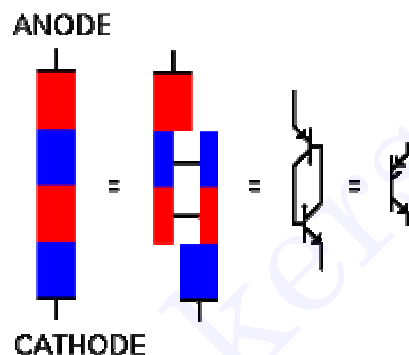


قبل از بحث در مورد کنترل یک SCR توسط یک سرسوم ، لازم است که عمل پایه ترانزیستوری موجود در یک ساختار $p - n - p - n$ را درک کنیم . بنابراین ، در این بخش ساختار چهارلایه را فقط با دو سر تحلیل خواهیم کرد .

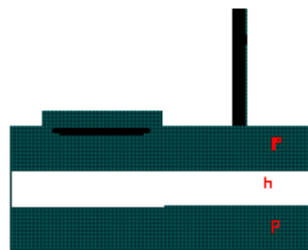
ساخت و کاربردها :

انواع مختلفی از نفوذ ، کاشت ، آلیاژ کردن و رشد روشستی در ساخت قطعات $p - n - p - n$ استفاده می شود . نوع فرآیند ساخت به میزان زیادی وابسته به توان مجاز و نوع کاربرد قطعه است . با در نظر گرفتن

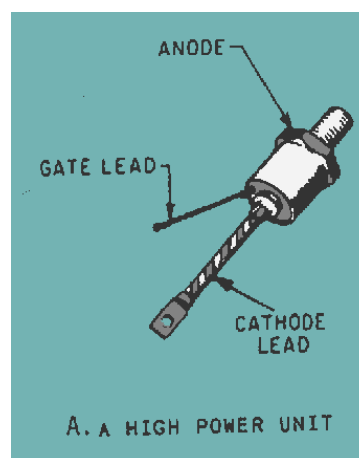
شکل که ترکیبی از آلیاژی کردن و نفوذ را به کار برده است . می توانیم به
بینشی در مورد ساخت SCR دست پیدا کنیم .



در این مثال یک ساختار $p - n - p - n$ به وسیله نفوذ نواحی p به دو طرف یک پولک si نوع n تشکیل شده است . سپس با یک پیوند آلیاژی نوع n (با استفاده از آلیاژی نظیر $Au-sb$) کاتد ساخته می شود و اتصال به ناحیه گیت توسط آلیاژ کردن یک سیم آلومینیومی به ناحیه p بالایی انجام می پذیرد . اتصال به پایه آند با آلیاژ کردن ناحیه p به یک بست فلزی AL انجام می پذیرد . برای قطعات جریان - بالا آند به یک بست مسی سنگین متصل شده و کاتد به یک کابل بزرگ اتصال دارد . در عملکرد جریان - بالا ، گرما توسط بستر فلزی حجیم از پیوند به خارج منتقل می شود .



به منظور بهره گیری از تشابه ضرایب انبساط گرمایی بین تنگستن و Si ، قرصهای تنگستنی به نواحی آند و کاتد جوش داده شده اند . کل قطعه کاملاً در یک محفظه نفوذ ناپذیر شده قرار می گیرد که آن را در مقابل جو و ضربه های گرمایی و مکانیکی حفاظت می کند . البته قطعات SCR برای کاربردهای سیگنال - کوچک را می توان در بسته بندی های ساده تر و کوچکتر ساخت .



امروزه در بین قطعات چهار لایه ، یکسو کننده سیلیکونی کنترل دار (SCR) پر استفاده ترین قطعه می باشد . این قطعه اولین بار در سال 1956 در آزمایشگاه بل طرح شد . چند مورد از کاربردهای SCR عبارتند از : کنترل

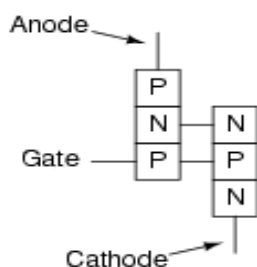
رله ، مدارات تاخیر زمان ، منابع تغذیه تثبیت شده ، کلیدهای استاتیک ، کنترل های موتور ، قطعه قطعه کننده ها (choppers) ، وارونه گر ها ، مبدل های چرخه ای (cyclo - correrters) شارژ کننده های باتری ، مدارات محافظ ، کنترل کننده های گرما ، و کنترل کننده های فاز .

در سالهای اخیر ، SCR هایی طراحی و ساخته می شوند که بوسیله آنها توان های بسیار بالا حدود 10 میلیون وات و با شدت جریانهای (منحصر به فرد) 2000 آمپر در 1800 ولت ، کنترل می شود . گستره فرکانس کاربرد این قطعه نیز تا حدود 50 کیلو سیکل افزایش یافته است که کار در فرکانس های بالا نظیر القا گرمایی و تمیز کردن با امواج فرا صوتی را نیز ممکن می سازد .

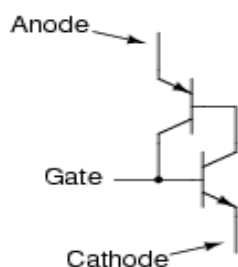
ساختمان SCR و شناسایی پایانه های آن :

اساس ساختمان چهار لایه یک SCR در شکل نشان داده شده است . ساختمان کامل برش داده شده یک SCR جریان زیاد در شکل نیز دیده می شود . وضعیت پایانه های گیت ، کاتود و آنود را در نظر بگیرید .

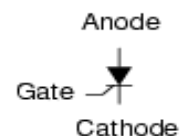
The Silicon-Controlled Rectifier (SCR)



Physical diagram



Equivalent schematic



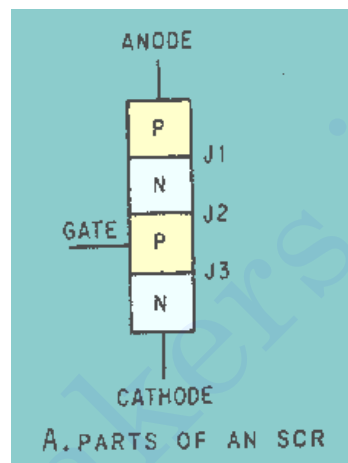
Schematic symbol

بدنه و محفظه آن به مثابه یک خنک کننده به شاسی وصل می شود تا گرما را به خارج منتقل کند . مشخصات و پایانه های SCR ها بنا به کاربردها متفاوت است .

دیود $p - n - p - n$:

نخست یک ساختار دیودی چهار لایه با یک سر آند A در ناحیه P بیرونی و یک سر کاتد K در ناحیه n بیرونی را در نظر می گیریم (شکل 1-11 الف) . نزدیک ترین پیوند به آند را ، J_1 پیوند میانی را J_2 و نزدیکترین کاتد را به J_3 می نامیم . هنگامی که آند نسبت به کاتدمثبت شود (V مثبت) قطعه در گرایش مستقیم است . با این حال ، همانطور که مشخصه $I - V$ شکل نشان می دهد ، وضعیت گرایش موافق این دیود را می توان در دو حالت جداگانه در نظر گرفت ، حالت امپدانس زیاد یا سد کنندگی مستقیم و حالت امپدانس - کم یا هدایت کنندگی مستقیم . در قطعه نشان داده شده

در اینجا ، مشخصه مستقیم $I - V$ در یک ولتاژ مستقیم اوج بحرانی (VP) از حالت سد کنندگی به حالت هدایت کنندگی سوئیچ می کند .



بحث آتی در مورد مکانیزمهای هدایت را می توان با توجه به این نکته حدس زد که یک ولتاژ مثبت اولیه V ، J_1 ، J_3 در گرایش موافق و پیوند میانی J_2 را در گرایش معکوس قرار می دهد . با افزایش V ، بیشتر ولتاژ موافق در حالت سد کنندگی باید دو سر پیوند با گرایش معکوس J_2 ظاهر شود . بعد از سوئیچ به حالت هدایت کنندگی ولتاژ از A تا K بسیار کوچک است . (کمتر از $1 V$) و نتیجه می گیریم در این حالت هر سه پیوند باید در گرایش موافق باشند . مکانیزمی که توسط آن J_2 از گرایش معکوس به گرایش مستقیم سوئیچ می کند موضوع بخش عمده بحثی است که در ادامه مطرح می شود .

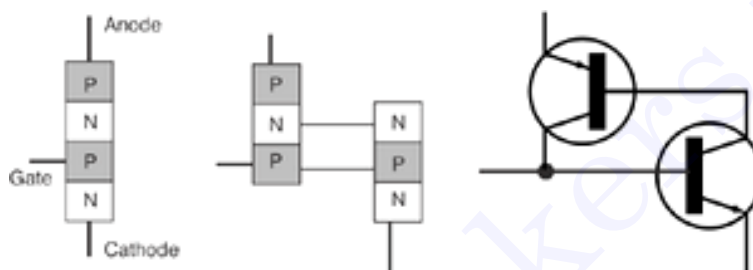
در حالت سد کنندگی معکوس (V منفی) ، J_1 ، J_3 دارای گرایش معکوس و J_2 در گرایش موافق است . از آنجایی که تأمین الکترونها و حفره ها به J_2

از طریق پیوندهای با گرایش معکوس طرفین آن به سختی صورت می گیرد ، جریان قطعه محدود به جریان اشباعی کوچکی است که در اثر تولید گرمایی EHP ها در نزدیکی j_1 ، j_2 ایجاد می شود . جریان در حالت سد کنندگی معکوس و مقدار اندک فوق باقی می ماند تا اینکه شکست بهمنی در یک گرایش معکوس بزرگ رخ دهد . در یک قطعه با طراحی مناسب و با حفاظت لازم در قبال شکست سطحی ولتاژ شکست معکوس می تواند چندین هزار ولت باشد . حال مکانیزمی را که طی آن قطعه ، که اغلب یک دیود شاکلی نامیده می شود ، از حالت سد کنندگی مستقیم به هدایت کنندگی مستقیم سوئیچ می کند در نظر خواهیم گرفت .

قیاس دو ترانزیستوری :

از آلایش چهار لایه چینین بر می آید که دیود $p - n - p - n$ را می توان صورت دو ترانزیستور جفت شده در نظر گرفت : j_1 ، j_2 به ترتیب پیوندهای امیتر و کلکتور یک ترانزیستور $p - n - p$ را تشکیل می دهند ؛ به طور مشابه j_2 ، j_3 پیوندهای کلکتور و امیتریک $n p n$ را تشکیل می دهند (توجه کنید که امیتر $n - p - n$ در سمت راست است که بر عکس حالتی است که معمولاً رسم می کنیم) . در این قیاس ، ناحیه کلکتور $p - n - p$ با بیس $p - n - p$ مشترک بوده و با بیس $n - p - n$ به عنوان ناحیه

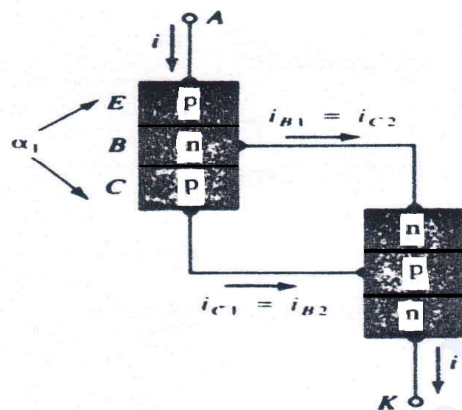
کلکتور p - n - p عمل می کند . پیوند میانی i_2 نیز نقش پیوند کلکتور در هر دو ترانزیستور را دارد .



این قیاس دو ترانزیستوری در شکل نشان داده شده است . جریان کلکتور i_{c1} از ترانزیستور p - n - p بیس n-p-n را راه اندازی کرده و جریان بیس i_{B1} از p - n - p توسط جریان کلکتور i_{c2} از n-p-n تعیین می شود . اگر یک نسبت انتقال جریان امیتر به کلکتور بدست آورد . با استفاده از $\alpha_1 = \alpha_n$ برای p - n - p ، $\alpha_2 = \alpha_n$ برای n - p - n و با I_{c01}, I_{c02} برای جریان اشباع کلکتورهای مربوط ، داریم :

$$i_{C1} = \alpha_1 i + I_{CO1} = i_{B2}$$

$$i_{C2} = \alpha_2 i + I_{CO2} = i_{B1}$$



قیاس دو ترانزیستوری دیود p-n-p-n

اما مجموع i_{C1} و i_{C2} برابر با جریان کل عبوری از قطعه است .

$$i_{C2} + i_{C1} = i$$

با در نظر گرفتن این مجموع در معادله قبل داریم :

$$i(a_1 + A_1) + I_{CO1} = i$$

$$i = \frac{I_{CO1} + I_{CO2}}{1 - (a_1 + a_2)}$$

همانطور که معادله قبل نشان می دهد ، مادامی که مجموع $a_1 + a_2$ در

مقایسه با واحد مقدار کمی باشد ، جریان i گذرنده از قطعه کوچک است)

تقریباً جریان ترکیب جریانهای اشباع کلکتورهای ترانزیستور معادل) .

نزدیک شدن مجموع آلفاها به واحد ، جریان i به سرعت افزایش می یابد .

در عین حال ، آنطور که معادله نشان می دهد جریان بطور نامحدود زیاد

نخواهد شد زیرا استخراج رابطه در حالتی که $\alpha_1 + \alpha_2$ به سمت واحد میل می کند دیگر معتبر نیست چون i_2 در حالت هدایت کنندگی مستقیم در گرایش موافق قرار می گیرد ، هر دو ترانزیستور بعد از سوئیچ شدن اشباع می شوند . در حالیکه قطعه در حالت هدایت کننده مستقیم است ، دو ترانزیستور توسط جریان قطعه در حالت اشباع باقی می ماند .

تغییر α با تزریق :

از قیاس دو ترانزیستوری این استنباط می شود که سوئیچ کردن شامل افزایشی در آلفاها تا نقطه ای است که $\alpha_1 + \alpha_2$ به واحد نزدیک شود ، پس مفید خواهد بود که مروری بر چگونگی تغییر α با تزریق در یک ترانزیستور داشته باشیم . افزایش α با تزریق می تواند در اثر افزایشی در هر یک از عوامل ، یا هر دو باشد . در جریانهای خیلی کم (نظیر حالت سد کنندگی مستقیم دیودهای $p - n - p - n$) معمولاً تحت تأثیر باز ترکیب در ناحیه گذر پیوند امیتر است . با افزایش جریان ، تزریق به طرفین پیوند شروع به تسلط بر باز ترکیب در ناحیه گذر کرده و α افزایش می یابد . مکانیزمهای متعددی وجود دارند که بر اثر آنها ضریب نقل و انتقال بیس B با تزریق افزایش می یابد از جمله اشباع مراکز باز ترکیب در هنگام بزرگ شدن تراکم باربرهای اضافی . هر مکانیزمی مسلط باشد ، افزایش مورد نیاز در $\alpha_1 + \alpha_2$ برای سوئیچ کردن دیود $p - n - p - n$ بطور خودکار انجام می

پذیرد. در حالت کلی، به طراحی خاصی برای حفظ $\alpha_1 + \alpha_2$ در کمتر از واحد در طی حالت سد کنندگی مستقیم نیاز نیست؛ این شرط معمولاً در جریانهای کم بر اثر تسلط یافتن باز ترکیب در درون ناحیه های گذر J_1, J_3 تأمین می شود.

حالت سد کنندگی مستقیم:

هنگامی که قطعه در حالت سد کنندگی مستقیم قرار دارد، ولتاژ اعمال شده V عمدتاً دو سر پیوند با گرایش معکوس J_2 ظاهر می شود. علیرغم گرایش موافق پیوندهای J_1, J_3 جریان مقدار کوچکی است. اگر تأمین الکترونها موجود برای n_1 و حفره ها برای p_2 را در نظر بگیریم، دلیل این امر مشخص می شود. نخست با توجه به J_1 ، فرض کنید حفره ای از p_1 به داخل n_1 تزریق شود. اگر حفره با الکترونی در n_1 (یا در ناحیه گذر J_1) باز ترکیب شود لازم است این الکترون برای حفظ خنثایی بار فضا مجدداً به ناحیه n_1 داده شود. با این وجود، تأمین الکترونها در این حالت بسیار مشکل است چرا که n_1 به J_2 یک پیوند با گرایش معکوس، متصل است در یک دیود p-n معمولی ناحیه n به یک اتصال اهمی منتهی می شود، بطوریکه تأمین الکترونها برای باز ترکیب (و تزریق p) نامحدود است و در حالی که در این حالت تأمین الکترونها محدود به الکترونهاست که به صورت گرمایی در یک فاصله طول نفوذ از J_2 تولید می شوند.

بنابراین ، جریان گذرنده ، از پیوند j_1 تقریباً همان جریان اشباع معکوس j_2 است . استدلال مشابهی را می توان برای گذرنده از j_3 به کار برد ؛ حفره های لازم برای تزریق به داخل n_2 و نیز باز ترکیب در p_2 باید از جریان اشباع پیوند میانی j_2 سرچشمه بگیرند . ولتاژ اعمال شده V به طور مناسبی بین سه پیوند تقسیم شده تا این جریان کوچک را در سراسر قطعه وفق دهد.

در این بحث به طور ضمنی فرض کرده ایم که جریان عبوری از j_2 اساساً جریان اشباع تولید شده با گرما است . این به مفهوم آن است که الکترونهای تزریق شده توسط پیوند با گرایش موافق j_3 با تعداد قابل توجه به داخل p_2 نفوذ نمی کنند تا توسط عمل ترانزیستوری از طریق پیوند با گرایش معکوس به داخل n_1 کشیده شوند . این موضوع بیان دیگری برای کوچک بودن α_2 است . (برای " ترانزیستور $n-p-n$ " . بطور مشابه ، تأمین حفره ها برای کوچک بودن p_2 عموماً بر اثر تولید گرمایی صورت می گیرد . زیرا تعداد کمی از حفره های تزریق شده در j_1 بدون باز ترکیب به j_2 می رسند . (به عبارت دیگر ، a_1 برای " $p-n-p$ " کوچک است) . حال می توان از نظر فیزیکی فهمید که چرا معادله (3 - 11) به معنای کوچک بودن جریان برای مقدار کم $\alpha_1 + \alpha_2$ است : بدون نقل و انتقال

بارها توسط عمل ترانزیستوری ، تولید گرمایی باربرها تنها منبع عمده الکترونی برای n_1 و حفره ها برای p_2 است .

حالت هدایت کنندگی :

در موقع شروع عمل ترانزیستوری مکانیزم نقل و انتقال بارها به شدت دستخوش تغییر می شود . هنگامی که $\alpha_1 + \alpha_2$ توسط یکی از مکانیزمهای توصیف شده فوق به واحد نزدیک می شود بسیاری از حفره های تزریق شده در J_1 بخت کشیده شدن از روی J_2 به داخل n_2 کمک می کند . بطور مشابه عمل ترانزیستوری الکترونیهای تزریق شده در J_3 و جمع شده در J_2 الکترونیهای لازم برای n_1 را فراهم می کند . بدیهی است که به محض شروع این مکانیزم ، جریان گذرنده از قطعه می تواند خیلی زیادتر باشد . انتقال باربرهای تزریقی از روی J_2 به صورت باز را است ، که در آن تأمین بیشتر الکترونها برای n_1 امکان تزریق بیشتر حفره ها در J_1 را با حفظ خنثایی بار فضا فراهم می سازد ؛ این تزریق بیشتر حفره ها p_2 را بیشتر با عمل ترانزیستوری تغذیه کرده و این روند مرتباً خود را تکرار می کند .

اگر $\alpha_1 + \alpha_2$ به اندازه کافی بزرگ باشد ، به گونه ای که تعداد زیادی از الکترون در n_1 و تعداد زیادی حفره در p_2 جمع شوند ، ناحیه تهی در J_2 شروع به کاهش می کند . سرانجام گرایش معکوس دو سر J_2 ناپدید شده و به جای آن یک گرایش موافق قرار می گیرد که قابل قیاس با ترانزیستوری

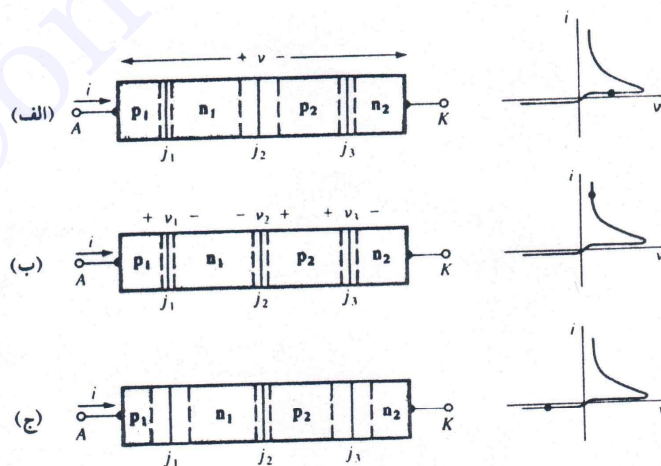
است که در اشباع عمیق گرایش شده است. در این صورت، سه ولتاژ کوچک با گرایش موافق ظاهر می شوند. در اصل دو تا از این ولتاژها یکدیگر را خنثی کرده به طوری که افت ولتاژ مستقیم قطعه از آند تا کاتد در حالت هدایت کنندگی، از یک پیوند p-n منفرد خیلی بیشتر نخواهد بود. برای Si این افت مستقیم کمتر از 1V است، تا اینکه تلفات اهمی در سطوح جریان بالا قابل ملاحظه شود.

تا بحال در مورد مکانیزمهای انتقال جریان در حالت‌های هدایت کنندگی مستقیم و سد کنندگی مستقیم بحث کرده ایم ولی نشان نداده ایم که چگونه سوئیچ کردن از یک حالت به حالت دیگر شروع می شود. اصولاً، شرط لازم این است که تزریق باربرها در J_1 و J_3 باید به نوعی افزایش یابد تا اینکه نقل و انتقال قابل توجهی از باربرهای تزریقی به دو سر J_2 رخ دهد. به محض شروع این نقل و انتقال، طبیعت باززای فرایند ادامه کار را به دست گرفته و سوئیچ شدن تکمیل می شود.

مکانیزمهای راه اندازی:

روشهای متعددی برای سوئیچ کردن یک دیود p-n-p-n (یا راه اندازی آن) از حالت سد کنندگی مستقیم به هدایت کنندگی مستقیم وجود دارد. برای مثال، افزایش دمای قطعه که منجر به افزایش سرعت تولید باربرها و طول عمر آنها می شود، می تواند سبب راه اندازی شود.

این آثار می توانند منجر به افزایش جریان آلفاهای مورد بحث شوند . بطور مشابه می توان از برانگیزش نوری برای راه اندازی قطعه از طریق افزایش جریان بوسیله تولید EHP استفاده کرد . با این وجود ، متداولترین روش راه اندازی یک $p - n - p - n$ دو سر ، افزایش ولتاژ گرایش تا مقدار V_p است . این نوع راه اندازی ولتاژی منجر به شکست (یا نشت قابل ملاحظه) در پیوند با گرایش معکوس J_2 می شود ؛ افزایش جریان همراه آن ، تزریق در J_1 و J_3 و نقل و انتقال لازم برای سوئیچ کردن به حالت هدایت ، کنندگی را فراهم می سازد . معمولاً مکانیزم شکست به وسیله ترکیبی از باریک شدن پهنای بیس و تکثیر بهمنی رخ می دهد .



سه حالت گرایش دیرد $p-n-p-n$: (الف) حالت سدکنندگی - مستقیم

(ب) حالت هدایت کنندگی مستقیم (ج) حالت سدکنندگی - معکوس

با افزایش ولتاژ گرایش V در حالت سد کنندگی مستقیم، ناحیه تهی اطراف J_2 گسترش می یابد تا گرایش معکوس افزایش یافته روی پیوند میانی را منظور کند. این گسترش معنای نازکتر شدن نواحی بیس خشی در دو طرف (p_2, n_1) است. به دلیل افزایش α_1, α_2 با کاهش این پهنای بیس ها، عمل راه اندازی می تواند بر اثر باریک شدن پهنای بیس رخ دهد. به ندرت نیاز به رخنه واقعی در نواحی بیس است زیرا باریک شدن این نواحی در حد متوسط می تواند افزایش کافی در آلفاها جهت سوئیچ کردن را فراهم سازد. به علاوه، سوئیچ کردن می تواند نتیجه ترکیبی از تکثیر بهمنی و باریک شدن پهنای بیس همراه جریان نشتی متحمل در J_2 به دلیل ولتاژهای زیاد باشد. همینکه شکست شروع شد، افزایش باربرها در p_2, n_1 قطعه را از طریق روند باززای عمل زوج ترانزیستورها به حالت هدایت کنندگی مستقیم می برد. با پیشرفت عمل سوئیچ کردن، گرایش معکوس در روی J_2 افت کرده و مکانیزمهای شکست پیوند دیگر فعال نخواهد بود. بنابراین، باریک شدن بیس و تکثیر بهمنی تنها برای شروع سوئیچ کردن به کار می روند.

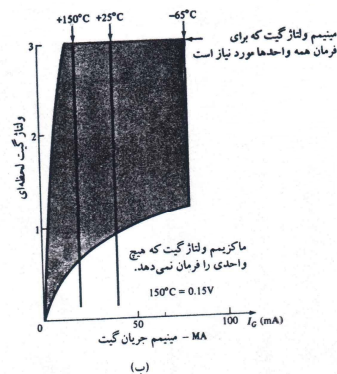
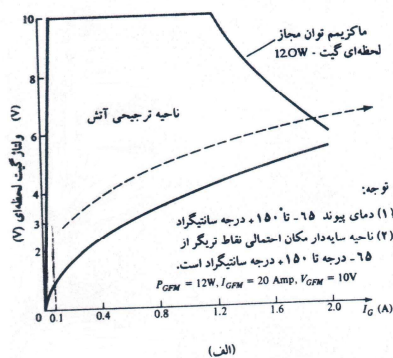
اساس کاریکسو کننده کنترل دارسیلیکونی (SCR):

همانگونه که از نام SCR بر می آید، این قطعه یکسوسازی است که از جنس سیایکون ساخته شده و دارای پایانه سومی برای کنترل جریان است.

انتخاب ماده سیلیکون به علت استعداد خوبش در دما و توان های بالاست .
 اساس کار SCR به این دلیل با دیودهای دو لایه نیمه هادی تفاوت دارد که
 پایانه سومی بنام گیت تعیین کننده زمان سوئیچ یکسوساز از حالت مدار باز
 به مدار بسته می باشد . زیرا در آن تنها با یاس پیشرو در ناحیه آنود به کاتود
 قطعه کفایت نمی کند . در ناحیه هدایت ، مقاومت دینامیک SCR در
 حدود 0/01 تا 0/1 اهم است و مقاومت معکوس آن حدود 100 کیلو اهم
 یا بیشتر می باشد .

نماد ترسیمی SCR در شکل نشان داده شده که در آن اتصالات مربوط به
 چهار لایه نیمه هادی مشخص گردیده است . همانگونه که در شکل ملاحظه
 می شود برای برقراری هدایت پیشرو می بایست آنود نسبت به کاتود مثبت
 باشد . البته ، این شرط برای روشن کردن (هدایت) قطعه کافی نیست .
 یک پالس با دامنه کافی که در شکل با IGT مشخص شده نیز باید گیت
 اعمال شود تا جریان روشنی گیت برقرار شود .





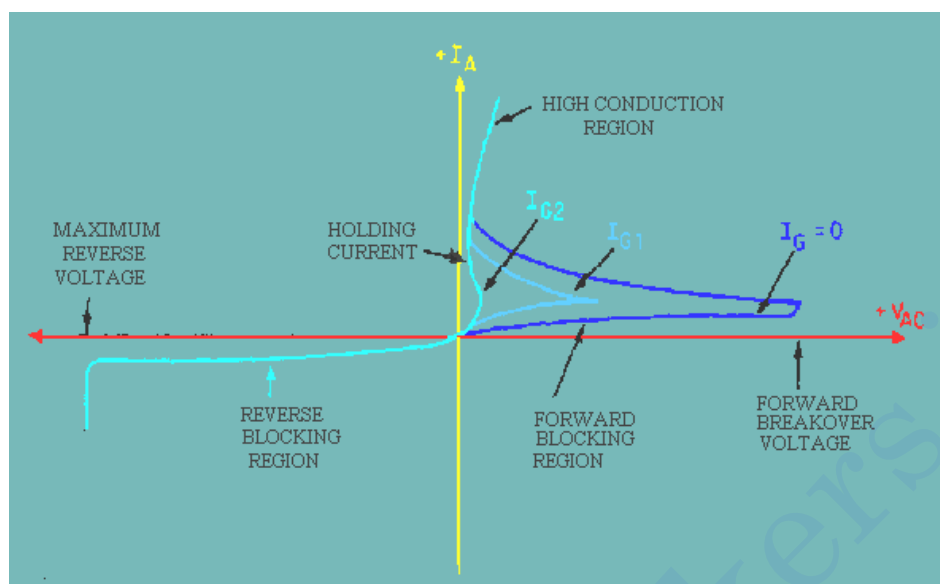
پرسش بعدی در ارتباط با این قطعه چنین است : چه مدت زمانی خاموشی (turn - off) به طول می انجامد و چگونه خاموشی صورت می گیرد ؟ یک SCR بسادگی با قطع سیگنال گیت خاموش نمی شود . و فقط با اعمال یک پالس منفی به پایانه گیت در $t = t_3$ می توان قطعه را خاموش کرد . دو روش یکی برای خاموش کردن و یک SCR طرح شده است :

1- قطع جریان آنود

2- روش تغییر حالت اجباری

مشخصات SCR و انواع آن :

مشخصه های یک SCR برای مقادیر متفاوت جریان گیت در شکل زیر نشان داده شده است . ولتاژها و جریان هایی که معمولاً مورد استفاده قرار می گیرند در مشخصه دیده می شوند .



یک توضیح مختصر از پایانه گیت به شرح زیر است :

1- ولتاژ پیشرو و فراشکست (break over) یا $V_{(BR)F}$ ولتاژی است که در ولتاژ بالاتر از آن SCR به ناحیه هدایت وارد می شود . علامت ستاره (*) نشانه ای است از اینکه پایانه گیت به شرایط زیر بستگی دارد .

0 = مدار باز گیت (G) به کاتود (K)

S = اتصال کوتاه گیت به کاتود

R = مقاومت گیت به ماتود

V = با یاس ثابت شده (ولتاژ) از گیت به کاتود

2- جریان نگهدارنده (Hoiding) یا (I_H) مقدار جریانی است که پایین تر از آن SCR از حالت هدایت به ناحیه سد پیشرو تحت شرایط بیان شده کلید می کند .

3- نواحی سد معکوس و پیشرو ، برای SCR مشابه وضعیت مدار باز است که حرکت بار (جریان) از آنود به کاتود را مسدود می کند .

4- ولتاژ شکست معکوس معادل ناحیه بهمنی یا زئر در ساختمان دیود نیمه هادی دو لایه است .

خیلی زود مسلم می گردد که مشخصه SCR در شکل قبل بجز در باریکه افقی قبل از ورود به ناحیه هدایت ، بسیار شبیه به دیود نیمه هادی دو لایه است . همین ناحیه جلو آمدگی است که موجب کنترل گیت در پاسخ SCR می شود . برای مشخصه ای که دارای خط سیاه درشت در شکل ($I_G = 0$) است ، V_F بایستی به بالاترین ولتاژ مورد نیاز فراشکست برسد قبل از اینکه اثر « فروپاشی » نتیجه شود و SCR بتواند به ناحیه هدایت مشابه با حالت روشنی (on) در آید . با توجه به همان شکل ، اگر جریان گیت تا I_{G1} افزایش یابد ، با اعمال یک ولتاژ بایاس به پایانه گیت ، مقدار V_F مورد نیاز برای هدایت ، بطور قابل ملاحظه ای کمتر خواهد بود . دقت کنید که با افزایش I_G مقدار I_H نیز افت می کند . اگر تا I_{G2} افزایش یابد ، SCR با مقادیر ولتاژ خیلی کم آتش خواهد شد و مشخصه آن به مشخصه دیودی پیوندی p-n نزدیک می شود . مشخصه را بصورت کاملاً متفاوت در نظر بگیرید ، برای یک ولتاژ V_F مخصوص (که در شکل آنرا V_{F1} می نامیم)، اگر جریان گیت از $I_G = 0$ به $I_G = I_{G1}$ افزایش یابد . SCR آتش

خواهد شد. مشخصه های گیت در شکل آورده شده است. مشخصه های شکل ترجمان بسط یافته ای از منطقه سایه دار شکل بعدی است. در شکل (الف) سه درجه گیت پر استفاده، V_{GFM} ، I_{GFM} ، P_{GFM} نمایش شده. هر یک شامل مشخصه های شبیه روش های بکار گرفته برای ترانزیستور است. بجز برای ناحیه سایه دار، هر ترکیبی از جریان گیت و ولتاژی که در این ناحیه افت کند. SCR را بطور سری با اجزایی که این مشخصه ها تعیین کرده اند، آتش خواهد کرد، دما تعیین کننده آنست که از چه بخشی از ناحیه سایه دار باید صرف نظر شود. در 65- درجه کمترین جریانی SCR ها را تریگر می کند (فرمان می دهد)، 80 میلی آمپر است در حالیکه 150 درجه سانتیگراد فقط 20 میلی آمپر مورد نیاز است. اثر دما بر مینیمم ولتاژ گیت روی منحنی های این گونه نمایانده نشده زیرا 3 ولت پتانسیل گیت یا بیشتر معمولاً بهسولت بدست می آید. همانگونه که در شکل (ب) نشان داده شده است. پارامترهای دیگری که در ورقه مشخصه یک SCR می آمد عبارتند از: زمان روشنی (t_{on})، زمان خاموشی (t_{off})، دمای پیوند (T_J)، و دمای بدنه (T_c)، که عبارات نامبرده خود گویای آن مشخصات است.

کلید کنترل دار سیلیکونی:

کلید کنترل دار سیلیکونی (SCR)، مانند یکسو ساز کنترل دار سیلیکونی یک قطعه چهار لایه pnpn است . هر چهار لایه نیمه هادی یک scs با افزودن یک پایه گیت آنود در دسترس می باشند .

مشخصات قطعه مورد بحث در اساس همانند SCR است . تاثیر جریان گیت آنود خیلی شباهت دارد . به آنچه بوسیله جریان گیت نشان داده شده است . جریان آنود گیت بالاتر ولتاژ آنود - کاتود کمتر از حد لازم ، قطعه را روشن می کند . از اتصال گیت آنود برای روشن یا خاموش کردن قطعه استفاده می شود . برای روشن کردن قطعه ، باید یک پالس منفی به پایانه گیت آنود اعمال شود به همین ترتیب یک پالس مثبت برای روشن کردن قطعه لازم است . نیاز به پالس های مثبت و منفی را با استفاده از مدار شکل شرح داد .

مزیت scs نسبت به یک SCR مشابه ، زمان خاموشی کوتاهتر است که به طور نمونه این زمان برای scs بین 1 تا 10 میکرو ثانیه می باشد . مزایای دیگر scs نسبت به SCR عبارت از کنترل بیشتر و حساسیت در تریگر و امکان تعیین بهتر موقعیت آتش شدن آن است . البته در حال حاضر scs فقط برای ولتاژ ، و توان های پایین استفاده می شود . گستره جریان آنود حداکثر از 100 تا 300 میلی آمپر با اقلاف توان 100 تا 500 میلی وات است . یکی از موارد متداول ، با استفاده در انواع مختلف مدارات کامپیوتر)

شمارشگرها ، ثبات ها ، و مدارات تعیین زمان) و نیز مولدهای پالس و حس کننده های ولتاژ و نوسانگرها می باشد .

کلید خاموش شونده با گیت :

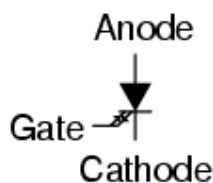
سومین قطعه pnpn که در این جا معرفی می شود . کلید خاموش شونده با گیت یا به اختصار GTO است . این قطعه مانند SCR دارای سه پایانه خارجی می باشد . اگر چه نماد ترسیمی آن با SCR و scs متفاوت است اما معادل کرانزیستوری آن و مشخصه هایش شبیه قطعات یاد شده است .

مزیت آشکار GTO بر SCR یا scs آن است که با اعمال یک پالس دقیق به گیت کاتد آن می توان آنرا خاموش یا روشن کرد . یک پیامد این توانایی افزایش در دامنه جریان گیت مورد نیاز برای تریگر است . در مقایسه یک SCR و یک Gto با بیشینه جریان مؤثر جریان تریگر گیت SCR ، 30 میکرو آمپر است در حالیکه جریان Gto حدود 20 میلی آمپر می باشد . جریان خاموشی یک Gto اندکی بیشتر از جریان مورد نیاز تریگر است . بیشینه جریان مؤثر و اندازه اتلاف توان Gto هایی که امروزه ساخته می شوند . به ترتیب در حدود 3 آمپر و 20 وات محدود می گردند .

دومین مشخصه مهم Gto مشخصه های کلید شونده گی پیشرفته آن است . زمان روشنی آن شبیه به SCR است ، اما دارای زمان خاموشی خیلی

کوچکتری است . بر اساس این شاخصه که زمان خاموشی به اندازه زمان روشنی است به طور قابل ملاحظه ای کاربرد قطعه را در سرعت های زیاد مطرح می سازد .

Gate Turn-Off thyristor (GTO)



بسیاری از موارد کاربرد Gto در شمارشگرها ، مولد پالس ، موتی و پیراتورها ، و ... می باشد .

SCR فعال شونده با نور :

در بین قطعات pnpn ، SCR فعال شونده به وسیله نور (LASCR) یکی دیگر از قطعات است . همانگونه که از نامش بر می آید ، این قطعه SCR مخصوص است که با نوری که بر لایه نیمه هادی سیلیکونی آن می تابد ، تغییر حالت می دهد . چند مورد کاربرد LASCR عبارتند از :

کنترل کننده های نوری ، رله ها ، کنترل فاز ، کنترل موتور ، کامپیوترها .

منابع :

الکترونیک صنعتی - دکتر علی مطلبی-انتشارات جعفری

الکترونیک قدرت - پروفیسور محمد رشید - ترجمه دکتر ابراهیم افجه ای - مهندس مجید مهاجر -
انتشارات نو پردازان

قطعات و مدارات الکترونیک - نشلسکی

فیزیک الکترونیک - استریتمن

<http://www.play-hookey.com/semiconductors/scr.html>

http://en.wikipedia.org/wiki/Silicon_controlled_rectifier

[/http://ece-www.colorado.edu/~bart/book/book](http://ece-www.colorado.edu/~bart/book/book)

<http://kilowattclassroom.com/Archive/SCRArticle.pdf>

[/http://www.datasheetcatalog.com/microsemi/1](http://www.datasheetcatalog.com/microsemi/1)

<http://www.eurotherm.com/training/tutorial/instrumentation/holland/scr.htm>

<http://www.microsemi.com/support/micnotes.asp>

[/http://www.semiconductorglossary.com](http://www.semiconductorglossary.com)

<http://www.datasheet4u.com>

www.ControlMakers.ir