در این باره چه می‌دانید؟
موادی که با آن‌ها هم می‌توان برق تولید کرد، هم سرما!

علیرضا اسدی

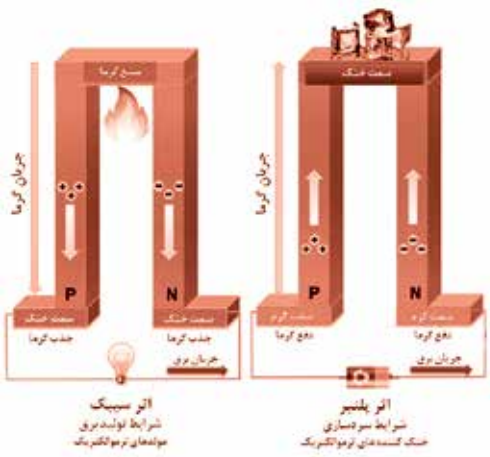
سال‌هاست که مواد ترموالکتریک توجه بسیاری از دانشمندان و فناوران را به خود جلب کرده است. موادی که از آن‌ها برای ساختن مولدهای برق و سامانه‌های برودت‌زا استفاده می‌شود. امروزه، بیش از ۶۰ درصد از انرژی تولیدشده در جهان بیهوده و بیشتر به شکل گرما تلف می‌شود. مواد ترموالکتریک با کارایی بالا یک فناوری تبدیل انرژی سازگار با محیط زیست را فراهم می‌کنند که اندازه کوچک، ضریب اطمینان بالا، قابلیت کار در یک گسترهٔ دمایی فراخ و بدون آلودگی، از ویژگی‌های برجسته آن‌ها به‌شمار می‌آید.

این مواد براساس پدیده ساده‌ای کار می‌کنند که نخستین بار در سال ۱۷۹۴ توسط آلساندرو ولتا[1] فیزیک‌دان ایتالیایی کشف شد. پدیده‌ای که در سال ۱۸۲۱ توسط توماس سیبک[2] فیزیک‌دان آلمانی بازکشف شد و ترموالکتریک نام گرفت. ترموالکتریک پدیده‌ای است که تبدیل مستقیم اختلاف دما میان دو رسانا یا نیمه‌رسانای غیرمشابه را به اختلاف ولتاژ میان آن دو و برعکس، شرح می‌دهد. ژان شارل پلتیر[3] فیزیک‌دان فرانسوی نیز در سال ۱۸۳۴ به طور جداگانه و به شیوه‌ای متفاوت به این موضوع پی برد. امروزه این پدیده که با عنوان اثر پلتیر ـ سیبک شناخته می‌شود، انگاری از نو کشف شده است. بی‌شک، نیاز به تأمین انرژی یا استفاده بهینه از آن، توجه‌ها را دوباره به این کشف بزرگ قدیمی جلب کرده است. از این رو، مرور دوباره ساختار این مواد و سازوکار ساده کارکرد آن‌ها خالی از لطف نیست.

با بررسی ساختار درونی سلول‌های ترموالکتریک مشاهده می‌شود که آن‌ها از دو دسته نیمه‌رسانا یکی از نوع n و دیگری از نوع p تشکیل شده‌اند. نیمه‌رسانای نوع n الکترون‌های آزاد دارد و حامل بار الکتریکی منفی زیادی است و حفره‌های مثبت کمی در ساختار آن وجود دارد. برعکس، نیمه‌رسانای نوع p دارای حفره‌های مثبت زیاد است و الکترون‌های آزاد کمی دارد. نیمه‌رساناهای p از اضافه شدن اتم‌هایی چون بور یا گالیم سه ظرفیتی ـ عنصرهای گروه سوم جدول دوره‌ای ـ به شبکه بلوری عنصر سیلیسیم چهار ظرفیتی ـ عنصر گروه چهارم جدول دوره‌ای ـ تشکیل می‌شوند. چون یکی از اتم‌های سیلیسیم مجاور این اتم سه ظرفیتی به یک الکترون نیاز دارد تا پیوند دو الکترونی قبلی خود را کامل کند، از این جای خالی به‌عنوان حفره یاد می‌شود. به علت کمبود الکترون ایجادشده، حفره بار الکتریکی مثبت دارد. این حفره‌ها میزبان خوبی برای الکترون‌ها هستند. در مجموع نیمه‌رساناهای نوع p بار الکتریکی مثبت دارند.

نیمه‌رسانای نوع n از اضافه کردن اتم‌هایی مانند فسفر یا آرسنیک پنج‌ظرفیتی ـ عنصرهای گروه پنجم جدول دوره‌ای ـ به شبکه بلوری عنصر سیلیسیم چهارظرفیتی ـ ساخته می‌شوند. چون این اتم پنج‌ظرفیتی اضافه شده برای پیوند با اتم‌های سیلیسیم پیرامون خود به چهار الکترون نیاز دارد، در پایان یک الکترون اضافی برای آن باقی می‌ماند. از این‌رو، در جایی که قرار می‌گیرد یک الکترون سرگردان را به شبکهٔ سه‌بُعدی بلور سیلیسیم می‌افزاید. در مجموع، نیمه‌رساناهای نوع n بار الکتریکی منفی دارند. انتخاب حرف‌های n و p، سر واژهٔ دو کلمه انگلیسی negative و positive به ترتیب به معنای منفی و مثبت هم برای این نیمه‌رساناها به همین علت است.

هنگامی که دو نیمه‌رسانای n و p به هم اتصال پیدا می‌کنند، بین آن‌ها اختلاف پتانسیلی ایجاد می‌شود. این اختلاف ولتاژ افزون بر برقراری یک جریان الکتریکی میان این دو جسم، اختلاف دمایی هم بین آن‌ها ایجاد می‌کند. به چنین مجموعه‌ای یک سلول ترموالکتریک می‌گویند. در شکل، شیوه کار این سلول‌ها به سادگی نشان داده شده است. امروزه پژوهش‌های بسیاری برای ساختن مواد ترموالکتریک با کارایی بالا در جریان است.



پی‌نوشت‌ها

1. Alessandro Giuseppe Antonio *Anastasio* Volta (1745-1827)
2. Thomas Johann *Seebeck* (1770-1831)
3. Jean Charles *Athanase Peltier* (1785-1845)