

آفاق تطوير البوليمرات الموصلة وتطبيقاتها

احمد محمود عبد اللطيف

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

Email: abdullettif@yahoo.com

الخلاصة

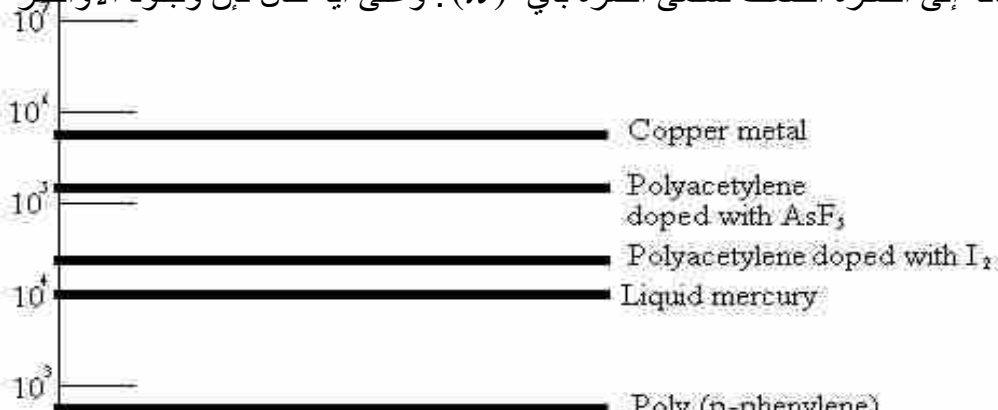
من المعروف ان البوليمرات هي مواد عازلة للكهربائية ، ولكن هذه الصورة قد تغيرت بعد الاكتشاف الذي تقدم به كل من هيغر (Heeger) وماكديارميد (MacDiarmid) وشيراكاوا (Shirakawa) الذين توصلوا الى إمكانية تحويل المواد البوليمرية لتصبح موصلة جيدة للكهرباء شأنها في ذلك شأن المواد المعدنية ، وبينوا ان اكسدة البولي 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 ، مثل استخدام هذه المواد في تصنيع الدايمود الباعث للضوء (LED) بدلاً من أشباه الموصلات ، أو استعمال بولي اثيلين المحور كمضاد للكهربائية المستقرة في السجاد والمستخدم في تغليف أرضية الدوائر والمسارح ، واستخدامها في شاشات الكمبيوتر لحماية المشاهد من الإشعاع الكهرومغناطيسي. بالإضافة إلى إمكانية استعمال هذه المواد في تصنيع الخلايا الشمسية والهواتف النقالة وشاشات التلفزيون. إن هذه التطبيقات وغيرها تؤكد على أن هذا الاكتشاف يضاهي من حيث أهميته العلمية والتكنولوجية اكتشاف وتصنيع الليزر أو اكتشاف ظاهرة التوصيل الفائق أو استخدام أشباه الموصلات في الصناعات الإلكترونية. وفي هذا البحث سنحاول إلقاء الضوء على الأساس النظري لتفسير هذه الظاهرة وآفاق تطوير البوليمرات الموصلة وتطبيقاتها الواعدة في ميادين العلم والتكنولوجيا.

كلمات دالة: بوليمرات ، موصلة ، اكسدة ، تطبيقات.

المقدمة:

نحن نعرف أن البوليمرات هي مواد عازلة للكهربائية مما يؤدي إلى استعمالها في تغليف أسلاك التوصيل الكهربائي من أجل العزل. ولكن هذه الفكرة قد تغيرت على أثر الاكتشاف الذي حققه كل من هيغر (Heeger) وماكديارميد (MacDiarmid) وشيراكاوا (Shirakawa) والذين توصلوا إلى أن مادة بوليمرية هي البولي استيلين (polyacetylene) يمكن أن تصبح موصلة كالمعادن تقريباً. فقد اكتشف هؤلاء العلماء أن أكسدة البولي استيلين ببخار الكلور أو البروم أو اليود يجعل أغشيته ذات توصيلية كهربائية أكبر 10^9 مرة مما كانت عليه بالأصل [1]. إن المعاملة بالهالوجينات تسمى "التطعيم" على غرار التطعيم الذي يجرى لأشباه الموصلات. إن البولي استيلين المطعم له توصيلية كهربائية تبلغ 10^5 (أوم.م)⁻¹ والتي تعد كبيرة جداً إذا ما قورنت مع توصيلية البوليمرات، فعلى سبيل المثال تبلغ توصيلية التفلون (Teflon) 10^{-16} (أوم.م)⁻¹. ويظهر الشكل (1) سلم لوغارتمي للتوصيلية الكهربائية لعدد من البوليمرات [2].

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 σ (conductivity) بالإضافة إلى أصرة أضعف تسمى أصرة باي (π). وعلى أية حال فإن وجود الأواصر



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

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. وتستعمل البوليمرات الموصلة اليوم لعدد كبير من التطبيقات الهامة، مثل مانعات التآكل (corrosion inhibitors) والمتسعات المدمجة (compact capacitors) والتدريع الكهرومغناطيسي للحواشيب وفي النوافذ الذكية (smart windows) التي لها القابلية على التحكم بمقدار الضوء المسموح له بالنفاذ. بالإضافة إلى استعمال البوليمرات الموصلة في صناعة الترانزستورات والثنائيات الباعثة للضوء والليزرات المستعملة في شاشات التلفزيون المستوية، والخلايا الشمسية. ومما يعزز التطبيقات المتنامية للبوليمرات الموصلة هو رخص ثمنها ووفرته وسهولة تصنيعها بالأشكال المطلوبة. وسنفصل أهم تطبيقات البوليمرات الموصلة وأفاقها المستقبلية بالإضافة إلى التفسير العلمي لهذه الظاهرة في الفقرات اللاحقة، ولكننا سنبدأ من حيث ينبغي أن يبدأ.

قصة اكتشاف البوليمرات الموصلة

قد تعود بداية اكتشاف البوليمرات الموصلة إلى عام 1862 حيث تمكن لثبي (Letheby) من إنكلترا، بواسطة الأكسدة الأنودية للأنيلين (aniline) في حامض الكبريتيك، من الحصول على مادة موصلة جزئياً والمرجح أنها مادة البولي أنيلين (polyaniline). وفي بداية السبعينات من القرن الماضي وجد أن المادة البوليمرية غير العضوية $(SN)_x$ تصبح فائقة التوصيل في درجة حرارة واطئة (0.26 كلفن). وقد عرف عن عدد من المركبات العضوية الموصلة أنها تصبح فائقة التوصيل بحدود 10 كلفن، كذلك التي اكتشفت من قبل بيجارد (Bechgaard) من الدانمارك وجروم (Jerome) من فرنسا.

وعلى أية حال فإن البولي استيلين هي المادة البوليمرية الموصلة التي فتحت آفاقاً رحبة في هذا المضمار من البحث العلمي [3-5] ولمزيد من التفاصيل عن ذلك يمكن مراجعة المقالة التي كتبها فيست (Feast) وجماعته [6] أو المقالة التي كتبها كاناتزيدس (Kanatzidis) [7]. فقد تمكن ناتا (Natta) وجماعته من تحضير البولي استيلين عام 1958 ببلمرة الاستيلين في

الهكسان (hexan) باستعمال مادة $\text{Et}_3\text{Al}/\text{Ti}(\text{OPr})_4$ كمادة محفزة، وكانت المادة الناتجة عالية التبلور وذات تركيب منتظم كما كانت سوداء اللون وحساسة للهواء وغير قابلة للانصهار والذوبان. وفي بداية السبعينات طور شيراكاوا وجماعته [3] هذه الطريقة لتحضير أغشية منتظمة من البولي استيلين، وكانت توصيلية المادة المحضرة بحدود 10^{-2} (أ.م.م)¹⁻.

في عام ١٩٧٥ كان البروفيسور هيغر والبروفيسور ماكديارميد يتعاونان لدراسة الخواص المعدنية للبوليمر غير العضوي $(\text{SN})_x$ ولكن هذين العالمين وجها اهتمامهما إلى البولي استيلين بعد التقاء ماكديارميد بشيراكاوا في طوكيو. وخلال زيارته إلى جامعة بنسلفانيا تمكن شيراكاوا من تنقية عملية البلمرة للبولي استيلين، في حين حاول ماكديارميد تحويل طريقة تحضير البولي استيلين بمعاملته باليود. وكان شيراكاوا وايكدا (Ikeda) قد لاحظا أن معاملة أغشية البولي استيلين الفضية بالبروم أو الكلور يقلل من نفاذيتها للأشعة تحت الحمراء دون تغيير اللون، مما يشير إلى زيادة التوصيلية الكهربائية. ولهذا فإن ماكديارميد استعان بهيغر والذي قاس في مختبره توصيلية مادة الترانز بولي استيلين (trans-polyacetylene) فوجدها تساوي 3000 (أ.م.م)¹⁻ وهي أكثر بحوالي عشرة ملايين مرة من المادة غير المعاملة. وقد نشر بحث بهذا الخصوص عام ١٩٧٧ [1]. وبعد ذلك تم تطوير هذه التقنية ونشرت في بحثين عام 1977 [4] وعام 1978 [5]. تلا ذلك إجراء تجارب مثيرة بهذا الخصوص، حيث تمكن شيراكاوا من السيطرة على نسبة أواصر السز-ترانز (cis-trans) المزدوجة بواسطة الأكسدة باليود والتي تؤدي إلى الحصول على بولي استيلين خالٍ من العيوب وذو درجة عالية من التوجيهية. وقد وجد أن تطعيم السز بولي استيلين بمادة (AsF_5) تؤدي إلى زيادة التوصيلية بمقدار 10^{11} مرة. إن التوصيلية الكهربائية العالية التي توصل إليها كل من هيغر وماكديارميد وشيراكاوا دشنت مجاًلاً علمياً وتكنولوجياً جديداً وهو ما يسمى "إلكترونيات البلاستيك".

ومنذ بداية الثمانينيات من القرن الماضي درست بوليمرات موصلة أخرى تتضمن البولي بايرونول (polyparrole) وبولي ثايوفين (polythiophene) وبولي فنيلفينيلين (polyphenylenevinylene) وبولي انيلين (polyaniline). ويبقى البولي استيلين هو المادة البوليمرية الموصلة الأكثر تبلوراً ولكنه ليس الأول على الصعيد التجاري، وذلك لأنه سهل التأكسد بالأوكسجين في الهواء وهو حساس للرطوبة. في حين يمتاز كل من البولي بايرونول والبولي ثايوفين بإمكانية تصنيعها مباشرة بالهيئة المطعمة كما أنها أكثر استقراراً في الهواء، وعلى الرغم من أن توصيلية هاتين المادتين تبلغ 10^4 (أ.م.م)¹⁻ إلا أن هذه القيمة كافية لعدد كبير من الأغراض التطبيقية.

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 هيجر وماكديارميد وشيراكاوا على التكنولوجيا المعاصرة:
١. البولي أنيلين 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 فاينيلدين) (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 (بايرون) (poly (pyrrole): اختبر كطلاء لامتصاص الأشعة المايكروية وخاصة في طائرات الشبح التي لا تكشف بالرادار، وكذلك كطبقات رقيقة فعالة في أجهزة التحسس المختلفة.
- أما التطبيقات الممكنة الأخرى فتتضمن تصنيع المتسعات العملاقة والمتسعات الإلكترونية، كما أن عدداً من البوليمرات الموصلة مثل البولي أنيلين أظهرت مدى واسعاً من الألوان، وهذه الخواص التلونية الكهربائية يمكن أن تستعمل على سبيل المثال فيما يسمى بالنوافذ الذكية التي لها القابلية على امتصاص أشعة الشمس في الصيف. وميزة البوليمرات على البلورات السائلة هنا هي أن البوليمرات يمكن تصنيعها كصفائح كبيرة وأنها ذات مدى زاوي واسع للرؤية، وعلى الرغم من بطئ استجابتها في هذا المجال إلا أنها تستخدم في كثير من التطبيقات.

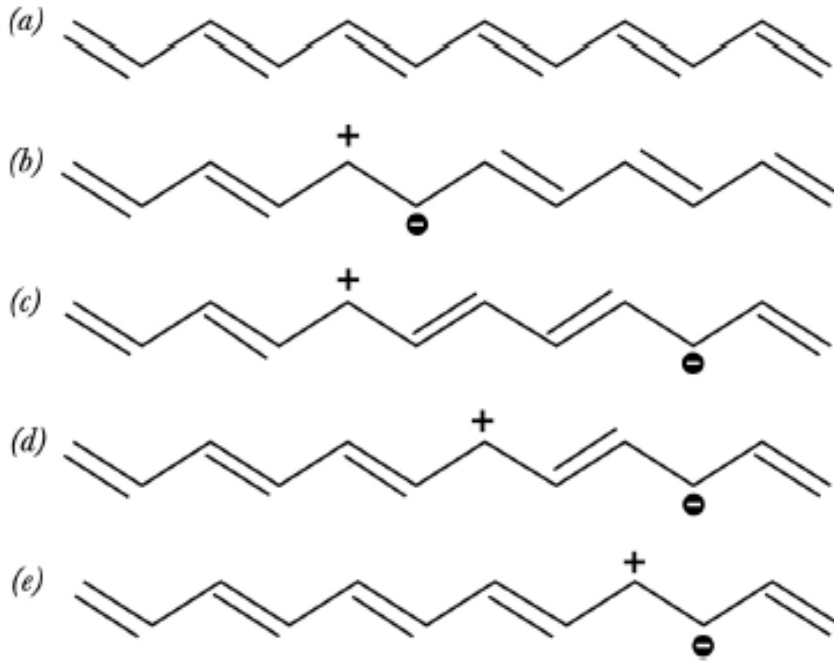
تفسير ظاهرة البوليمرات الموصلة

تعزى التوصيلية الكهربائية العالية في المعادن إلى تواجد كثافة عالية من الإلكترونات الضعيفة الارتباط بالذرات، وهذه الإلكترونات الحرة يمكن أن تتحرك بسهولة من ذرة إلى أخرى تحت تأثير المجال الكهربائي المسلط، مما يسبب مرور تيار كهربائي. وتبلغ توصيلية النحاس مثلاً حوالي 10^8 (أوم.م)⁻¹.

وبصورة عامة فإن التوصيلية الكهربائية للمواد تتحدد اعتماداً على قيمة فجوة الطاقة بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل، ففي المعادن تكون هذه الفجوة ذات قيمة قريبة من الصفر وبهذا فإن مجالاً كهربائياً ضعيفاً يكون كافياً لجعل الإلكترونات تتحرك مولدة تياراً كهربائياً. أما في أشباه الموصلات فإن قيمة فجوة الطاقة هي بحدود 1 إلكترون فولت، ولذلك يمكن بتأثير التهييج الحراري أو بالتطعيم الحصول على إلكترونات حرة في حزمة التوصيل وفجوات متحركة في حزمة التكافؤ تسهم بالتوصيل الكهربائي. ولكن قيمة فجوة الطاقة في العوازل تبلغ أكبر من 6

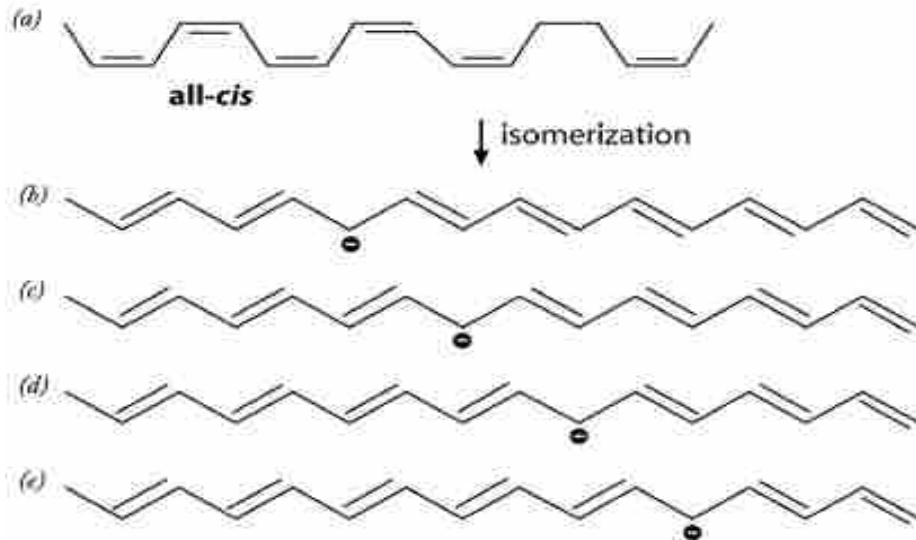
إلكترون فولت، ولذلك يصبح من العسير جداً نقل إلكترونات إلى حزمة التوصيل، ولهذا يكون التوصيل الكهربائي في هذه الحالة ضعيفاً جداً.

أما آلية التوصيل الكهربائي في البوليمرات الموصلة فإنها تتحقق بشرطين هما: وجود الأواصر الثنائية المقترنة (conjugated) وإجراء 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 تحررية عالية في سلسلة البولي استيلين مما يسبب نقل الشحنة كما في الشكل (2)، ويتطلب ذلك درجة تطعيم عالية.



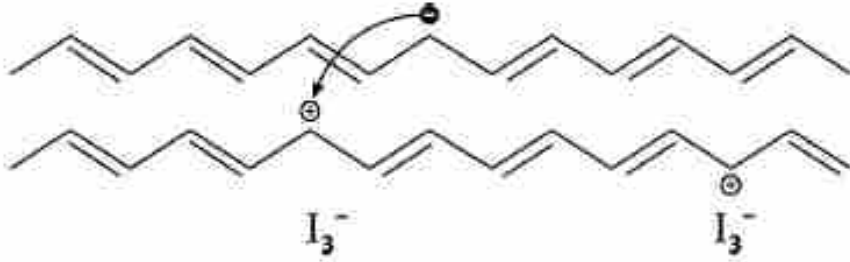
الشكل (2): الجذر الحر الموجب أو البولارون المتكون من إزالة إلكترون واحد من ذرة كربون، مع بيان لحركة هذا البولارون.

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 تحلل سلسلة بولي استيلين من الألفا ثنائي أكسيد سيليكوناً وهذا هو



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

وهناك آلية مقترحة لتفسير التوصيلية الكهربائية في البوليمرات وهي التي يوضحها الشكل (4)، حيث أن الإلكترون هنا يقفز بين حالتين موضعيتين لسلاسل بوليمرية متجاورة. وهناك نظريات أخرى لتفسير ظاهرة البوليمرات الموصلة.



الشكل (4): 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 الكهربائية 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 [8].

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 باللتصاق جيد وأنها تتمدد حرارياً بنفس النسبة للأغلفة البلاستيكية وبإمكانية تصنيعها بأي سمك مطلوب [9].

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

٤. بسبب الموائمة البايولوجية لبعض البوليمرات الموصلة فإنها تستعمل لنقل إشارات كهربائية ضعيفة خلال جسم الإنسان، أي أنها تعمل كأعصاب صناعية. وهناك طموح لمحاكاة الدماغ البشري بهذا الأسلوب [10]، 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 100 مايكروثانية، وبعدد هائل من دورات التشغيل يبلغ 10 ملايين مرة [11].
 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 بايرونول للكهربائية تزداد بوجود غاز مختزل مثل الأمونيا وتقل بوجود غاز مؤكسد مثل ثنائي أوكسيد النايتروجين [12]. وهناك نوع آخر من المتحسسات يسمى المتحسسات البايولوجية، الذي يستفيد من قابلية اليود الثلاثي لأوكسدة 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 [13].
 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 نيكول-كادميوم المستعملة حالياً. فالبطاريات البوليمرية مثل خلية بولي بايرونول-ليثيوم تعمل بأوكسدة واختزال البوليمر، فخلال الشحن فإن البوليمر يؤكسد الأيونات السالبة في المحلول الإلكتروليتي وبالتزامن فإن أيونات الليثيوم في المحلول الإلكتروليتي تترسب على سطح الليثيوم. وخلال التفريغ فإن الإلكتروليتات تزال من الليثيوم مسببة دخول أيونات الليثيوم إلى الإلكتروليت والمرور عبر الحمل والبوليمر المؤكسد، أما المواقع الموجبة على البوليمر فإنها تختزل محررة أيونات سالبة إلى الإلكتروليت [14].
 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 [15].
 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 [16].
 ١١. هناك تطبيق مهم وواعد وهو استعمال البوليمرات الباعثة للضوء في الكمبيوتر 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 والتحقيق، يُبَيِّح 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 200 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.

المراجع

- [1] H. Shirakawa, E.J. Louis, A.G. MacDiarmid, C.K. Chiang and A.J. Heeger, J. Chem Soc Chem Comm, 1977, 579.
- [2] C. Pratt, Applications of conducting polymers, Internet site, homepage.dtn.ntl.com/colin.pratt/applcp.htm, 2002.
- [3] T. Ito, H. Shirakawa and S. Ikeda, J. Polym. Sci., Polym. Chem. Ed. 12, 1974, 11-20.
- [4] C.K. Chiang, C.R. Fischer, Y.W. Park, A.J. Heeger, H. Shirakawa, E.J. Louis, S.C. Gau and A.G. MacDiarmid, Phys. Rev. Letters, 39, 1977, 1098.
- [5] C.K. Chiang, M.A. Druy, S.C. Gau, A.J. Heeger, E.J. Louis, A.G. MacDiarmid, Y.W. Park and H. Shirakawa, J. Am. Chem. Soc., 100, 1978, 1013.
- [6] W.J. Feast, J. Tsibouklis, K.L. Pouwer, L. Gronendaal and E.W. Meijer, Polymer, 37, 1996, 5017.
- [7] M.G. Kanatzidis, Chem. Eng. News, 3, 1990, 36.
- [8] J. Margolis, Conductive Polymers and Plastics, (Chapman and Hall, 1989) 121.
- [9] J. Margolis, Conductive Polymers and Plastics, (Chapman and Hall, 1989) 120.
- [10] L. Alcacer, Conducting Polymers Special Applications, (D. Reidel Publishing Company, 1987) 5.
- [11] W.R. Salaneck, D.T. Clark and E.J. Samuelsen, Science and Application of Conducting Polymers, (IOP Publishing, 1991) 55.
- [12] L. Alcacer, Conducting Polymers Special Application (D. Reidel Publishing Company, 1987) 192.
- [13] J. Margolis, Conductive Polymers and Plastics, (Chapman and Hall, 1989) 121.
- [14] J. Margolis, Conductive Polymers and Plastics, (Chapman and Hall, 1989) 33.
- [15] W.R. Salaneck, D.T. Clark and E.J. Samuelsen, Science and Application of Conducting Polymers, (IOP Publishing, 1991) 52.
- [16] BBC TV, Tomorrow World, 1997.

Outlook of Conductive Polymers Development and their Applications

Ahmed M. Abdul-Lettif

College of Science, Babylon University, Hilla, Iraq, P.O. Box 4

Email: abdullettif@yahoo.com

ABSTRACT

It is well known that polymers are insulators. However, this idea has been changed after the discovery of Heeger, MacDiarmid and Shirakawa who have found that polymers can be reproduced to be conductive almost like metals. They have showed that oxidation of polyacetylene with chlorine, bromine or iodine made polyacetylene 10^9 times more conductive than it was originally. Accordingly, these scientists have won the 2000 Nobel Prize in chemistry. This discovery has opened promising fields in science and technology, such as the use of these materials in the fabrication of light emitting diode instead of the semiconductors, or as anti-static substances for photographic films for computer screen against electromagnetic radiation. In addition, conductive polymers have been used in the fabrication of solar cells, mobile telephone and television screens. These applications and others confirm that this discovery is as important as the discovery and design of Laser or the discovery of the superconductivity phenomenon or the use of semiconductors in electronic industry. In this paper, the theoretical bases to interpret this phenomenon and the outlook of conductive polymers development and their promising applications in the science and technology fields are described.

Keywords: polymers, conductive, oxidation, applications.