

## به نام خدا

### بررسی رساناهای پلیمری و استفاده از آنها در ساخت قطعات الکترونیکی

عبدالرضا ثابت عهد جهرمی

reza\_sabetahd@yahoo.com

دانشگاه آزاد اسلامی واحد جهرم

علی مبارکی

ali\_kavir2002@yahoo.com

دانشگاه آزاد اسلامی واحد جهرم

مهدی ابراهیمی نژاد

mehdi\_ebrahimejad@yahoo.com

دانشگاه آزاد اسلامی واحد جهرم

#### چکیده :

امروزه قطعات سیلیکونی در مواردی که نیاز به ذخیره انرژی ، ظرفیت بالا و انعطاف پذیری است کمتر یافت می شوند. رساناهای پلیمری چگالی انرژی ذخیره ای بسیار بالا ، ظرفیت بالا، قابلیت های حسی شیمیایی خوب و نور دهی خوبی را از خود نشان می دهند و می توان از آنها در ساخت قطعات انعطاف پذیر استفاده نمود . به منظور استفاده مؤثر از رساناهای پلیمری می بایست تغییراتی در روش تولید ابزارهایی که در قالب مدارهای پلیمری هستند ایجاد شود. این پیشرفت بر دو جنبه گسترش رساناهای پلیمری متمرکز است؛ یکی پیرامون خصوصیات و نمونه سازی رساناهای پلیمری بحث می کند و دیگری به توصیف پیشرفت های روش تولید سیستم های مجتمع پلیمری و ترانزیستورهای پلیمری می پردازد

**کلمات کلیدی:** رساناهای پلیمری - خازن - ترانزیستور

#### ۱-مقدمه :

هدف ما از تحقیق در مورد پلیمرها گسترش ساخت مدارهای پلیمری ، حس گرها و محرک های انعطاف پذیر و ارزان قیمت است که می توانند در ساختمان دیوارها ، کف ها ، فرش ها و لباس ها بکار روند و کارکردهایی مانند تشخیص سموم ، آزاد کردن اسانس ها و آنتی بیوتیک ها ، نمایش اطلاعات و حتی گرما را از خود نشان دهند. رساناهای پلیمری و نیمرساناها (که در اصل سیلیکونی هستند) مؤثر ترین موادی می باشند که برای تولید حس گرها ، محرک ها و ترانزیستورها بکار گرفته می شوند . بکار گیری آنها در ساخت قطعات موجب ساده تر و ارزان تر شدن پرو سه های تولید می شوند .

## ۲-خازن های پلیمری<sup>۱</sup>:

به طور کلی در یک خازن بار بر سطح الکترودهای آن ذخیره می شود و متناسب با افزایش سطح مقطع، ظرفیت خازن نیز بالا می رود. خازن های پلیمری دارای این امتیاز هستند که بار نه فقط بر سطح آن بلکه در درون ماده نیز ذخیره می شود. دومین امتیاز خازن های پلیمری جداسازی مؤثر جوشن ها به اندازه  $2(nm)$  است که قابلیت ذخیره بار زیادی را به وجود می آورد. در حال حاضر این قطعات پهنای باند کمتری نسبت به خازن های متعارف دارند و تنها یک ولت انرژی پتانسیل ذخیره می کنند. در بخش های آینده تئوری عملکرد خازن های پلیمری، محدودیت ها و توانایی های این قطعات بیان خواهد شد.

## ۳-تئوری عملکرد:

یک خازن پلیمری نمونه ساختاری فشرده دارد و در نگاه اول شبیه به خازن های متعارف است. لایه خارجی رسانای الکتریکی است در حالی که لایه میانی جوشن ها چنین نیست. برخلاف بیشتر خازن ها دی الکتریک میانی در آن در حقیقت یک الکترولیت است. زمانی که ولتاژی بین جوشن ها ذخیره می شود، یون هایی که در وسط قرار دارند توسط نیروی الکتروفروری و به همراه آنیون ها و کاتیون هایی که به صورت موازی و در خلاف جهت به سوی ناحیه ذخیره شده در حرکتند جابجا می شوند. این بارها شروع به تجمع در فصل مشترک الکترولیت و پلیمر می کنند. یون ها نیز جذب سطح مقطع می شوند. لایه پلیمری باردار می شود و بدین وسیله مانع از نفوذ میدان الکتریکی به سطح پلیمری می شود. از آنچه که از الکتروشیمی می دانیم یون ها و بارها ظرفیت لایه را دو برابر می کنند. معمولاً میانگین فاصله ای که بین یون ها و بارهای سطح پلیمری لایه دوگانه وجود دارد در الکترولیت هایی با حجم متعادل از بار کمتر از  $30(nm)$  می باشد که باعث هدایت یک میدان الکتریکی بسیار قوی می شود. ظرفیت لایه ها در این حالت بین  $0.1(F \cdot m^{-2})$  و  $0.2(F \cdot m^{-2})$  می باشد.

بر خلاف بیشتر الکترودها، پلیمر نفوذپذیر است و یون ها قادر به ورود و خروج از آن هستند. رسانش الکتریکی پلیمر از رشد میدان های موجود در آن جلوگیری می کند، بنابراین بر خلاف الکترولیت نیروی الکتروفروری در آن وجود ندارد. اما انباشته شدن یون ها در سطح مقطع آن و تغییر در غلظت یون ها باعث نفوذ آنها به درون پلیمر می شود. بار یون ها توسط بار ستون پلیمر همجوار خنثی می شود و نفوذ یون ها و بارها در پلیمر باعث کند شدن شارژ لایه دوگانه می شود. نهایتاً ولتاژ داده شده ثابت می ماند، انباشتگی یونی در الکترودهای رسانای پلیمری در لایه دوگانه تنظیم می شود و نفوذ یون ها متوقف می گردد. در این حالت خازن شارژ شده است. به محض شارژ شدن افت کلی پتانسیل در فاصله لایه دوگانه و سطح مقطع الکترولیت و پلیمر رخ می دهد. توجه داشته باشید که به منظور شارژ کردن این سطح مقطع ها بار به همه پلیمر فرستاده می شود. بر خلاف خازن های متعارف، بار در حجم ذخیره می شود و همانگونه که نشان داده خواهد شد ظرفیت با این حجم بیان می شود تا سطح مقطع.

اعمال یک پتانسیل مرحله ای به خازن پلیمری باعث باردار شدن آن می شود و این ممکن است دلیلی بر این باشد که ما با یک ظرفیت خالص روبرو نیستیم. در حقیقت خازن پلیمری در ابتدا به صورت یک مقاومت عمل می کند و از یک میدان برای غلبه بر ویسکوزیته (چسبندگی) الکترولیت استفاده می کند. سپس لایه های دوگانه شروع به شارژ شدن می کنند و همزمان به دلیل نفوذ یون ها خالی می شوند. به محض نفوذ کامل یون ها این روند متوقف می شود. فقط زمانی که پتانسیل مورد نیاز به اندازه کافی کم شود خازن با ظرفیت خالص خود عمل می کند. اعمال یک دوره سینوسی که زمان تناوب آن کمتر از ثابت زمان نفوذ است باعث ایجاد چنین رفتار ایده آلی می شود.

---

۱. conducting polymer capacitor (CPC)

هم اکنون این گونه پدیده ها را به صورت ریاضی بیان می کنیم ، همچنین محدودیت های اولیه آن را بیان خواهیم کرد. همانگونه که گفته شد الکترولیت مانند یک مقاومت عمل می کند ( $R$ ) و سطح مقطع بین پلیمر و الکترولیت یک خازن ( $C$ ) است. باید عبور جریان از درون پیل باعث خنثی شدن الکترولیت شود. ممکن است بارهای لایه دوگانه خازن متقابلاً به وسیله نفوذ یون ها خالی شوند.

نفوذ یون ها توسط تغییر در غلظت بارها هدایت می شوند ، در حالی که جریان های یونی و بارهای لایه دوگانه توسط تغییر در پتانسیل هدایت می شوند. هم اکنون این نیروها به یکدیگر ارتباط داده شده اند و توصیفی برای این ارتباطات وجود دارد که به شرح زیر است :

۱- مقاومت الکترولیت ،  $R$  ،

۲- ظرفیت لایه دوگانه ،  $C$  ،

۳- ضخامت پلیمر ،  $a$  ،

۴- سطح مقطع پلیمر ،  $A$  ،

۵- ضریب نفوذ یونی به درون پلیمر ،  $D$  ،

۶- فاصله لایه دوگانه ،  $\delta$  ،

۷- فرکانس

دیگر متغیرها و ثابت ها عبارتند از :

۱- جریان باردار شدن لایه دوگانه ،  $I_C$  ،

۲- روند نفوذ ،  $I_D$  ،

۳- انباشتگی یون درون پلیمر به عنوان تابعی از مکان و زمان ،  $C(x,t)$  ،

۴- ثابت فارادی :  $F = 64846 \cdot 10^4 (C/mol)$

جریان کلی پیل ،  $I(t)$  ، حاصل جمع مقادیر جریان و جریان شارژ لایه دوگانه است :

$$I(t) = I_C(t) + I_D(t) \quad (1)$$

و مجموع افت پتانسیل درون خازن عبارتست از :

$$V(t) = I(t) + \frac{1}{C} \cdot \int I_C(t) dt \quad (2)$$

جریان نفوذ ،  $I_D$  ، درون سطح مقطع پلیمر از قانون اول Fick نتیجه می شود :

$$I_D(t) = -F \cdot A \cdot D \cdot \left. \frac{dc}{dx} \right|_{x=0} \quad (3)$$

اگر ،  $x$  ، نشان دهنده موقعیت در جوشن های پلیمری باشد ،  $x = 0$  نشان دهنده سطح مقطع پلیمر و بردار خروجی از الکترولیت می باشد. جریان باردار شدن لایه دوگانه عبارتست از :

$$I_C(t) = F \cdot A \cdot \delta \cdot \left. \frac{dc}{dt} \right|_{x=0} \quad (4)$$

معادله آخر با فرض وجود یک ضخامت ،  $\delta$  ، و یک سطح مقطع ،  $A$  ، که غلظت یون ها در آن با زمان تغییر می کند ، نوشته شده است .

حال به یک معادله دیگر که تغییرات غلظت در سطح مقطع را نسبت به درصد تغییرات زمانی در تجمع یونها نشان دهد نیاز است. ارتباط بین این دو از طریق ترکیب کردن پاسخ های تغییرات غلظت بدست می آید. در این صورت :

(5)

$$c(x,t) = \frac{4 \cdot c(0,t)}{\pi} \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\sin(\pi \cdot (2 \cdot n + 1) \cdot x \cdot a^{-1}) \cdot \exp(-\pi^2 \cdot (2 \cdot n + 1)^2 \cdot D \cdot t \cdot a^{-2})}{2 \cdot n + 1} = c(0,t) \cdot B(x,t)$$

برای بدست آوردن این نتیجه از سری های فوریه و تجزیه متغیرها استفاده می کنیم تا یک معادله یک بعدی را برای نفوذ یونی که دارای شرایط حدی نیومن و دیریکله است حل کنیم. سپس با انطباق اصول اولیه ای که گفته شد انتگرال ترکیبی زیر بدست می آید :

$$c(x, t) = \int_0^t \frac{dc(0, t-\tau)}{d\tau} \cdot B(x, \tau) d\tau \quad (6)$$

با مشتق گرفتن بر حسب مکان ،  $x$  ، در  $x = 0$  ارتباط مورد نظر بین تغییرات و مشتق جزئی زمان انباشته شدن در سطح مقطع بدست می آید :

$$\frac{dc}{dx}(0, t) = \frac{4}{a} \cdot \int_0^t \frac{dc(0, t-\tau)}{d\tau} \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \exp\left(\frac{-\pi^2 \cdot (2 \cdot n + 1)^2 \cdot D \cdot \tau}{a^2}\right) \cdot d\tau \quad (7)$$

سپس این معادلات به فضای لاپلاس تبدیل و حل می شوند و تابع ،  $Y$  ، را به دست می دهند که در آن ،  $s$  ، متغیر لاپلاس ،  $a$  ، ضخامت ماده ،  $D$  ، ضریب نفوذ ،  $R$  ، مقاومت الکترولیت ،  $C$  ، ظرفیت لایه دوگانه می باشد :

$$Y(s) \cdot R = s \cdot \frac{\frac{\sqrt{D}}{\delta} \cdot \tanh\left(\frac{a}{2} \cdot \frac{\sqrt{s}}{\sqrt{D}}\right) + \sqrt{s}}{\frac{\sqrt{s}}{R \cdot C} + s^{\frac{3}{2}} + \frac{\sqrt{D}}{\delta} \cdot s \cdot \tanh\left(\frac{a}{2} \cdot \frac{\sqrt{s}}{\sqrt{D}}\right)} \quad (8)$$

در این صورت سه ثابت به نام های ظرفیت ،  $C$  ، ضریب نفوذ ،  $D$  ، ضخامت لایه دوگانه ،  $\delta$  ، و مقاومت ،  $R$  ، باید مشخص شوند ظرفیت لایه دوگانه ،  $C$  ، را می توان با فرض خازن های تخت که سطح مقطع آنها به اندازه ناحیه میانی است با ضخامت لایه دوگانه مرتبط کرد دی الکتریک از نوع محلول است و فاصله بین جوشن ها ،  $\delta$  ، از رابطه زیر بدست می آید :

$$\delta = \frac{k \cdot \epsilon_0 \cdot A}{C} \quad (9)$$

همانگونه که گفته شد مقاومت توسط طیف امپدانسی با بسامد تقریبی  $40(kHz)$  مشخص می شود که در آن بسامد امپدانس خازن جزئی است و مقاومت الکترولیت غالب است. ظرفیت لایه دوگانه تقریباً بین  $(0.1(F \cdot m^{-2}))$  و  $(0.2(F \cdot m^{-2}))$  می باشد. این امر باعث از بین رفتن ضریب نفوذ می شود. حد بالای ضریب نفوذ نیز  $(10^{-10}(m^{-2} \cdot s^{-1}))$  می باشد (حجم نمونه یون ها در مایع ها).

این داده ها از یک سلول 175 اهمی بدست می آیند که در آن ضخامت ،  $a = 5.3 \cdot 10^{-5}(m)$  ، و سطح مقطع ،  $A = 3.3 \cdot 10^{-5}(m^2)$  ، است. در این صورت داده های زیر بدست می آیند :

$$C = 3.5 \cdot 10^{-6}(F)$$

$$D = 7 \cdot 10^{-12}(m^2 \cdot s^{-1})$$

$$R = 175(ohm)$$

$$\delta = 2.37 \cdot 10^{-9}(m)$$

با شروع از بسامد های کم مقدار تابع با شیب  $+1$  زیاد می شود و رفتار یک خازن را از خود نشان می دهد. برای مقادیر کم ،  $s$  ، تابع به صورت زیر در می آید :

$$Y(s) = s \cdot c \cdot \left(\frac{a}{2 \cdot \delta} + 1\right) \quad (10)$$

که بسامد  $f \ll \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$  و  $f \ll \frac{D}{a^2}$  را تولید می کند.

پس برای سیگنال هایی که دوره تناوب به طور قابل ملاحظه ای بیشتر از زمان نفوذ در لایه دوگانه و ثابت زمان نفوذ است، رفتاری شبیه به یک خازن را از خود نشان می دهد. توجه داشته باشید که زمان شارژ شدن از نظر بزرگی پنج بار سریع تر از زمان نفوذ است. واضح است که کاهش ضخامت الکتروود پلیمری،  $a$ ، به ازای هر ده مرتبه کاهش، پهنای باند را به میزان یکصد مرتبه کاهش می دهد. به عنوان مثال در یک فیلم 50 میکرومتری و با ثابت زمان 300 ثانیه، کاهش دیمانسیون به اندازه 5 میکرومتر، پهنای باند را به مقدار  $0.3(Hz)$  و  $0.5$  میکرومتر افزایش می دهد. تمام این فرض ها به شرطی برقرار است که فرکانس باردار شدن  $RC$  نیز کاهش یابد.  $R$  نیز باید با به حداقل رساندن ضخامت،  $t$ ، لایه الکتروولیت و افزایش دادن سطح مقطع،  $A$ ، الکتروولیت و پلیمر کاهش یابد؛ اگر چه افزایش ناحیه باعث افزایش ظرفیت می گردد. بهترین روش برای کاهش زمان باردار شدن  $RC$  یکی از دو راه افزایش دادن رسانش الکتروولیت یا کاهش،  $t$ ، است. بیشترین پهنای باند قابل تصور چیست؟ افزایش نانومتری ضخامت لایه پلیمری که باعث رسیدن ثابت زمان نفوذ به تقریباً  $10(kHz)$  می شود نیز میسر است. با نشان دادن  $R$  و  $C$  بر حسب فاصله بین الکتروود ها،  $t$ ، رسانش یونی الکتروولیت،  $K$ ، ثابت دی الکتریک،  $k$ ، فاصله خالی مجاز،  $\epsilon$ ، ضخامت لایه دوگانه،  $d$ ، ثابت زمان باردار شدن  $RC$ ؛  $\tau_{RC}$  برابر است با:

$$\tau_{RC} = \frac{2 \cdot \pi \cdot t \cdot k \cdot \epsilon_0}{K \cdot \delta} \quad (11)$$

به عنوان نمونه فرض کنید رسانایی  $(100(S \cdot m^{-1}))$ ، ثابت دی الکتریک 70 باشد و ضخامت لایه دوگانه  $\delta = 2.37 \cdot 10^{-9}(m)$  باشد و نیز همانگونه که از بالا پیداست ثابت زمان بطور خالص تابعی از فاصله بین الکتروود ها می باشد،  $t$ :

$$\tau_{RC} = 0.616 \cdot t$$

حتی با ضخامت 100 میکرومتری الکتروولیت، قادر به تولید یک پهنای باند مگا هرتزی می باشیم. در زمان های طولانی تر از زمان باردار شدن  $RC$  و ثابت زمان نفوذ، ظرفیت موثر به صورت زیر در می آید:

$$C_{eff} = C \cdot \left( \frac{a}{2 \cdot \delta} + 1 \right) \quad (12)$$

با نمایش ظرفیت لایه دوگانه با،  $C$ ، فاصله بین جوشن های خازن موازی،  $d$ ، ناحیه،  $A$ ، و با فرض ضخامت الکتروود پلیمری،  $a$ ، که بسیار بزرگ تر از ضخامت لایه دوگانه،  $\delta$ ، است ظرفیت به تابعی از حجم الکتروود،  $V$ ، تبدیل می شود:

$$C_{eff} = \frac{k \cdot \epsilon_0 \cdot V}{2 \cdot \delta^2} \quad (13)$$

دوباره با در نظر گرفتن  $\delta = 2.37 \cdot 10^{-9}(m)$  و  $k = 70$  ظرفیت در واحد حجم که  $(5 \cdot 10^{-7}(F \cdot m^{-3}))$  است. ظرفیت در واحد حجم خازن تانتال  $(4 \cdot 10^{-2}(F \cdot m^{-3}))$  است. در پتانسیل های بالاتر واکنش های القایی نیز زمانی که الکتروولیت یا محلول اکسایش یا کاهش می یابد وجود دارد. بنابراین علی رغم ظرفیت حجمی بسیار بالا، انباشتگی انرژی خازن پلیمری در  $(0.2(MJ \cdot kg^{-1}))$  تقریباً برابر با خازن تانتال است (تقریباً برابر با انرژی باتری اسیدی). استفاده از الکتروولیت و محلول مناسب، شارژ کردن به میزان  $(3.2(V))$ ، را با دادن انرژی ای تقریباً برابر با  $(0.2(MJ \cdot kg^{-1}))$  یا تنظیم انرژی زیاد باتری ها ممکن می سازد.

#### ۴- ترانزیستور های انعطاف پذیر :

با ترکیب کردن قطعات پلیمری مانند ترانزیستور ها ابزار های مفیدی با یک زیرساخت ساده و یک روش تولید بدست می آیند. اگر چه پهنای باند ترانزیستور های پلیمری که از پلیمر های مزدوج استفاده می کنند از پهنای باند قطعات سیلیکونی تجاوز نمی کند ، با این وجود این مواد جدید برای استفاده در ساختمان شیمیایی سنسور ها ، محرک ها و باتری ها مناسب تر هستند.

طی چند سال اخیر تحقیقات ما به پیشرفت و شکل دهی ترانزیستورها اختصاص یافته است و همچنین بر روی سنسور های شیمیایی نیز کار شده است و به یک تکنولوژی دست یافته ایم که ما را قادر به قطعات چند منظوره ای با یک زیر ساخت پلاستیکی ساده می کند. در این قسمت به بررسی روش ساخت زیر ساخت های انعطاف پذیر در ساختمان ترانزیستور های پلیمری خواهیم پرداخت.

#### ۵- زیر ساخت های انعطاف پذیر :

مدارها و قطعات مجتمعی<sup>۱</sup> که از رساناهای پلیمری مانند سیلیکون ساخته می شوند قابلیت انعطاف پذیری دارند. برای استفاده از ویژگی انعطاف پذیری ، تمامی عناصر قطعه باید انعطاف پذیر باشند که این خود شامل زیر ساخت هایی که قطعه بر اساس آنها ساخته می شود و اتصالات مکانیکی و الکتریکی بین قطعه می باشد. قطعات مجتمع انعطاف پذیری که در اینجا مورد بحث قرار گرفته اند با یک زیر ساخت باریک پلاستیکی ( $25-100\mu m$ ) ساخته شده اند. تنها ماده غیر آلی که در ساخت آنها استفاده شده است طلا است که در یک لایه به ضخامت  $100(nm)$  بر روی مسیر هایی که کار رسانش را انجام می دهند قرار می گیرد. تمام عناصر دیگر یا از نوع رسانای پلیمری و یا از نوع عایق الکتریکی پلیمری هستند. نهایتاً به دنبال آن هستیم که در ساخت مدارها از رساناهای پلیمری استفاده های بیشتر و موثرتری نماییم.

#### ۶- مراحل ساخت ترانزیستور :

اولین مرحله در ساخت زیرساخت انعطاف پذیر ترانزیستور پلیمری تبخیر فلز طلا و پوشاندن آن به ضخامت تقریباً  $100(nm)$  برای ساخت مدار الکتریکی است. از یک پوسته  $50(\mu m)$  از جنس پروپیلن به عنوان زیرساخت استفاده می شود. همچنین بسیاری پوسته های دیگر نیز مناسب هستند. در طی فرآیند تبخیر (*Sharon Vacuum*) *on System Depositi* الگوی مدار توسط یک لایه آلومینیومی به ضخامت  $3.2(\mu m)$  شکل می گیرد. امروزه ترانزیستورها در مقیاس میلی متری ساخته می شوند ، بدین منظور که ما بتوانیم مشاهده ها و آزمایش هایمان را به آسانی انجام دهیم. با استفاده از ماسک های برش سیم قادریم که به خط مدارهایی معادل تقریباً  $10(\mu m)$  دست یابیم و با استفاده از روش لیتوگرافی می توانیم به پهنای خط کمتری دست یابیم. شیوه استاندارد را که استفاده کرده ایم در شکل 1 نشان داده شده است. پس از پوشاندن لایه باید یک سوراخ کوچک برای نگهداری مایع ایجاد شود. روش کنونی ما ساخت یک دیواره دایره ای کم ارتفاع با استفاده از اپوکسی است. این مطلب به صورت طرح وار در شکل 2 نشان داده شده است.

---

۱. از لفظ قطعات مجتمع نه فقط برای توصیف مدار های مجتمع الکتریکی بلکه برای مدار های مرکب مکانیکی ، الکتریکی ، نوری و شیمیایی نیز استفاده می شود.

حوضچه مایع به دو منظور ساخته می شود؛ اول آنکه محلول الکتروشیمیایی را که برای پلیمری کردن مورد استفاده قرار می گیرد نگه دارد. در ساخت ترانزیستورهای پلیمری در فاصله بین منبع و درین<sup>۱</sup> قرار می گیرد. به عنوان نمونه ما از پلی آنیلین که از پلیمری کردن آنیلین در محلول 1 مولار  $HCl$  و 0.1 محلول آنیلین بدست آمده استفاده می کنیم. می توان رسوب الکتریکی را با اتصال سورس و درین به یکدیگر در پتانسیل 1.1 تا 1.2 ولت بالاتر از پتانسیل دریچه الکتروود جدا کرد. پس از گذشت تقریباً 15 دقیقه و در ولتاژ  $1.2(V)$  پلیمر به سورس و درین در فاصله شکاف  $50(\mu m)$  متصل می شود. رشد فاصله و شکاف را می توان به صورت بصری و یا با اعمال یک پتانسیل بسیار کم (تقریباً 20-10 میلی ولت) بین سورس و درین و اندازه گیری جریان آنها بدست آورد. پس از 15 دقیقه رسوبدهی متوقف و مایع رسوبده جدا می گردد. برای جدا کردن هر مونومر آنیلین که زائد است، حوضچه 10 بار با محلول 1 مولار  $HCl$  پر و خالی می شود.

در زمان کار خازن، سوراخ با محلول 1 مولار  $HCl$  پر می شود. با تعویض پتانسیل گیت و درین، یون های کلرین به درون یا بیرون پلیمر که فاصله بین سورس و درین را به یکدیگر متصل می نماید هدایت می شوند. با نفوذ یون ها به درون پلیمر مقاومت آن کم و با ترک یون ها مقاومتش زیاد می شود. همچنین می توان از الکترولیت جامد نیز در ترانزیستور استفاده نمود اما از آنجایی که بعضی از موادی که به عنوان زیرساخت ترانزیستور مورد استفاده قرار می گیرند در حالت مایع بهتر عمل می کنند، هنوز ترانزیستورهای انعطاف پذیری با الکترولیت های جامد ساخته نشده است.

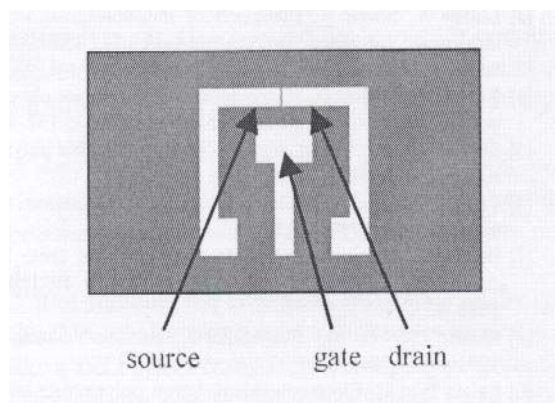
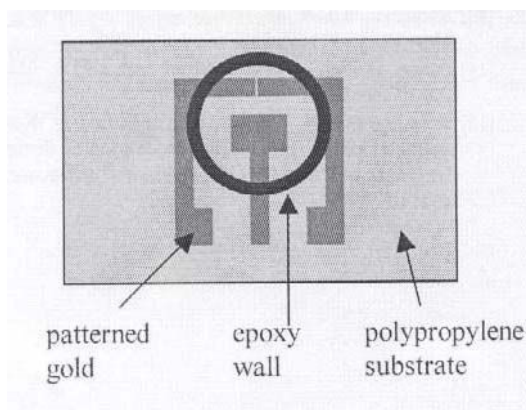
نکته مهمی که در مراحل ساخت ترانزیستور که در بالا به آن اشاره شد وجود دارد در مورد پلی آنیلین است زیرا به خاطر شکل حوضچه مایع نیاز به یک تغییر در محلول الکتروشیمیایی برای کار کردن ترانزیستور است. همانگونه که در شکل 3 نشان داده شده است، کاهش ولتاژ گیت از  $5.5(V)$  به  $0.6(V)$  باعث تغییر در مقاومت می شود. یک ترانزیستور پلیمری بیشتر شبیه به یک خازن اثر - میدانی رفتار می کند. در پتانسیل بالای گیت (بیش از 0.4 ولت) مقاومت بین سورس و درین افزایش می یابد و در پتانسیل های کم (کمتر از 0.1- ولت) مقاومت سورس و درین سه مرتبه از ظرفیت آن کمتر می شود.

## ۷- نتیجه گیری :

خازن های پلیمری ظرفیت بسیار بالاتری در واحد حجم دارند یعنی پنج برابر بیشتر از قطعات متعارف. این ویژگی آنها را برای استفاده در مدارهای با ولتاژ کم یعنی آنهایی که یکصد هزارم واحد حجم را مصرف می کنند، مناسب می سازد. پهنای باند آنها به دیمانسیون ها بستگی دارد؛ پهنای باند با ضخامت نسبت عکس دارد و پتانسیل به دهها مگا هرتز می رسد. اولین عیب خازن های پلیمری ولتاژ عملکرد پایین آنهاست که از 4 ولت تجاوز نمی کند؛ حتی در پتانسیل های کم نیز انباشتگی انرژی با باتری های ظرفیت بالا منطبق است. از طرف دیگر، برد ولتاژ برای استفاده در مدارهای پلیمری، در اتصال ترازیستورها، دیود ها، مقاومت ها و رساناها مناسب است؛ و بالاخره این خازن ها می توانند به جای سنسورها، محرک ها و دیگر قطعات الکترونیکی در ساخت قطعات تمام پلیمری انعطاف پذیر و ارزان بکار روند.

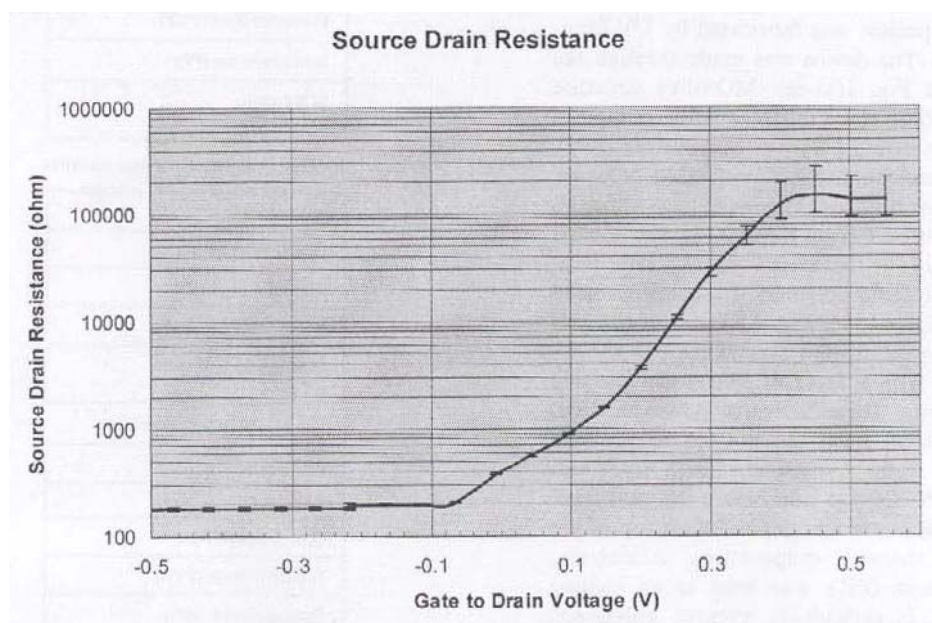
---

۱. درین یکی از سه ناحیه تشکیل دهنده ترانزیستور اثر - میدانی است. باربرهای اکثریت از سورس سرچشمه می گیرند و با عبور از کانال و جمع شدن در درین مسیر جریان را تکمیل می کنند. جریان بین سورس و درین توسط ولتاژ بایاس گیت کنترل می شود. عملکرد درین مشابه با کلکتور ترانزیستور پیوندی دوقطبی و آند لامپ الکترونی است.



شکل ۲: دایره تاریک نشان دهنده موقعیت دیواره اپوکسی است که حاوی محلول الکترولیت است.

شکل ۱: الگوی ماسک آلومینیوم در ساخت ترانزیستور. اولین الگو دارای خط هایی به پهنای تقریباً ۲ میلی متر است. خط های سفید نشان دهنده ناحیه هایی هستند که طلا در آنها رسوب کرده است.



شکل ۳: منحنی مقاومت بین سورس و درین بر حسب ولتاژ گیت. در ولتاژ مثبت گیت، یون های کلرین به بیرون از رسانای پلیمری هدایت می شوند و مقاومت کاهش می یابد. در ولتاژ منفی گیت، یون های کلرین به درون پلیمر هدایت می شوند و مقاومت بین سورس و درین سه مرتبه کاهش می یابد.

۹ مراجع:

- 1- Chemistry James E Brady
- 2- Chemistry Walter greiling
- 3- Electronics and circuits design Neamen
- 4- Microelectronics Sedra&Esmit
- 5- Some internet websites



