

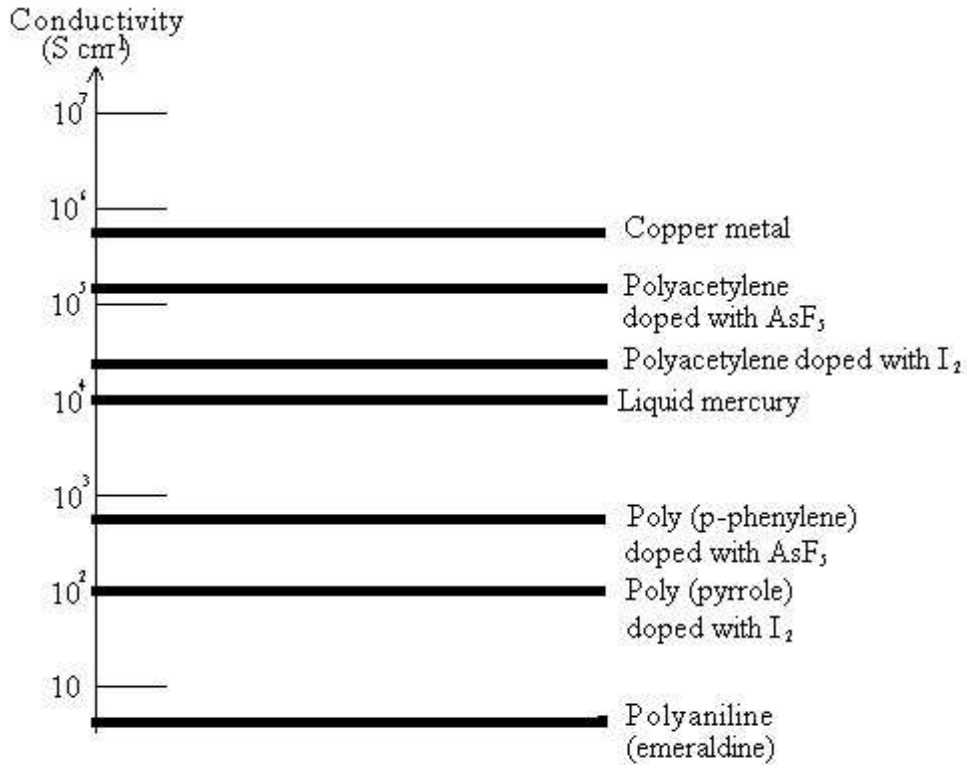
آفاق تطوير البوليمرات الموصلة وتطبيقاتها

احمد محمود عبد اللطيف

كلية العلوم ، جامعة بابل ، الحلة ، العراق ، ص.ب.٤

Email : abdullettif@yahoo.com

من المعروف ان البوليمرات هي مواد عازلة للكهربائية ، ولكن هذه الصورة قد تغيرت بعد الاكتشاف الذي تقدم به كل من هيغر (Heeger) وماكديارميد (MacDiarmid) وشيراكاوا (Shirakawa) الذين توصلوا الى إمكانية تحويل المواد البوليمرية لتصبح موصلة جيدة للكهرباء شأنها في ذلك شأن المواد المعدنية .



الشكل (١): سلم لوغاريتمي للتوصيلية الكهربائية لعدد من البوليمرات مقارنة مع بعض المعادن [٢].

وبينوا ان اكسدة البولي استيلين بالكلور او البروم او اليود سيجعله ذا توصيلية اكبر بـ 10^9 مرة مما كان عليه بالأصل. واستحق هؤلاء العلماء جائزة نوبل في الكيمياء لعام ٢٠٠٠. وفتح هذا الاكتشاف آفاقاً واعدة لتطبيق هذه الظاهرة في مجالات العلم والتكنولوجيا المختلفة .

تطبيقات البوليمرات الموصلة

إن أهم ما يميز استعمال البوليمرات هو كلفة التصنيع القليلة. وتبين التطبيقات الآتية، والتي دخلت حيز التطبيق التجاري، الآثار التي أدخلها العمل الذي قام به كل من هيغر وماكديارميد وشيراكاوا على التكنولوجيا المعاصرة.

١. البولي انيلين المطعم: يستخدم كموصل كهربائي ولتدريع الدوائر الإلكترونية من الأشعة الكهرومغناطيسية، كما يصنع كمادة مانعة للتآكل.

٢. بولي (اثيلين دايوكسي ثايوفين) (poly (athylenedioxythiophene): يطعم بحامض بولي ستايرين الكبريتي (polystyrenesulfonic acid) ليصبح مادة طلاء مضادة للكهربائية المستقرة، كما يستعمل في الأجهزة البوليمرية الباعثة للضوء.

٣. مشتقات بولي (فنيلين فاينيليدين) (poly (phenylene vinylidene): تستعمل في وسائل العرض في أجهزة الهاتف الجوال.

٤. مشتقات بولي (دايلكيل فلورين) (poly (dialkylfluorene): تستعمل كطبقات باعثة للضوء في أجهزة العرض الفيديوي الملون.

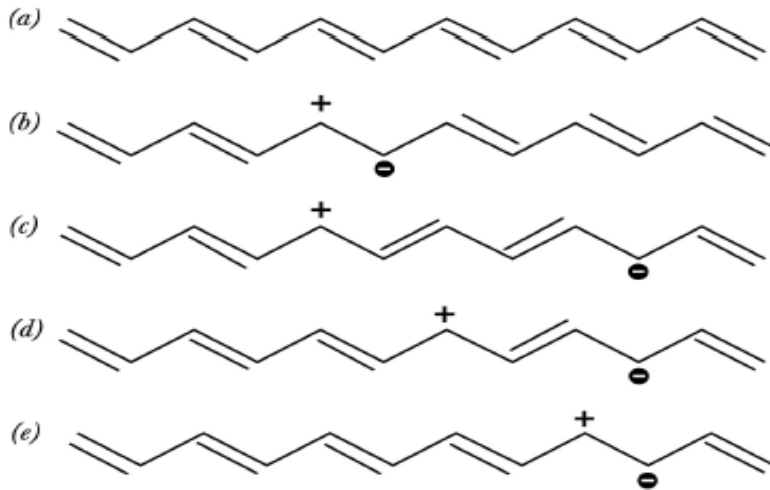
٥. مشتقات بولي (ثايوفين) (poly (thiophene): تعد من المواد الواعدة في تصنيع ترانزستورات تأثير المجال، كما أنها يمكن أن تجد لها استعمالاً في تعليم البضائع لتسجيل أسعارها في محلات التسوق.

٦. بولي (بايرول) (poly (pyrrole): اختبر كطلاء لامتصاص الأشعة المايكروية وخاصة في طائرات الشبح التي لا تكشف بالرادار، وكذلك كطبقات رقيقة فعالة في أجهزة التحسس المختلفة.

تفسير ظاهرة البوليمرات الموصلة

إن الصفة الأساسية للبوليمرات الموصلة هي وجود الأواصر الثنائية المقترنة (**conjugated**) في تركيبها، بحيث أن الأواصر بين ذرات الكربون تتعاقب بين المفردة والمزدوجة. وتحتوي كل أصرة مزدوجة على أصرة كيميائية قوية تسمى أصرة سيجما بالإضافة إلى أصرة أضعف تسمى أصرة باي . وعلى أية حال فإن وجود الأواصر المقترنة ليس كافياً وحده لأن تصبح المادة البوليمرية موصلة كهربائياً، بل أن ذلك يتطلب حقن حاملات شحنة على شكل إلكترونات أو فجوات، وهذا ما تحققه عملية التطعيم.

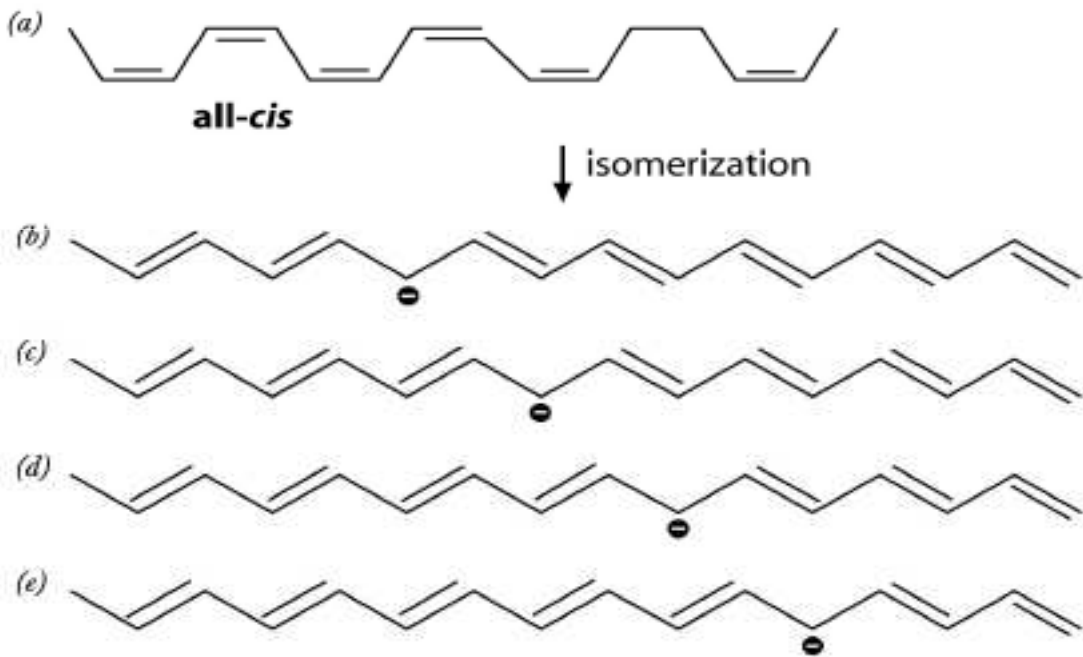
إن دور التطعيم هنا هو إما إزالة أو إضافة إلكترونات إلى البوليمر. فعلى سبيل المثال، فإن اليود (I_2)، عند إضافته للبوليمر، يكتسب إلكترونات ليتحول إلى أيون (I_3^-). فإذا أزيل إلكترون من قمة حزمة التكافؤ لبوليمر مثل بولي استيلين أو بولي بايرول، فإن الفجوة المتولدة سوف لن تكون لها حرية الحركة بشكل تام كما هو متوقع من نظرية الحزم الكلاسيكية. أما إذا أزيل إلكترون من ذرة كربون، فإن أيوناً موجباً يسمى بولارون (**polaron**) سوف يتولد وتكون لهذا الأيون تحركية عالية في سلسلة البولي استيلين مما يسبب نقل الشحنة كما في الشكل (٢)، ويتطلب ذلك درجة تطعيم عالية.



الشكل (٢): الجذر الحر الموجب أو البولارون المتكون من إزالة

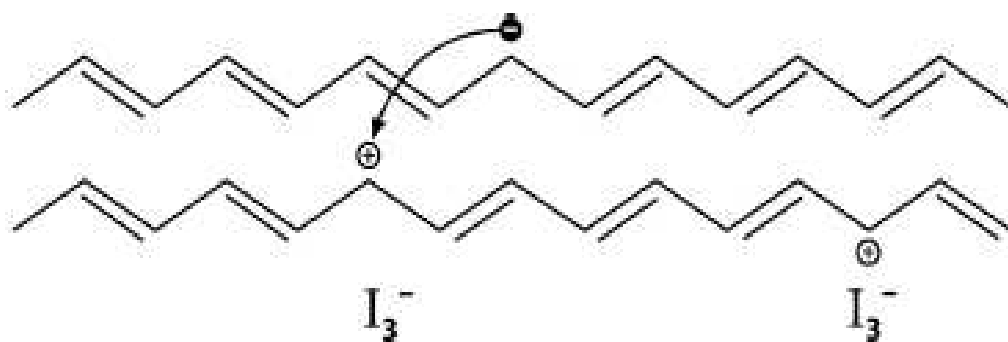
٣ إلكترون واحد من ذرة كربون، مع بيان لحركة هذا البولارون.

إذا أزيل إلكترون ثانٍ من مقطع البوليمر المؤكسد، فأما أن يتولد بولارون آخر أو يتكون بولارون ثنائي إذا كان الإلكترون المزال هو من نفس البولارون الأول. إن هذين البولارونين سوف لن يتحركا بشكل مستقل، بل على شكل زوج شبيه بزوج كوبر (cooper) في نظرية التوصيل الفائق. ومما يسهم في توصيلية البولي استيلين هو ما يسمى بعيوب الموجة المنفردة. ويبين الشكل (3) كيف أن تحول سلسلة بولي استيلين سز إلى تركيب الترانز يولد عيباً وهذا هو جذر حر يمكن أن يسهم في نقل الشحنة بين السلاسل المختلفة.



الشكل (3): تولد عيب موجة منفردة وحركته خلال السلسلة البوليمرية.

وهناك آلية مقترحة لتفسير التوصيلية الكهربائية في البوليمرات وهي التي يوضحها الشكل (٤)، حيث أن الإلكترون هنا يقفز بين حالتين موضعتين لسلاسل بوليمرية متجاورة. وهناك نظريات أخرى لتفسير ظاهرة البوليمرات الموصلة.



الشكل (٤): آلية قفز الشحنات بين سلاسل بوليمرية متجاورة.

آفاق واعدة للبوليمرات الموصلة

بالإضافة إلى ما ذكر من تطبيقات دخلت حيز التطبيق التجاري، فإن هناك الكثير من التطبيقات للبوليمرات الموصلة التي تجرى عليها الأبحاث والتي من المؤمل أن تحدث قفزات نوعية في التكنولوجيا المعاصرة. سنذكر فيما يأتي أهمها:

١ بطلاء مادة عازلة بطبقة رقيقة من بوليمر موصل فإنه يمكن منع تكون الكهرباء المستقرة التي قد تسبب أضراراً بليغة، ففي صناعة الكومبيوترات فإن تفريغ الشحنة الفجائي للكهربائية المستقرة يمكن أن يدمر الدوائر الإلكترونية الدقيقة وخاصة الدوائر المتكاملة الحديثة [٨].

٢. إن كثير من الأجهزة الكهربائية وخاصة الكومبيوترات تولد إشعاعاً كهرومغناطيسياً ضمن مدى الترددات الراديوية والميكروية عادة، وهذه يمكن أن تؤثر على الأجهزة الكهربائية المجاورة. إن الأغلفة البلاستيكية المستخدمة في هذه الأجهزة تكون شفافة لهذه الأشعة الكهرومغناطيسية، ولكن بطلاء هذه الأغلفة من الداخل بمادة بوليمرية موصلة فإن هذه الأشعة يمكن أن تمتص. وتمتاز البوليمرات الموصلة المستعملة في هذه الحالة بالالتصاق جيد وأنها تتمدد حرارياً بنفس النسبة للأغلفة البلاستيكية وبإمكانية تصنيعها بأي سمك مطلوب [٩].

٣. في كثير من التطبيقات الإلكترونية التي يستعمل فيها النحاس كتوصيلات كهربائية فإن عملية التصنيع معقدة ومكلفة بالإضافة إلى كون النحاس ضعيف الالتصاق بالأواح الدوائر الإلكترونية، ولهذا يمكن أن تستعمل اللدائن الموصلة كبديل مناسبة لهذه الأغراض.

٤. بسبب الموائمة البيولوجية لبعض البوليمرات الموصلة فإنها تستعمل لنقل إشارات كهربائية ضعيفة خلال جسم الإنسان، أي أنها تعمل كأعصاب صناعية. وهناك طموح لمحاكاة الدماغ البشري بهذا الأسلوب [١٠]، ولكن هذه العملية غير واقعية حالياً.

٥. نظراً للأهمية القصوى لخفة الوزن في الطائرات وسفن الفضاء، فإن البوليمرات الموصلة تستعمل كتوصيلات كهربائية بدلاً من المعادن، حيث أن كثافة البوليمرات تساوي عشر كثافة المعادن تقريباً.

٦. يمكن استعمال البوليمرات الموصلة في دوائر المنطق وبزمن غلق وفتح صغير جداً بحدود ١٠٠ مايكروثانية، وبعدد هائل من دورات التشغيل يبلغ ١٠ ملايين مرة [١١].

٧. اعتماداً على قابلية البوليمرات الموصلة على تغيير خواصها الكهربائية عند تفاعلها مع مواد أخرى أو تأثرها بالرطوبة والحرارة، فإنه يمكن استعمالها كمتحسسات (sensors)، فعلى سبيل المثال لوحظ أن مقاومة بولي بايرون للكهربائية تزداد بوجود غاز مختزل مثل الأمونيا وتقل بوجود غاز مؤكسد مثل ثنائي أكسيد النايروجين [١٢]. وهناك نوع آخر من المتحسسات يسمى المتحسسات البايولوجية، الذي يستفيد من قابلية اليود الثلاثي لأكسدة البولي استيلين كوسيلة لقياس تركيز الكلوكوز، حيث يتأكسد الكلوكوز مكوناً بيروكسيد الهيدروجين الذي يؤكسد أيونات اليود لتكوين أيونات اليود الثلاثي. وبهذا فإن التوصيلية الكهربائية تتناسب مع تركيز البيروكسيد وهذا بدوره يتناسب مع تركيز الكلوكوز [١٣].

٨. من المحتمل أن تكون البطاريات القابلة للشحن والخفيفة الوزن هي من أكثر التطبيقات الواعدة للبوليمرات الموصلة، حيث أن النماذج الأولية منها هي بكفاءة أو أفضل من بطاريات نيكل-كادميوم المستعملة حالياً. فالبطاريات البوليمرية مثل خلية بولي بايرون-ليثيوم تعمل بأكسدة واختزال البوليمر، فخلال الشحن فإن البوليمر يؤكسد الأيونات السالبة في المحلول الإلكتروني وبالتالي وبالترافق فإن أيونات الليثيوم في المحلول الإلكتروني تترسب على سطح الليثيوم. وخلال التفريغ فإن الإلكترونات تزال من الليثيوم مسببة دخول أيونات الليثيوم إلى الإلكترونيات والمرور عبر الحمل والبوليمر المؤكسد، أما المواقع الموجبة على البوليمر فإنها تختزل محررة أيونات سالبة إلى الإلكترونيات [١٤].

٩. يمكن للبوليمرات الموصلة أن تستعمل لتحويل الطاقة الكهربائية مباشرة إلى طاقة ميكانيكية، وفي هذه الحالة يُستفاد من التغيرات الكبيرة في الحجم التي تحدث أثناء عملية التطعيم ومعكوسها لعدد من البوليمرات الموصلة [١٥].

١٠. من التطبيقات الواعدة هي التراكيب الذكية (smart) وهي تراكيب لها القابلية على تغيير نفسها لتصبح أفضل، ومن الأمثلة عليها هي الزلاجات الذكية التي ظهرت حديثاً والتي لا تهتز أثناء التزلج، وهذا يتحقق باستخدام قوة الاهتزاز لتوليد قوة مضادة للاهتزاز. ومن التطبيقات الأخرى للتراكيب الذكية هي أنظمة التحكم المرورية وأنظمة التحكم في السيارات والقطارات [١٦].

١١. هناك تطبيق مهم وواعد وهو استعمال البوليمرات الباعثة للضوء في الكومبيوتر الضوئي الذي طور حديثاً ليستخدم الإشارة الضوئية بدلاً من الإشارة الكهربائية في نقل المعلومات وما يوفره ذلك من سرعة وكفاءة عاليتين.

وقبل أن تصبح التطبيقات أعلاه حقيقية فإن الحاجة تدعو إلى مزيد من الأبحاث والتحقق. إن الاستقرار وسهولة التصنيع وقلة الكلفة هي عوامل يجب أن تتوفر قبل أن تدخل هذه التطبيقات حيز التداول التجاري.

استنتاج ورؤية مستقبلية

إن ما ورد ذكره من تطبيقات دخلت حيز التنفيذ والتداول التجاري وتطبيقات أخرى هي قيد البحث والتحقق، يُبّيح لنا الاستنتاج بأننا على أعتاب قفزة علمية وتكنولوجية تضاهي من حيث أهميتها وتأثيراتها على حياتنا العامة اكتشاف وتصنيع الليزر أو اكتشاف ظاهرة التوصيل الفائق وتطبيقاتها أو استعمال أشباه الموصلات في الصناعات الإلكترونية. إن التكنولوجيا القائمة على السليكون وأشباه الموصلات الأخرى يمكن أن تصل إلى دوائر إلكترونية بأبعاد حدودها الدنيا هي حوالي ٢٠٠ نانومتر، في حين يُؤمل أن تحقق تكنولوجيا البوليمرات دوائر إلكترونية بأبعاد تصل إلى عدة نانومترات فقط. إن هذا النقصان الكبير في الحجم سوف يحقق زيادة هائلة في سرعة إنجاز العمليات وسعة الذاكرة للحواسيب المستقبلية تقدر بنحو ١٠٠ مليون مرة! وربما تصبح البوليمرات الموصلة عناصر أساسية من عالم الإلكترونيات الجزيئية المستقبلي، وربما نحن على أعتاب ثورة تكنولوجية جديدة يمكن أن ندعوها ثورة الإلكترونيات البوليمرية.