

پلاستیکهایی که رسانای الکتریسیته اند

ریچارد ب. کانر و آلن جی. مک دیارمید

ارزانی، دوام، سبکی و تغییرپذیری، گروهی از خواص جالب پلاستیکهاست، ولی در بین این خواص معمولاً رسانایی الکتریکی دیده نمی شود. نسل بعدی پلاستیکها این سنت را به استهزا خواهد گرفت.

میزان رنگی را که می دهد، می توان کنترل نمود. عصبهای مصنوعی که از بسپارهای رسانا ساخته شده اند عملاً بی اثرند و حتی می توان آنها را در بدن کار گذاشت.

کشف بسپارهای رسانا کاملاً اتفاقی بود. در اوایل سال ۱۹۷۰ یک دانشجوی کارشناسی ارشد در آزمایشگاه هیدکی شیراکاوا در انستیتو تکنولوژی توکیو سعی داشت از گاز استیلن معمولی بسپاری به نام پلی استیلن بسازد. این بسپار به صورت گردی تیره رنگ برای نخستین بار در سال ۱۹۵۵ سنتز شده بود، اما هیچ کس چیز زیادی در باره آن نمی دانست. دانشجوی شیراکاوا به جای گرد یک ورقه براق نقره ای تولید کرد که شبیه ورقه آلومینیم بود ولی مانند سلوفان کش می آمد. با نگاهی به دستور کار تهیه بسپار، دانشجوی مذکور به اشتباه خود پی برد. او ۱۰۰۰ بار بیش از دستور داده شده کاتالیزور افزوده بود. او واقعاً پلی استیلن ساخته بود، اما در شکلی متفاوت با هر گونه پلی استیلنی که قبل از آن تهیه شده بود. هنگامی که مک دیارمید در سال ۱۹۷۶ از آزمایشگاه شیراکاوا بازدید کرد، جستجو برای تهیه فلزات سنتزی تازه آغاز شده بود و برای این منظور پلی استیلن هدف مسلمی برای بررسی و تحقیق بود. پس از آن شیراکاوا یک سال در دانشگاه پنسیلوانیا با مک دیارمید و همکارش آلن جی هیگگرت به بررسی امکان به کارگیری بسپار تازه برای منظور فوق پرداختند. این همکاری وقتی به ثمر رسید که آنها سعی کردند بسپار را با یک دوپه کنند. ورقه های انعطاف پذیر نقره ای به ورقه های فلزی طلایی رنگ تبدیل شدند و رسانایی پلی استیلن به بیش از یک میلیارد بار افزایش یافت! (شکل ۱).

پس از این کشف معلوم شد که حدود یک دوچین بسپار و مشتقات بسپاری بر اثر دوپه کردن این جهش تصادفی را انجام می دهند. تمام این بسپارها اصولاً از اتمهای کربن و هیدروژن تشکیل شده اند که در آنها واحدهای تکراری تکپار به یکدیگر متصل شده و بسپارها را به وجود می آورند (شکل ۲). برخی از واحدهای

بیست سال پیش، عنوان این مقاله برای اکثر مردم بی معنی و نامعقول به نظر می رسید. زیرا در آن زمان پلاستیکها دقیقاً به عنوان مواد عایق طبقه بندی شده بودند. اگر کسی می گفت که یک پلاستیک می تواند به خوبی مس رسانا باشد مضحک به نظر می رسید. مع هذا در چند سال گذشته با انجام تغییرات ساده ای در پلاستیکها این امر غیر معمول عملی شد. مواد جدید که بسپارهای رسانا نامیده می شوند، خواص الکتریکی فلزات را با مزیت های پلاستیکها که در سالهای ۱۹۳۰ و ۱۹۴۰ غوغایی به پا کرده بود درهم آمیخت.

برای اینکه بسپاری رسانای جریان برق شود، اندکی از برخی مواد شیمیایی را توسط فرایندی که دوپه کردن نامیده می شود وارد بسپار می کنند. روش دوپه کردن بسپارها خیلی ساده تر از روشی است که برای دوپه کردن نیم رساناهای متداول مانند سیلیسیم به کار می برند. در واقع، فنون ساخت و دوپه کردن بسپارهای رسانا خیلی پیش از اینکه جامعه علمی آمادگی قبول فکر رسانایی پلاستیکها را داشته باشند به وجود آمده بود. زمانی که پتانسیل بسپارها به عنوان مواد رسانا به معرض نمایش گذاشته شده بود، این فکر اوج گرفت. در سال ۱۹۷۷ نخستین بسپار رسانا سنتز شد، در سال ۱۹۸۱ نخستین باتری با الکترودهای بسپاری نشان داده شد. تابستان گذشته بسپارهای رسانا، از نظر رسانایی به پای مس رسیدند و چندماه پیش نخستین باتریهای بسپاری قابل شارژ وارد بازار شد.

پیشرفتهای بعدی حاکی است که بسپارهایی می توان ساخت که رسانایی آنها در دمای اتاق بهتر از مس و در واقع بهتر از هر ماده دیگری باشد. این بسپارها حتی ممکن است در مواردی مانند هواپیما که وزن عامل محدود کننده ای است، جانشین سیمهای مسی شوند. بسپارهای رسانا خواص جالب نوری، مکانیکی و شیمیایی هم دارند که در مجموع با قابلیت آنها برای رسانایی برق، این بسپارها را برای کاربردهای جدیدی که از عهده مس بر نمی آید، مؤثر می سازد. برای مثال، لایه های نازک بسپار بر روی پنجره ها می تواند نور خورشید را جذب کند و با به کار بردن پتانسیل الکتریکی

1. Hideki Shirakawa 2. Mac Diarmid 3. Alan J. Heeger

آن انجام می‌گیرد. همچنین نشان داده شده که بیشترین رسانایی الکتریکی مربوط به همین اسپاراست. سال قبل پژوهشگران A.G. B.A.S.F. در آلمان غربی اعلام کردند با دوپه کردن پلی استیلن بسیارخالص توانسته‌اند ماده‌ای باحدودیک‌چهارم رسانایی الکتریکی مس از نظر حجمی و دوبرابر رسانایی الکتریکی مس از نظر وزنی تولید کنند. مکانیسم مولکولی دوپه کردن اسپار که چنین موفقیتی را به همراه داشته چیست؟

تغییرات دقیق الکترونی و فیزیکی مربوط به دوپه کردن هنوز مورد بحث است اما برخی از جنبه‌های اساسی مکانیسم آن شناخته شده است. رسانایی برحسب $\Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ بیان می‌شود که عکس واحد مقاومت $\Omega \cdot \text{cm}$ می‌باشد. تفاوت رسانایی میان نوع عایق و نوع رسانا بسیار زیاد است. عایق‌های خوب مانند تفلون و پلی-استیرن رسانایی نزدیک به $\Omega^{-1} \text{cm}^{-1} \cdot 10^{-18}$ دارند و رساناهای خوب مانند مس و نقره، رسانایی نزدیک به $\Omega^{-1} \text{cm}^{-1} \cdot 10^6$ دارند. پلی استیلن B.A.S.F. رسانایی در حدود $\Omega^{-1} \text{cm}^{-1} \cdot 147000$ دارد.

الکتریسته به وسیله حرکت الکترونها جریان پیدا می‌کند. از این رو برای اینکه ماده‌ای بتواند حامل جریان الکتریسته باشد، تعدادی از الکترونها باید برای حرکت به این سو و آن سو آزاد باشند. در جامداتی که شبکه گسترده‌ای از پیوندهای اتمی دارند، الکترونها در درون و بین حالت‌های انرژی مجزا و مشخصی که نواحی انرژی نامیده می‌شوند «حرکت» می‌کنند. هر نوار انرژی ظرفیت معینی برای الکترونها دارد و نوارها می‌توانند خالی هم باشند. الکترونها برای اشغال یک نوار معین باید دارای انرژی مشخصی باشند. برای حرکت الکترون از یک نوار به نوار دیگر با انرژی بالاتر این الکترون به انرژی اولیه نیاز دارد.

حرکت الکترون به نواری که به طور کامل اشغال نشده باشد نیز نیاز دارد. نوارهای خالی و همچنین نوارهای پر نمی‌توانند حامل الکتریسته باشند. رسانش شبیه دوامدادی است که در آن جریان به وسیله الکترونها که در داخل نوارهای انرژی (همانند باریکه‌های میدان مسابقت دوامدادی) به سرعت در حرکت اند، حمل می‌شود. برای انتقال جریان باید دونه دیگری در آن باریکه یا نوار منتظر باشد، سپس، نوار نمی‌تواند خالی باشد. الکترونها همچنین باید بتوانند در نواری که «دونه‌ها» در آن به انتظار ایستاده‌اند، وارد شوند. سپس، نوار نمی‌تواند پر باشد.

فلزات رسانا هستند زیرا در آنها نوارهای انرژی به طور کامل پر نشده‌اند. عایق‌ها و نیم رساناها موادی هستند که در آنها نوارهای انرژی کاملاً پر یا کاملاً خالی هستند. بالاترین نوار اشغال شده، نوار والانس و نوار خالی که درست بالای آن است نوار رسانایی نامیده می‌شود. در عایق‌ها یک شکاف انرژی بزرگ این دو نوار را از هم جدا می‌کند. این شکاف انرژی در یک نیم رسانا تا اندازه‌ای کوچکتر است. فقط با دادن انرژی به وسیله یک منبع گرمایی یا نوری، الکترونها می‌توانند از این شکاف انرژی عبور کنند.

بسیارهای معمولی وضع الکترونی عایق‌ها و نیم رساناها را دارند، نوار والانس آنها پر و نوار رسانایی آنها خالی است و این دو نوار توسط یک شکاف انرژی بزرگ مجزا شده‌اند. به وسیله دوپه کردن، این وضع با برداشتن الکترونها از نوار والانس (که دوپه کردن

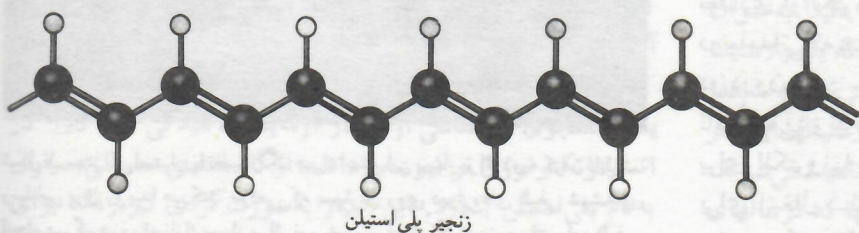
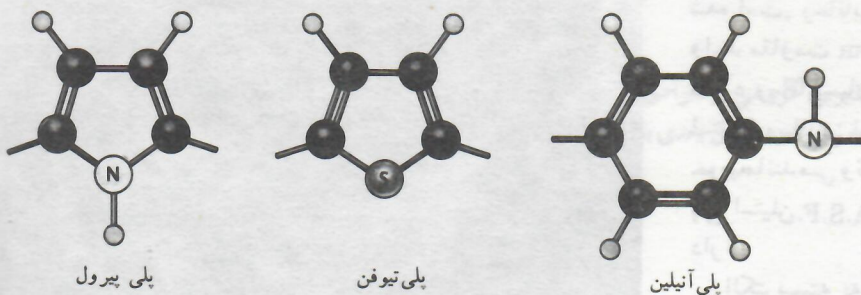
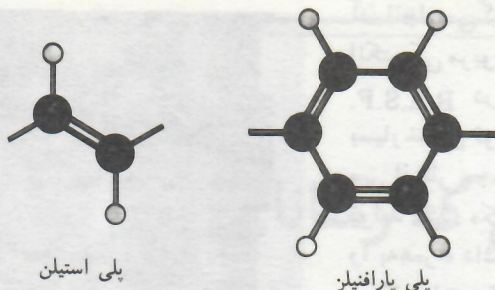


شکل ۱. سنتز پلی استیلن با تغییر رنگ همراه است. این بسیار بر اثر دوپه کردن قابلیت رسانایی برق را پیدا می‌کند. موقعی که بسیارش روی دیواره‌های ظرفی شیشه‌ای انجام می‌گیرد، ورقه نازک بسیار بر اثر نور عبوری قرمز رنگ است و وقتی این ظرف حرارت داده شود رنگ به آبی بر می‌گردد. در اینجا به وسیله بخ خشک (در پایین شکل) و گرمکن (در بالای شکل) پلی استیلن را در دو دمای مختلف نگه داشته‌ایم تا تغییر رنگ را نشان دهیم. ورقه‌های ضخیمتر نظیر آنچه که در شکل ۵ نشان داده شده به جای عبور دادن نور، نور را منعکس می‌سازد و مثل یک فلز می‌درخشد. (به شکل پشت جلد مجله مراجعه کنید.)

تکراری علاوه بر کربن و هیدروژن، اتمهای گوگرد یا نیتروژن نیز دارند. پلی استیلن ساده‌ترین بسیار رسانا، شامل یک زنجیره کربن پیوسته است که به هر اتم کربن آن یک اتم هیدروژن متصل است. اتمهای کربن به صورت پیوندهای یک در میان یگانه و دو گانه به هم متصل شده‌اند که مکان‌هایشان را دائماً در طول زنجیر مبادله می‌کنند و در واقع حد واسطی بین پیوندهای یگانه و دو گانه به وجود می‌آید (شکل ۳). این آرایش مزدوج در بین بسیارهای رسانا دیده می‌شود.

اگرچه این بسیارها در ساختارهایشان تشابهاتی دیده می‌شود، ولی می‌توانند خواص کاملاً متفاوتی داشته باشند. در این بسیارها حساسیت به گرما و هوا، انحلال پذیری و سهولت قالبگیری و همچنین قابلیت رسانایی الکتریکی بسته به نوع بسیار و روش سنتز آن به میزان وسیعی با هم فرق دارند. پلی پارافیلن، پلی تیوفن، پلی پیرول و پلی آنیلین به خاطر مجموعه‌ای از خصوصیاتشان به مقدار زیادی مورد توجه قرار گرفته‌اند، اما پلی استیلن هنوز الگوی بسیارهای رسانا محسوب می‌شود و اکثر مطالعات روی

کربن ●
 هیدروژن ○
 گوگرد ●
 نیتروژن (N)



شکل ۲. واحدهای تکراری تکبار به صورت زنجیره به هم متصل می‌شوند تا بسپارهایی را که در زیر هر واحد معرفی شده‌اند بسازند. یک وجه برجسته این مولکولها این است که پیوندهای یگانه و دوگانه را به صورت یک در میان دارند و آرایش الکترونی حاصل مستعد دوپه شدن است. در بالا، واحدهای تکراری برای پنج نمونه از مشهورترین بسپارها آورده شده است. در پایین یک زنجیر بسیاری دوپه نشده از پلی استیلین نشان داده شده است. این بسپارها در شکل دوپه نشده خود رسانای الکتریسته نیستند.

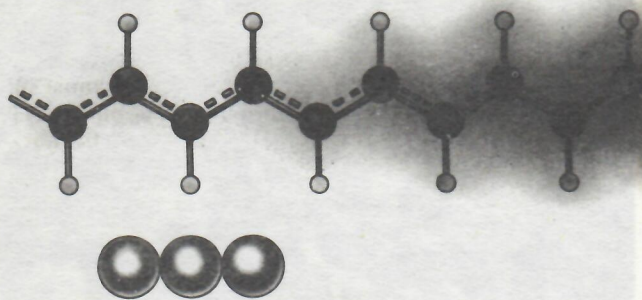
این نوارهای انرژی غریب که در بسپارهای رسانا وجود دارند، در نیم رساناهای دوپه شده دیده نمی‌شوند. ولی نوارهای مذکور ممکن است در مکانیسم رسانش ابررساناهای دمای بالا از نوع جدید دخالت داشته باشند. در واقع، کشف سولیتونها در پلی استیلین دوپه شده توجه فیزیکدانهای نظری جهان را به خود جلب کرده است، چون بسپار رسانا برای مطالعه این پدیده بی نظیر سیستم بسیار جالبی را فراهم می‌کند.

رابطه بین مولکول دوپه کننده و «دوپه شونده» برای نیم-رساناهای متداول و بسپارها نیز متفاوت است. برای مثال در دوپه کردن سیلیسیم، برخی از اتمهای سیلیسیم با اتمهایی که دارای الکترونهای بیشتر و یا کمتری نسبت به سیلیسیم هستند جایگزین می‌شوند. در دوپه کردن بسپارهای رسانا، هیچ گاه مولکولهای دوپه کننده جانشین هیچ یک از اتمهای بسپار نمی‌شوند. این مولکولها صرفاً به صورت واسطه عمل می‌کنند و از نوارهای انرژی بسپار الکترون می‌گیرند یا به آن الکترون می‌دهند. در سطح بالای دوپه شدن هنگامی که جزیره‌های سولیتون، پلارون و بی پلارون درهم ادغام می‌شوند، عدم استقرار بار به وجود آمده روی بسپار بیشتر شده و روی تعداد زیادی از اتمهای کربن پخش می‌شود.

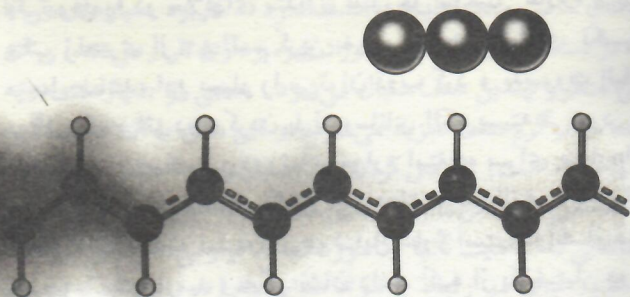
در حالی که هنوز درباره جزئیات انتقال الکترون در درون زنجیر اطمینان زیادی وجود ندارد، محققین در توضیح این مطلب که

مثبت نامیده می‌شود، زیرا مولکول یک بار مثبت به دست می‌آورد. یا با افزودن الکترونها به نوار رسانایی (که دوپه کردن منفی نامیده می‌شود زیرا مولکول یک بار منفی به دست می‌آورد.) تغییر می‌کند. سپس از نظر اصولی بسپار به صورت یک رسانا درمی‌آید زیرا نوار والانس و یانوار رسانایی آن به صورت جزئی پر شده در آمده است. در واقع انتقال از بسپار عایق به بسپار رسانا کمی پیچیده تر است. بار الکتریکی که به وسیله دوپه کردن به استخوانبندی یک بسپار داده می‌شود، موجب یک تغییر جزئی ولی مهم در موقعیت اتمهای آن می‌گردد. این تغییر تشکیل یکی از سه نوع «جزیره» بار به نامهای سولیتون^۱، پلارون^۲ و بی پلارون^۳ را به همراه دارد. این جزیره‌ها نزدیک یونهای دوپه کننده و موقعی که دوپه کننده در سطح بالایی به کار برده شده باشد تشکیل می‌شوند. هنگامی که به ازای هر مولکول دوپه کننده در حدود ۱۵ اتم کربن وجود دارد، همپوشانی این جزیره‌ها شروع می‌شود. جزیره‌های متصل شده نوارهای انرژی جدیدی را بین نوارهای والانس و رسانایی به وجود می‌آورند و حتی با آنها همپوشانی می‌کنند و الکترونها می‌توانند آزادانه از درون آنها جریان یابند. و به این ترتیب سولیتونها، پلارونها و بی پلارونها مسئول ایجاد بسپارهای رسانا می‌باشند.

1. Solitons
2. Polarons
3. Bipolarons



منفی کاهش می یابد بخش می شود. تمایز بین پیوندهای یگانه و دوگانه همان طور که به وسیله خطوط بریده نشان داده شده در نزدیکی یونهای دوپه کننده واضح نیست.



شکل ۳. زنجیر پلی استیلن دوپه شده مثبت دارای بار مثبت نامستقر است که سبب می شود این بسیار مانند فلز رسانای برق باشد. چگالی الکترون (قسمت خاکستری) در طول استخوانبندی بسیار به صورت ابری سازمان یافته که در نزدیکی یون دوپه کننده

فرایند شیمیایی است و با آنچه که دانشجوی شیراکاوا انجام می داد اختلاف زیادی ندارد. بسیارش در داخل ظرفی شیشه ای که با یک کاتالیزور شیمیایی پوشیده شده انجام می شود، آن گاه گاز استیلن را به داخل ظرف وارد می کنند. در نتیجه یک فیلم چسبنده روی شیشه شروع به رشد می کند و در عرض ۵ دقیقه یک لایه پلی استیلن دوپه نشده به ضخامت یک ورقه کاغذ جدار داخلی ظرف را می پوشاند. (شکل ۵) پس از شستشو، این لایه بسیار از جدار ظرف کنده شده و آن گاه مثلاً با محلول ید، به صورت مثبت یا با محلول فلز سدیم در جیوه، به صورت منفی دوپه می شود.

توسط روشهای الکتروشیمیایی سنتز و دوپه کردن بسیار به طور همزمان انجام می شود. دو الکتروود فلزی را در محلولی شامل یون دوپه کننده و تکپاری که باید بسیار را ایجاد کند فرو می برند. در سنتزی که شامل دوپه کردن به صورت مثبت است با اعمال یک پتانسیل الکتریکی، الکترونها از تکپارهایی که در جوار الکتروود مثبت اند جدا می شوند. این عمل موجب می شود که تکپارها روی سطح الکتروود بسیار شوند.

در طی بسیارش، الکترونها با هم از بسیار نوزاد بیرون کشیده می شوند که در نتیجه بسیار بار مثبت پیدا می کند و بنابراین یونهای منفی (یونهای دوپه کننده) را از محلول جذب می کنند. لایه نازکی از بسیار دوپه شده روی الکتروود مثبت جمع می شود که بعداً آن را برمی دارند. درصد دوپه شدن به مقدار بار مثبتی که در بسیار ایجاد می شود بستگی دارد که آن هم به نوبه خود به پتانسیل نهایی که روی بسیار اعمال می شود بستگی دارد. با تنظیم این پتانسیل می توان مقدار ماده دوپه کننده و در نتیجه رسانایی آن را به دلخواه تحت کنترل در آورد.

پلی استیلن و همچنین خیلی از بسیارهای دیگر را می توان پس از سنتز شیمیایی آنها، به طریق الکتروشیمیایی، به صورت p یا n دوپه کرد. به این ترتیب که نوارهایی از بسیار را به قطب مثبت یا منفی الکتروود که در داخل محلول شامل یون دوپه کننده فرو برده شده است متصل می سازند. با اصلاحات و تغییرات مداوم در ساختار (روشهای خالص سازی و دوپه کردن) روزی خواهد رسید که

الکترونها چطور از زنجیری به زنجیر دیگر عبور می کنند نیز درمانده اند. آنچه که مسلم است الکترونها باید از زنجیری به زنجیر دیگر عبور کنند زیرا یک زنجیر معین در تمام طول یک تکه از ورقه بسیار قرار نمی گیرد. در اینجا نوعی پرش بین زنجیرهای بسیار ممکن است صورت گیرد و یا در مورد پلی استیلن که در سطح متوسطی دوپه شده است، بار الکتریکی به وسیله یک شبکه سولیتون «مایع» که متحرک است و زنجیرهای بسیار مجاور هم را «شستشو» می دهد حمل می شود.

گستره وسیع رسانایی را در بسیارهای رسانا نمی توان توسط هیچ یک از نظریه های موجود توضیح داد. با وجود این، آشنایی تجربی محققین با بسیارها آنها را در کشف تعدادی از عواملی که بر رسانایی اثر می گذارند یاری می دهد. درصد دوپه شدن، بدیهی ترین عامل تعیین کننده است و به دقت می تواند کنترل شود. عامل دیگر جهت یابی زنجیرهای بسیار در ماده بسیار است. ساختمان زنجیری به بی تقارنی یا نایزوتروپی می انجامد، یعنی رسانایی یک زنجیر بسیار از جهتی نسبت به جهت دیگر بهتر است. به عنوان مثال در پلی استیلن دوپه شده، رسانایی در طول محور زنجیر می تواند ۱۰۰۰ بار نسبت به عرض مولکول بیشتر باشد.

رسانایی فیلمهای بسیاری دوپه شده را می توان با به خط در آوردن زنجیرها، به طوری که به موازات یکدیگر قرار گیرند به حداکثر رسانید. در واقع این به خط در آوردن تا اندازه ای در پلی استیلن B.A.S.F. عملی شده است. پس از اینکه بسیار سنتز شد و قبل از اینکه دوپه شود، صفحه های پلی استیلن را می کشند تا لایف آن جهت بگیرند (شکل ۴).

خلوص هم در رسانایی مؤثر است. ناخالصیها می توانند با ایجاد نقصهایی که مانع از عبور الکترونها در طول زنجیر می شوند در تحرك الکترونیکی مداخله کنند. بسیاری از پژوهشگران ظرفیت کاری بسیار B.A.S.F. را به فرایند سنتز آن نسبت می دهند که بسیاری فوق العاده همگن و خالص تولید می کند.

بسیارها به وسیله فرایندهای شیمیایی و یا الکتروشیمیایی سنتز و دوپه می شوند. فرایند استاندارد برای ساختن پلی استیلن یک

پلی تیوفن را در حلالهای متداول قابل حل ساخت. علاوه بر این، وقتی زنجیری از ۱۲ اتم کربن به هر واحد تکراری تکسپار متصل باشد، این بسپار را می توان ذوب کرد و به صورت الیاف درآورد که بر اثر دوپه کردن با ید رسانای الکتریسیته می شود.

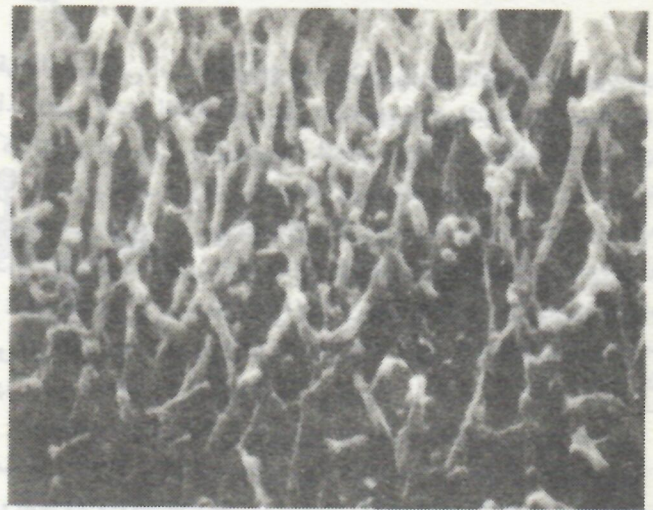
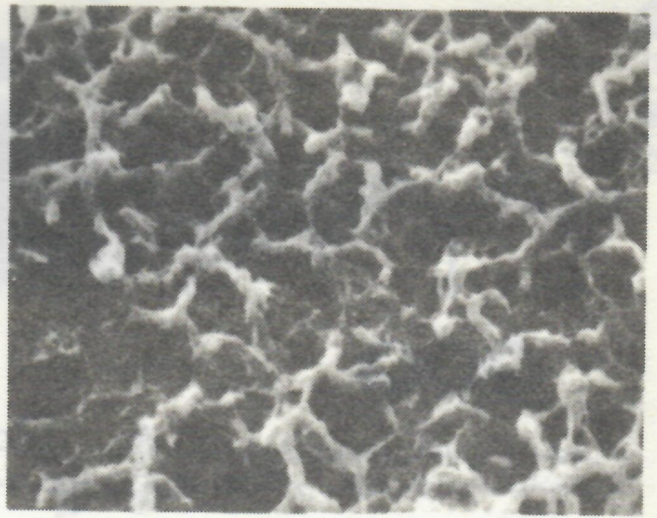
با چنین اصلاحاتی دورنمای موارد استفاده برای بسپارهای رسانا دوچندان شده است. یکی از کاربردهای قریب الوقوع که برای آن زیاد تبلیغ شده است، باتری قابل شارژ است. در آغاز سال ۱۹۸۵، مک دیارمید و هیگر نشان دادند که از پلی استیلن دوپه شده p و n می توان به عنوان الکتروود در یک باتری قابل شارژ استفاده کرد. از بسپارها به عنوان اختراعی که ماشین برقی را به صورت یک واقعیت درمی آورد خبر داده شده است زیرا باتریهای ساخته شده از بسپارهای سبک، وزن این قبیل ماشینها را به اندازه باتریهای سربی سنگین نخواهد کرد.

اگرچه انگیزه برای توسعه ماشینهای برقی ضعیف شده است، ولی شور و هیجان برای ساختن باتریهای قابل شارژ با الکتروودهای بسپاری تخفیف پیدا نکرده است. تصویری رود الکتروودهای بسپاری دوام بیشتری نسبت به الکتروودهای فلزی داشته باشند زیرا یونهایی که در تحویل و ذخیره سازی بار دخالت دارند به جای اینکه از خود الکتروودها بیایند، از محلول سرچشمه می گیرند. به این ترتیب، الکتروودهای بسپاری از فرسایش مکانیکی، مصون اند. این فرسایش به وسیله حل شدن و رسوب سازی مجدد ماده الکتروود طی چرخه های شارژ و دشارژ در باتریهای معمولی، ایجاد می شود. علاوه بر این باتریهای بسپاری، برخلاف باتریهای نیکل-کادمیم و باتریهای سربی مواد سمی ندارند و بنابراین مشکلات مربوط به دور ریختن آنها به حداقل می رسد.

شرکت بریجستون و شرکت قطعات الکترونیکی سیکو مشترکاً یک باتری قابل شارژ سکه مانند را با الکتروود پلی آنیلین ساخته اند که چندماه پیش در ژاپن به معرض فروش گذاشته شد. الکتروود دیگر از فلز لیتیم ساخته شده است. به طوری که گفته می شود ظرفیت این باتریها سه برابر ظرفیت باتریهای قابل شارژ لیتیمی موجود از همان نوع است و ولتاژ آنها دو تا سه برابر باتریهای نیکل-کادمیم یا یک و نیم برابر باتریهای سربی اتومبیل است. سرعت دشارژ خود به خودی این باتریها که «طول عمر» یک باتری را تعیین می کند، نیز به میزان قابل توجهی کمتر از سرعت دشارژ خود به خودی باتریهای نیکل-کادمیم و سربی است.

در آلمان غربی دوشرکت، B.A.S.F. و وارتا باتری A.G. یک باتری قابل شارژ انعطاف پذیر که یک الکتروود آن از ورقه فلز لیتیم و الکتروود دیگر آن از ورقه پلی بیرویل ساخته شده را امتحان می کنند. یکی از الگوهای آزمایشی آن سلولی به اندازه کارت پستال است که حدود نیم سانتی متر ضخامت دارد و سه ولت برق می دهد و می توان آن را مانند مقوا خم کرد. آلیدسیگنال نیز روی یک باتری قابل شارژ که دارای الکتروود بسپاری رساناست کار می کند. این شرکت همه جزئیات مربوط به طرز کار این باتری را اعلام نکرده است ولی به نظر می رسد این باتری براساس وزنی، تقریباً دو برابر یک سلول نیکل-کادمیم انرژی الکتریکی ذخیره سازد.

پیشرفت با الکتروودهای بسپاری کاملاً امید بخش است، ولی امکانات بالقوه بسپارهای رسانا از باتریها فراتر می رود. آلیدسیگنال

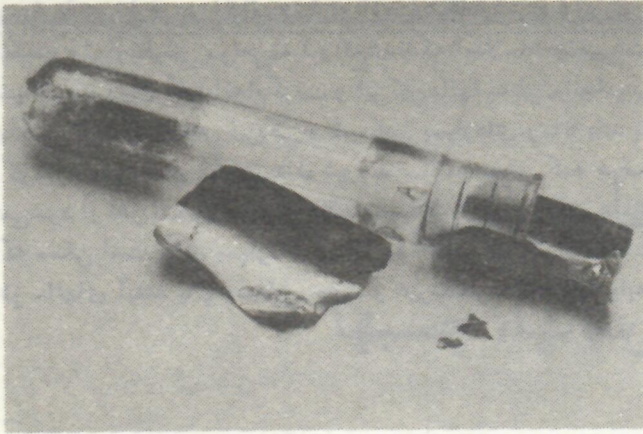


شکل ۴. با کشیدن ورقه بسپار، الیاف آن به موازات هم قرار می گیرند و رسانایی در جهتی که بسپار کشیده شده بهتر می شود. این ریزنگارهای الکترونی رشته های پلی استیلن را قبل (تصویر بالا) و بعد از (تصویر پایین) کشیده شدن نشان می دهد. هرلیف از حدود ۱۵۰۰ زنجیر بسپار تشکیل شده است.

رسانایی بسپارها از حد رسانایی مس، هم از نظر وزنی و هم از نظر حجمی خواهد گذشت.

البته برای تعیین قابل استفاده بودن یک ماده، رسانایی فقط یکی از معیارهاست. نخستین بار که بسپارهای رسانا سنتز شدند تصور می شد پاره ای از خواص فیزیکی و شیمیایی آنها ممکن است کاربردهای فنی این بسپارها را محدود سازد. بسپارهای رسانا نامحلول بودند و نمی توانستند ذوب شوند و بنابراین امکان قالبگیری آنها مانند بسپارهای معمولی نبود. بسیاری از آنها نیز در معرض هوا تجزیه می شدند که کاربرد بالقوه آنها را به طور وسیعی محدود می کرد.

در دو سال گذشته توانسته اند با متصل ساختن گروههای شیمیایی دیگر به استخوانبندی کربن که خواص مولکول را تغییر می دهد، بر نخستین مشکل از مشکلات مذکور فایز آیند. برای مثال، نشان داده اند که می توان به وسیله جانشین کردن یک اتم هیدروژن با گروههای هیدروکربن بزرگتر، مثل گروه چهار کربن دار بوتیل،



شکل ۵. ورقه پلی استیلین را از دیواره طرف واکنش بعد از سنتز آن جدا می کنند. انعطاف پذیری آن مثل کاغذ است. این ورقه باید دوپه شود تا به شکل رسانا درآید.

شوند. درحال حاضر برای این منظور از پلاستیکهای پر شده از فلز یا کربن استفاده می شود، ولی فرایندپذیری و رسانایی بالاتر بسپارهایی که به طور همگن دوپه شده اند مزیت های ویژه ای به این ماده بخشیده است. خواص از دست دهی زیاد ریزموج که اخیراً برای پلی آنیلین گزارش شده است می تواند آینده خوبی برای این کاربرد ویژه داشته باشد.

بسپارهای دوپه شده به عنوان مسیره های رسانایی در مدارهای چاپی، در ترانزیستورها و به عنوان جانشین برای اتصالات متداول نیم رسانا مورد آزمایش قرار گرفته اند ولی کارایی آنها تا کنون به پای موادی که درحال حاضر مورد استفاده اند نمی رسد. با وجود این، کوششهایی که برای بهبود و اصلاح سنتز بسپارها به عمل می آید تا مولکولهایی با جهت یابی بهتر و نقصهای کمتر بسازند و همچنین پیشرفتهایی که در فن دوپه کردن پیدا شده بی شک به بهبود بارزی در کارایی این بسپارها منجر خواهد شد. بسپارهای رسانا به خاطر خواص نوری غیرعادی که دارند برای استفاده در تولید قریب الوقوع کامپیوترهای نوری در نظر گرفته شده اند. بدن انسان «وسیله» دیگری است که بسپارهای رسانا می توانند روزی در آن نقش داشته باشند. بعضی از بسپارها چون بی اثر و پایدارند به عنوان عصبهای مصنوعی در نظر گرفته شده اند. پلی پیرول به خصوص تصور می رود غیرسمی باشد و بتواند به طور قابل اعتمادی بار الکتریکی مناسبی را تحویل دهد. یون دوپه کننده در اینجا ممکن است هپارین باشد که یک ماده شیمیایی است و از لخته شدن خون جلوگیری می کند و معلوم شده که به طور مؤثری به عنوان دوپه کننده در پلی پیرول عمل می کند. بسپارها می توانند وقتی در داخل بدن کار گذاشته شوند و با مولکولهای همزاد دارو دوپه گردند، به عنوان سیستمهای درونی تحویل دارو عمل کنند. موقعی که بسپار با به کار بردن یک پتانسیل الکتریکی برنامه ریزی شده، به حالت خنثای خود برگردد دارو آزاد می شود.

وضع بسپارهای رسانا در نیمه سالهای ۱۹۸۰ از بسیاری جهات شبیه به وضع بسپارهای مرسوم ۵۰ سال پیش است. اگر چه این

درحال حاضر چندین طرح در دست دارد که کاربرد بسپارهای رسانا را در دستگاههای تشخیص مورد بهره برداری قرار می دهد. برای این منظور چندین هدف دنبال می شود. بعضی از بسپارهای دوپه شده بر اثر گرم شدن تجزیه می شوند و این عمل با اتلاف رسانایی آنها همراه است. با وصل کردن چنین بسپارهایی به اهم سنج می توانند به هنگام حمل و نقل داروها معین کنند که آیا این داروها در معرض دماهایی که خاصیت آنها را مورد تهدید قرار می دهد قرار گرفته اند یا خیر. قبلاً در ارتباط با مواد غذایی یخ زده برای اینکه معلوم کنند آیا این مواد در جریان حمل و نقل آنها، نرم و متعاقباً منجمد شده اند یا خیر از تشخیص دهنده هایی که در آنها بسپارهای رسانا به کار رفته استفاده شده است. به طریق مشابهی می توان وجود مواد سمی که برای بسپار دوپه نشده به صورت دوپه کننده عمل می کنند را سنجید. چنانچه این بسپارها را در گازهایی که با قرار گرفتن در معرض تابش به صورت دوپه کننده فعال درمی آیند قرار دهیم، همچنین می توانند به عنوان تشخیص دهنده تابش عمل کنند.

در چندین کشور، تحقیقاتی درباره کاربرد پلی تیوفن و پلی آنیلین در دستگاههای نمایش الکتروکرومی در دست اجراست. در این دستگاهها رنگ در نتیجه به کار بردن پتانسیل الکتریکی تغییر می کند. برای مثال، ورقه های نازک پلی تیوفن در حالت دوپه شده قرمز رنگ و در حالت دوپه نشده آبی پررنگ است. کاربرد نمایشی این بسپارها شامل تابلوهای اعلام ساعت حرکت هواپیماها در فرودگاهها و حرکت قطارها در ایستگاههای راه آهن و برای آگهیهای تبلیغاتی در محلهای سرپوشیده و همچنین در ماشینهای حساب، کامپیوترها، ساعت و خلاصه هر دستگاه دیگری که درحال حاضر از دستگاههای نمایش بلور مایع (LCD) استفاده می کند، می باشد. اگرچه این بسپارها را می توان در رنگهای مختلف ساخت ولی در حال حاضر مشکل می توان قضاوت کرد که آیا دستگاههای نمایش الکتروکرومی مزیت های مشخصی نسبت به دستگاههای LCD دارند یا خیر. برای اینکه چنین دستگاههایی عملی و قابل استفاده باشند، هم زمان عکس العمل آنها در موقع روشن کردن کلید برق و هم طول عمر کار کرد بسپارها باید به میزان قابل توجهی بهبود یابد. همان مکانیسمی که موجب می شود بسپارهای رسانا در یک دستگاه نمایش الکتروکرومی تغییر رنگ دهند، در شیشه پنجره های معمولی نیز می تواند مورد بهره برداری قرار گیرد. لایه های بسیار نازک بسپار که در یک الکترولیت جامد بیرنگ فرو برده شده اند و بین دو لایه از شیشه ساندویچ شده اند وقتی یک پتانسیل الکتریکی به کار بریم می تواند شیشه را رنگی سازد و شدت و ضعف رنگ را می شود به وسیله اندازه پتانسیل تنظیم کرد. علاوه بر این چون بسپارهای رسانا می توانند نور خورشید را جذب کنند، مورد توجه محققینی که روی سلولهای انرژی خورشیدی کار می کنند قرار گرفته اند. ولی تا به امروز بازده تبدیل آنها مایوس کننده بوده است.

بسپارهای رسانا همچنین انرژی الکترومغناطیسی را در فرکانسهای پایین جذب می کنند و بنابراین می توانند به عنوان سپر الکترومغناطیسی برای متوقف کردن نشت تابش از ترمینالهای کامپیوتر به کار برده

را به مبارزه می‌طلبند. تنها گذشت زمان است که معلوم خواهد کرد آیا تأثیر این رساناهای پلاستیکی جدید به پای پلاستیکهای عایق خواهد رسید یا نه.

ترجمه منصور عابدینی، وحید کامجو

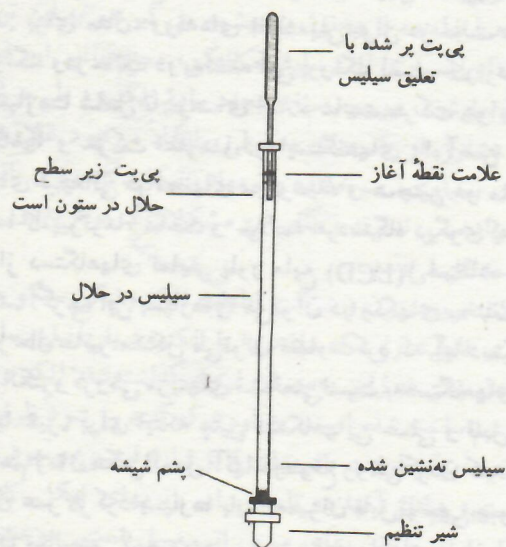
● **Plastics That Conduct Electricity**

Richard B. Kaner and Alan G. Mac Diarmid

Scientific American, February 1988

بسیارها در اطراف و اکناف دنیا در آزمایشگاهها سنتز و بررسی شدند، ولی از نظر فنی موقعی مفید واقع شدند که اصلاحات و تغییرات شیمیایی بر روی آنها انجام گرفت و این کار سالها به طول انجامید. به همین ترتیب خواص فیزیکی و شیمیایی بسیارهای رسانا باید با کاربرد مسورد نظر تطبیق داده شوند تا محصولی که عرضه می‌شود از نظر اقتصادی موفق باشد. صرفنظر از کاربردهای عملی که ممکن است برای بسیارهای رسانا پیدا شود، این مواد مطمئناً در سالهای آینده با پدیده‌هایی جدید و غیرمنتظره، تحقیقات پایه

روشی ساده برای پر کردن يك ستون جداسازی باریک



اغلب در حین کار با کروماتوگرافی مایع، مجبوریم با مقدار خیلی کمی از ترکیب کار کنیم؛ از آنجایی که محصول کمی برای کار وجود دارد، برای به دست آوردن یک نتیجه مؤثر، ناچار از به کار بردن یک ستون جداسازی باریک هستیم. تا به حال پر کردن یک ستون باریک کار بسیار مشکلی به نظر می‌رسید. تعلیق سیلیس به آسانی به ته ستون نمی‌رود و هوایی که در داخل ستون حبس می‌شود باعث تبخیر حلال شده و یک اثر «تبلور» روی سیلیس می‌گذارد. با روش ساده‌ای می‌توان بدون اشکال ستون را، در زمان نسبتاً کوتاهی پر کرد.

اولین مرحله، نصب ستون است (شکل را ببینید). شیر تنظیم را محکم وصل کنید و بگذارید بسته بماند. مقدار کمی پشم شیشه را از بالای ستون وارد کنید و به وسیله یک سیم یا وسیله‌ای باریک آن را به پایین ستون هدایت کنید. با وارد کردن پشم شیشه بعد از وصل کردن شیر تنظیم، می‌توانید مطمئن باشید که هیچ کدام ازالیاف آن به صورت رشته درهم پیچیده نشده و به هنگام اضافه کردن حلال، نشست آهسته صورت خواهد گرفت. پس از انجام این کار، ستون را روی یک پایه قرار دهید و آن را به وسیله یک گیره نگاه دارید.

سپس حدود ۵/۶ حجم ستون را فقط با حلال پر کنید (سطح حلال را روی ستون مشخص کنید). با تهیه کردن یک تعلیق سیلیس (سیلیس و حلال) آماده ادامه کار باشید.

با استفاده از یک پی‌پت یک بار مصرف ۲۳ سانتی متری پاستور، مقدار کمی از تعلیق را به ستون انتقال دهید. باید مطمئن باشید که نوک پی‌پت زیر سطح حلال قرار گرفته باشد. با این روش پر کردن، هیچ هوایی با سیلیس تماس نخواهد داشت. تعلیق را به آهستگی از پی‌پت وارد ستون کنید و وقتی سطح مواد به بالای ستون رسید آن را متوقف کنید. شیر تنظیم را به آرامی باز کرده بگذارید مقداری از حلال خارج شود. این عمل کمک می‌کند تا سیلیس سریعتر ته‌نشین شود. وقتی که سطح حلال به نقطه شروع رسید شیر را ببندید و تعلیق را دوباره به ستون منتقل کنید.

با پی‌پت کردن مداوم تعلیق به این طریق می‌بینید که ستون شما در مدت تقریباً پنج دقیقه بدون هیچ مشکلی و بدون اینکه هوای ناخواسته درون سیلیس حبس شود، پر خواهد شد.

ترجمه مهر و صرام