

الخصائص الكهربائية للأغشية المشوبة بأسود الكربون لبولي بارا-امينو بنزلهيد (ppab)

شيماء عبد العالي مخيف

سناء سالم نجم

د. محمد حامد سعيد

مدرس مساعد

مدرس

وزارة التربية

جامعة بابل

جامعة بابل

كلية التربية الأساسية

كلية التربية الأساسية

الخلاصة

تضمن هذا البحث جزئين ، في الجزء الأول تم التعرف على معلومات نظرية عامة عن البوليمرات ومعلومات خاصة عن البوليمر قيد الدراسة و اسود الكربون والنسب الوزنيه المضافة . وفي الجزء الثاني تم دراسة الخواص الكهربائية للبوليمر قبل إضافة اسود الكربون وبعده وتأثير هذه الإضافة في التوصيلية الكهربائية وقد بينت الدراسة أن إضافة اسود الكربون إلى مصفوفة البوليمر يعمل على زيادة التوصيلية الكهربائية ، كما تبين أن للتشويب اثر واضح في تحسين الخصائص الكهربائية بالنسبة لبوليمر (بولي بارا- أمينو بنزلهيد) وهو من البوليمرات الخطية.

Electrical properties of doping mesentery by carbon black for (ppad)

Abstract:-

This paper included two parts , in the first part we can study general theoretical information about polymers and special information about (ppab) and carbon black and addition weighting percentages .

In the second part we can study the electrical properties of the polymer (ppad) before and after we adding the carbon black and the effect of these adding on the electrical conductivity of (ppad)

Study showed effect of doping on the electrical properties of (ppad). The addition of carbon black to the matrix of (ppad) caused increase in electrical conductivity of (ppad)

المقدمة

لقد اكتسبت المواد البوليمرية في الأعوام الأخيرة شهرة كبيرة وذلك لتطبيقاتها الواسعة في مجالات الحياة المختلفة ومنها الطبية والهندسية والصناعية ، ويعود السبب في ذلك لامتلاك البوليمر خصائص فريدة من نوعها تضمن سهولة التعامل معها صناعيا ، كما انه تمتلك مدى واسع من الخصائص البصرية والكهربائية والميكانيكية والتي يمكن التحكم بها عن طريق أجراء بعض المعالجات الفيزيائية والكيميائية المختلفة، إضافة إلى رخص ثمنها بالمقارنة مع

المواد الغير عضوية والتي تكون المواد البوليمرية بديلا عنها (Chiang C .K. , *et.al* ,Lee R.H *et.al* 2008) (1978)

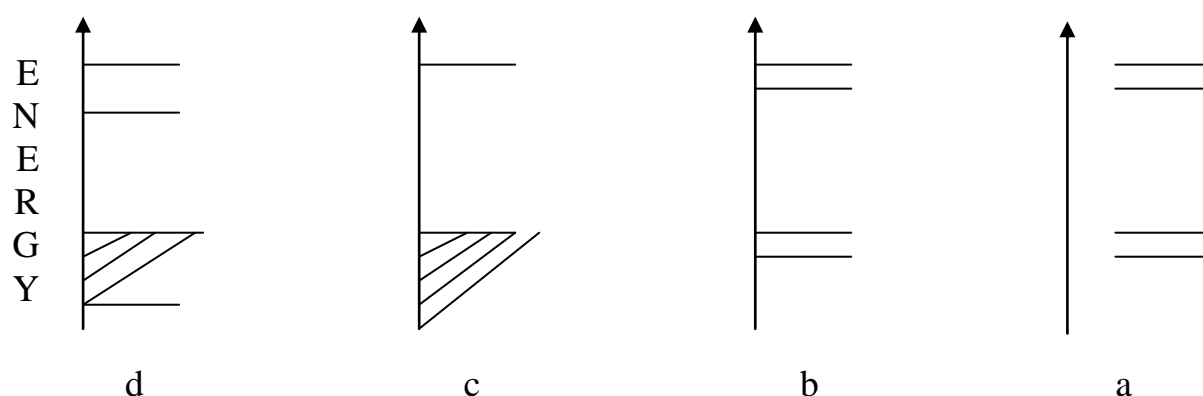
بينت الدراسات التي أجريت في فترة السبعينيات إمكانية الحصول على مواد بوليمرية موصلة كهربائيا وذلك من خلال اكتشاف البولي استلين المشوب في عام ١٩٧٧ والذي يبدي توصيلية معدنية إضافية إلى شبك الموصل من نوع n أو p (Li Chen , *et.al* 2000 , Serin M. *et.al* 2006)

لقد أثبتت الدراسات السابقة أن زيادة التوصيل الكهربائي تعتمد بصورة كبيرة على نسبة الشوائب المضافة ودرجة الحرارة وكذلك على المجال المسلط (Addamo M., *et.al* 2008 , Holloway J.H. and Billand D., 1983)

الخصائص الكهربائية للبوليمر

بالرغم من أن البوليمرات تتواجد بشكل تركيب بلوري أو غير بلوري ألا أنه لا يمكن اعتبارها بلورات تساهمية كما هو معروف في الحالة الصلبة، أن الفرق الأساسي بين البلورات الموصلة والشريط الموصلة هو في مقدار التوصيلية الكهربائية إضافة إلى طبيعة تغير التوصيلية مع درجة الحرارة ، فقد وجد أنه عند زيادة درجة الحرارة يؤدي إلى تقليل التوصيلية الكهربائية بالنسبة للبوليمرات الموصلة وذلك بسبب زيادة التصادمات بين حاملات الشحنة المتحركة مع التركيب الشبكي للبوليمر وبذلك تقل حركة الشحنات ، بينما في البوليمرات الشبه موصلة فتزداد توصيلية البوليمر مع زيادة درجة الحرارة بسبب زيادة تركيز وحركة حاملات الشحنة المتحركة . (Srivastava A.p. and Sinh H.C.) (1989)

يمكن وصف التركيب الحزمي لمستويات الطاقة الالكترونية المسموحة الممكن تشيدها لذرات السليكون القوية ذات الأصرة التساهمية بكونها مستويات واسعة بسبب قوة التفاعل بين الذرات وكما مبين في الشكل رقم (١). (Banimahd keiv M., *et.al* 2010)



شكل رقم (١) الانتقال من المواد ذات التنظيم البلوري إلى المواد العشوائية
(a) تنظيم تساهمي (b) لاتتنظيم تساهمي (c) تنظيم جزئي (d) لاتتنظيم جزئي

أما في البوليمرات الجزيئية فيكون التفاعل داخل الجزيء قويا وتكون الأواصر ذات تركيب حزمي بينما يكون التفاعل بين الجزيئات ضعيفا وعلي تكون المسافة بين الجزيئات كبيرة وأن حزم الطاقة تكون ضعيفة. توجد ثلاثة مستويات من التراكيب في المواد البوليمرية يتضمن المستوى الأول التركيب الكيميائي الأساسي حيث يعين هذا التركيب الوحدة المونمرية وسلوك البوليمر وبالأخص تنظيمها خاصا لوحدات البوليمر الأساسية داخل جزيئات البوليمر المجهرية (Microstructure). أما المستوي الأخير فيشمل الترتيب الخاص لسلاسل البوليمر في حالته العيانية (Microstructure) وكذلك فإن الشروط التالية (الحرارة- المذيب- معدل التبريد- معدل التبخر) التي تنتج عندها المادة تكون عوامل أولية تؤثر في طبيعة سطح البوليمر.

المضافات Additives

أن فكرة استخدام المضافات هي فكرة يعود تأريخها إلى تأريخ استخدام المواد البوليمرية نفسها . فقد كان الغرض الرئيسي هو تغير الخواص الفيزيائية المختلفة : وقد مرت هذه التكنولوجيا بسلسلة من التطورات صممت خلالها العديد من الأدوات التي تقوم بعملية مزج هذه المضافات مع البوليمر (Skotheim T.A., 1986) ، تشمل المضافات الأنواع التالية :-

١ -الأصباغ المستخدمة في عملية الطلاء

٢ -الغازات المستخدمة كمواد مصلبة

٣ -مواد قابلة للتأكسد

٤ -الملدنات المستخدمة في زيادة مرونة البوليمرات

٥ -مواد موصلة

أن للمضافات تأثير واضح على الخواص المختلفة للبوليمرات حيث تعمل على زيادة كل من قوة الشد ومعامل المرونة ومقاومة الحك ومقاومة البوليمر للتعبية وكذلك زيادة الصلابة. يتم بناء المواد البوليمرية المركبة من إدخال هذه المضافات مع البوليمر نفسه وبطرق مختلفة حيث تعتمد قوة هذه المركبات على الأواصر البينية التي تربط بين أجزاء المركب وفي هذا البحث تم التركيز على اسود الكربون

اسود الكربون

يعد اسود الكربون من أهم المائات التي تعد من احد أصناف المضافات ويستخدم اسود الكربون بالأساس كحشوه تقوية للمطاط وزيادة صلابته وثباته تجاه الأشعة فوق البنفسجية وكذلك في طلاء الأصباغ حيث يكون بها اللون الأسود مطلوبا وكذلك ما يتمتع به اسود الكربون من خاصية التوصيل الكهربائي العالي فان تضمينه مع البوليمرات العازلة قد أضاف بعدا آخر على أهمية المواد البوليمرية في مجال استعمالها في التطبيقات الكهربائية والإلكترونية حيث توصلت البحوث الحديثة إلى إمكانية الزيادة والتحكم في مدى التوصيلية الكهربائية للمواد البوليمرية العازلة (Al chaim , 1998).

أن إمكانية التوصيل الكهربائي في البوليمرات المتضمنة اسود الكربون تعود إلى مركبة حاملات الشحنات الحرة والمنقلة عبر ذرات ومجاميع اسود الكربون . يمتلك اسود الكربون خصائص لمنح الشحنة الاستاتيكية وخواص

التوصيل لأنظمة البوليمرات المطاوعة للحرارة وقد شاع استخدام المركبات المتضمنة أسود الكربون في صناعة الوابرات القابلات كبدائل موصلة معدنية وبنفس الوقت كحاجب عازل في القابلات ذوات الفولتية العالية .

أن من أهم العوامل التي لها الدور الأساسي والمهم في التأثير على الخصائص الكهربائية للمواد المتضمنة الكربون هي :-

حجم الدقائق المضافة :- حيث وجد أن المائات ذوات الدقائق الصغيرة تؤثر تأثيرا اكبر على زيادة معامل التوصيل الكهربائي من المائات ذوات الدقائق الأكبر حجما ويعود السبب إلى زيادة مساحتها السطحية والى ضعف قوى الارتباط بينها وبين البوليمر .

درجة مسامية الدقائق :- الشكل الهندسي للدقائق سواء كانت بهيئة مسحوق أو تراكيب طويلة أو قرصي أو غيرها ويتركب اسود الكربون من دقائق صغيرة تندمج مع بعضها البعض لتشكل تجمعات عقدية وقد تتصل هذه العقد مع بعضها البعض في اغلب الأحيان أثناء انتشار اسود الكربون في عملية التصنيع (Skotheim T.A., 1986).
أن من أهم العوامل التي تؤثر على المسافة بين تجمعات اسود الكربون في البوليمر هي حجم الدقائق الأولية ومسامية الدقائق وتركيب أو شكل التجمعات. يبي الجدول رقم (١) بعض الخواص الفيزيائية لأسود الكربون

جدول رقم(١) بعض الخواص الفيزيائية لأسود الكربون

ت	الخواص	اسود الكربون الناتج من الفرن		اسود الكربون الحراري	اسود الكربون ذو القنوات (المسامات)
		Ketsen black EC	معدل متوسط التنشيط ISAF	المتوسط الحراري (MT)	
١	المسافة السطحية (M^2/gm)	١٠٠	١٢٠	٨	---
2	حجم الدقائق A^0	٣٠٠	٢٢٠	٥٠٠٠	٢٤٠
3	حجم المسامية ($ml/100mg$)	٣٤٠	١٢٥	٣٣	---
4	النسبة المتطايرة	١٠٠	٢٠٠	٠.٥	---
5	الأس الهيدروجيني (pH)	٩.٥	٧	٨	---

ومما يجب الإشارة إليه هو أن النوع الثاني المعروف بأسود الكربون الحراري لا يستخدم في الط بقات التي يتطلب فيها زيادة التوصيل الكهربائي بل يكثر استخدامه في تطبيقات الأصباغ لان الأوكسجين الممتز على سطحه يقلل من توفر وحركة الالكترونات وبالتالي نحصل على طبقة من الكربون الأسود ذات ثابت عزل وطى وقليل التوصيل .

التشويب في البوليمرات

أن اكتشاف فكرة إمكانية زيادة التوصيل الكهربائي في البوليمرات بعد تعريفها إلى بعض المعالجات الفيزيائية أو كيميائية المختلفة قد حظي باهتمام كبير في مجال التطور لعلم البوليمرات والذي أضاف بعداً آخر في مجال استخدام المواد البوليمرية في الصناعات المختلفة وخصوصاً في التطبيقات الكهربائية والإلكترونية بعد أن كان استخدامها مقتصرًا على الاستفادة من صفة العزل العالي فعلى سبيل المثال تم تحسين زيادة التوصيل الكهربائي للبوليمر بولي استلين من $1.7 \times 10^{-9} \text{ (}\Omega \cdot \text{Cm)}^{-1}$ إلى $235 \text{ (}\Omega \cdot \text{Cm)}^{-1}$ عن تشويب بمادة (TeF_6) والى $180 \text{ (}\Omega \cdot \text{Cm)}^{-1}$ تشويب بمادة (SeF_6) .
أن المبدأ الأساسي في زيادة التوصيلية الكهربائية هو زيادة كل من تركيز الحاملات n أو μ أو التحريك μ أو كلاهما معا حيث ترتبط كل من μ و q و n بالعلاقة التالية حيث أن q شحنة الإلكترون.

$$\delta = N \times q \times \mu \quad \dots\dots\dots(1)$$

تختلف البوليمرات في قابليتها على تقبل نسبة الشوائب لكل بوليمر نسبة إشباع معينة تعتمد على مجموعة من العوامل التي تخص كل من الخواص التركيبية والطريقة المستخدمة في التشويب.
تتم عملية التشويب بأطوار مختلفة تتنوع من حيث معاملة المادة الشائبة مع مادة البوليمر الأصلية فقد يكون التشويب عن طريق إضافة نسبة وزنيه من المادة الشائبة الصلبة إلى البوليمر الصلب أو إضافة محاليل المادة الشائبة بنسب حجمية إلى محلول البوليمر أو عن طريق تعريض مادة البوليمر إلى بخار المادة الشائبة.
يمكن تقسيم عمليات التشويب إلى نوعين أساسيين هما الطريقة الكيميائية والطريقة الكهروكيميائية . في الطريقة الكيميائية تضاف المادة الشائبة أو بخارها إلى محلول البوليمر حيث تتم عملية الأكسدة والاختزال ويكون ناتج عملية الأكسدة فقدان إلكترون من مصفوفة البوليمر وترك فجوة لذلك يسمي هذا النوع من البوليمر بنوع (p-type) أما ناتج الاختزال فيكون إضافة إلكترون إلى مصفوفة البوليمر وجعله من نوع (n-type).
أما الطريقة الكهروكيميائية فتتصف بتجانس المادة الشائبة داخل غشاء البوليمر أثناء عملية بلمرته على القطب العامل ويمكن السيطرة على درجة التشويب من خلال التحكم بعوامل الترسيب من تيار وزمن الترسيب وتركيز المحلول الإلكتروني .

الجزء العملي

تحضير البوليمر

تم تحضير البوليمر قيد الدراسة من تكثيف البولي بارا-امينو بنزليدهايد مع البنزين ، وذلك من تفاعل مول واحد من البولي بارا-امينو بنزليدهايد مع (٠,٠٠١) مول من البنزين مع إضافة قطرات من حامض الفورميك (عامل مساعد)

١ . يبين الجدول رقم (٢) مواصفات اسود الكربون المجهز من شركة (Mert-Germany)

جدول رقم (٢) مواصفات اسود الكربون المجهر شركة من (Mert-Germany)

ت	الخاصية	القيمة
١	قيمة معامل قياس السوادية	٦٤
2	شدة أو درجة التظليل أو اللون	٠.٨٦
3	امتصاص الزيت	١٠٠/ ٨٨٠ gm
4	المحتويات المتطايرة	5%
5	أقصى قيمة للرطوبة	6%
6	المستخلص بالأسيتون	0.3%
7	الرماد في المسحوق	0.02%
8	المتبقي في المنخل	0.05%
9	الكثافة الحجمية	0.13g/ml
١٠	معدل حجم الدقيقة	130 ⁰ A

٢- تشويب البوليمر بأسود الكربون

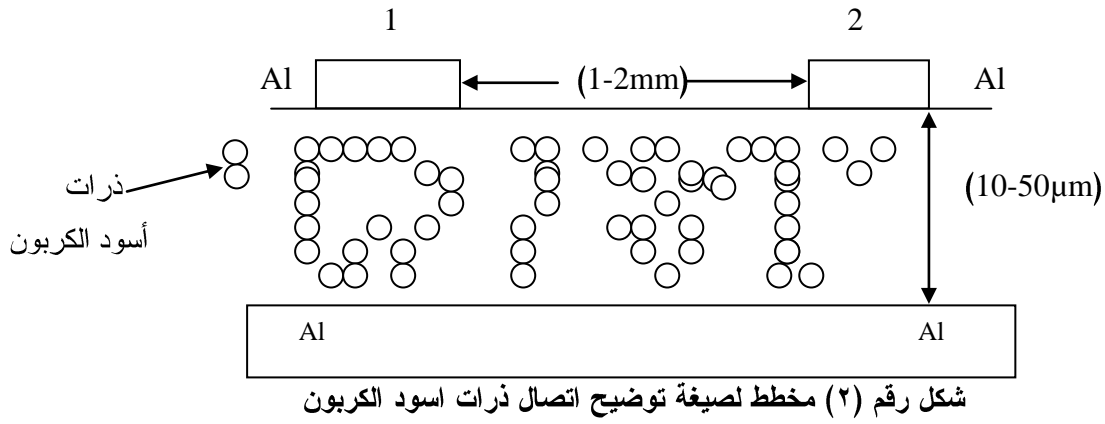
تمت عملية تشويب البوليمر بأسود الكربون وذلك بإضافة نسب وزنيه مختلفة من اسود الكربون إلى البوليمر وكما مبين في الجدول رقم (٣) .

جدول رقم (٣) النسب الوزنيه المضافة من اسود الكربون إلى نماذج البوليمر

رقم النموذج	النسب الوزنيه المضافة
١	٠.١٩
2	٠.٢٦
3	٠.٣٨

الخصائص الكهربائية للبوليمر المشوب بأسود الكربون يجب التتويه انه في هذا الجزء من الدراسة أن النماذج المحضرة قد قيست لها التوصيلية الكهربائية السطحية فقط وذلك لصعوبة أو تعذر إجراء قياسات التوصيلية الكهربائية الحجمية وذلك بسبب طبيعة دقائق أسود الكربون .

يمثل الشكل رقم (٢) مخطط توضيحي لعينة البوليمر موضحة عليها أقطاب القياس وقنوات الاتصال الموصولة من تراصف ذرات الكربون



جدول رقم (٤) يوضح ميزة (التيار - الفولتية) ألقاسه عند درجة حرارة المختبر لنموذج رقم (١) المشوب بتركيز ٠.٢ عند الامتياز بين الأمامي والعكسي

الفولتية (Volt.)	التيار (Amp.)
5	2
10	5
20	7
30	11
40	14
50	17
60	21
70	25
80	28

جدول رقم (٥) يوضح ميزة (التيار - الفولتية) ألقاسه عند درجة حرارة المختبر لنموذج رقم (٢) المشوب بتركيز ٠.٢٩ عند الامتياز بين الأمامي والعكسي

الفولتية (Volt.)	التيار (Amp.)
5	2
10	6
20	10
30	14
40	18
50	24
60	28
70	32
80	36

جدول رقم (٦) يوضح ميزة (التيار - الفولتية) المقاسه عند درجة حرارة المختبر لنموذج رقم (٣) المشوب بتركيز ٠.٤١ عند الامتياز بين الأمامي والعكسي

الفولتية (Volt.)	التيار (Amp.)
0	2
10	4
20	6
30	8
40	10
50	12
60	14
70	16
80	18

جدول رقم (٧) يوضح ميزة (التيار - الفولتية) لنموذج رقم (١) ذو تركيز ٠.٢ المقاسه عند درجات حرارة مختلفة

عند درجة حرارة 263K		عند درجة حرارة 273K		عند درجة حرارة 315K		عند درجة حرارة 335K	
الفولتية	التيار $\times 10^{-14}$	الفولتية	التيار $\times 10^{-14}$	الفولتية	التيار $\times 10^{-14}$	الفولتية	التيار $\times 10^{-14}$
0	10	0	20	0	32	0	33
5	11	5	21	5	33	5	34
10	13	10	22	10	34	10	35
15	15	15	23	15	35	15	36
20	17	20	24	20	36	20	37
25	19	25	25	25	37	25	38
30	21	30	26	30	38	30	39
35	23	35	27	35	39	35	40
40	25	40	28	40	40	40	41

جدول رقم (٨) يوضح ميزة (التيار - الفولتية) لنموذج رقم (٢)

ذو تركيز ٠.٢٩ أَلَمَاسَه عند درجات حرارة مختلفة

عند درجة حرارة 335K		عند درجة حرارة 315K		عند درجة حرارة 273K		عند درجة حرارة 263K	
التيار × ١٠ ^{١٤}	الفولتية	التيار × ١٠ ^{١٤}	الفولتية	التيار × ١٠ ^{١٤}	الفولتية	التيار × ١٠ ^{١٤}	الفولتية
٣٢	0	31	0	20	0	10	0
٣٣	5	٣٢	5	٢١	5	12	5
٣٤	10	٣٣	10	٢٢	10	13	10
٣٥	15	٣٤	15	٢٣	15	14	15
٣٦	20	٣٥	20	٢٤	20	15	20
٣٧	25	٣٦	25	٢٥	25	16	25
٣٨	30	٣٧	30	٢٦	30	17	30
٣٩	35	٣٨	35	٢٧	35	18	35
٤٠	40	٣٩	40	٢٨	40	19	40

جدول رقم (٩) يوضح ميزة (التيار - الفولتية) لنموذج رقم (٣)

ذو تركيز ٠.٤١ أَلَمَاسَه عند درجات حرارة مختلفة

عند درجة حرارة 335K		عند درجة حرارة 315K		عند درجة حرارة 273K		عند درجة حرارة 263K	
التيار × ١٠ ^{١٤}	الفولتية	التيار × ١٠ ^{١٤}	الفولتية	التيار × ١٠ ^{١٤}	الفولتية	التيار × ١٠ ^{١٤}	الفولتية
٣٢	٣٣	31	٢٧	21	٠	١٦	٠
٣٣	٣٤	٣٢	٣٠	٢٣	5	٠	5
٣٤	٣٥	٣٣	٣١	٢٤	10	١٨	10
٣٥	٣٦	٣٤	٣٢	٢٥	15	١٩	15
٣٦	٣٧	٣٥	٣٣	٢٦	20	٢١	20
٣٧	٣٨	٣٦	٣٤	٢٧	25	٢٢	25
٣٨	٣٩	٣٧	٣٥	٢٨	30	٢٣	30
٣٩	٤٠	٣٨	٣٦	٢٩	35	٢٤	35
٤٠	٤١	٣٩	٣٧	٣٠	40	٢٥	40

يبين الجدول رقم (٤) ميزة التيار الفولتية أَلَمَاسَه عند درجة حرارة الغرفة العينة ذات تركيز (٠.٢) ويتضح من الجدول التماثل في حالة عكس فولتية الانحياز المسلطة على قطبي القياس والذي يشير إلى تحقيق صفة الاتصال الأو مي بين قطبي الألمنيوم والبولىمر المشوب. كما يبين الجدول (٥) و (٦) تحقيق صفة الانتقال الاومي للتركيزي الآخرين . كما تم قياس ميزة التيار والفولتية عند درجات حرارة مختلفة (٢٦٣، ٢٧٣، ٣١٥، ٣٣٥ درجة مطلقة) لجميع النماذج المبينة في الجداول (٧) و (٨) و (٩) حيث تشترك جميعها بتحقيق الخاصية الاومية عند الفولتيات الواطئة .

جدول رقم (١٠) يوضح تغير التوصيلية الكهربائية مع النسب
الوزنية لاسود الكربون عند درجات حرارة مختلفة

رقم النموذج	التوصيلية $10^{12} \times (S.Cm^{-1})$			
	عند درجة حرارة 263K	عند درجة حرارة 273K	عند درجة حرارة 315K	عند درجة حرارة 335K
١	١٣	٢٣	٣٤	٣٥
٢	٩	١١	٢٥	٢٩
٣	١٨	٢٥	٣٠	٣٨

يوضح الجدول رقم (١٠) تغير التوصيلية الكهربائية مع تركيز اسود الكربون يتمثل هذا السلوك عند درجات الحرارة المختلفة فعند درجة حرارة (263K) على سبيل المثال ولمدى التراكيز الواطئة تبدأ التوصيلية بالزيادة التدريجية مع زيادة التركيز يتبعها هبوط في التوصيلية الكهربائية مع زيادة التركيز .

يمكن تفسير تغير التوصيلية الكهربائية مع التركيز على الشكل التالي ، عند منطقة التراكيز الواطئة تعمل ذرات اسود الكربون الموزعة بصورة عشوائية على تكوين ممرات شبة موصلة من خلال التقارب بين ذرات اسود الكربون والتي تتم من خلالها تبادل حاملات الشحنة الحرة الأمر الذي يفسر زيادة التوصيلية مع التركيز . ويلاحظ أن زيادة اكبر للتركيز تعمل على تكوين عقد من ذرات اسود الكربون التي تتجمع بصورة عشوائية مؤدية إلى قطع السلاسل الموصلة وزيادة المسافات البينية بينها الأمر الذي يؤدي إلى هبوط التوصيلية مع زيادة التركيز ويستمر هذا الهبوط لغاية التركيز الذي يقابل عتبة النشاط والذي تبدأ عنده تجمعات اسود الكربون بتشكيل شبكة موصلة مستمرة تؤدي إلى هبوط المقاومة بصورة سريعة مع زيادة تركيز المائتات إلى أن تصل حد الإشباع

هذا التغير يكون مماثلاً عند جميع درجات الحرارة ، أن زيادة درجة الحرارة ربما تعمل على زيادة حركية مجاميع ذرات اسود الكربون التي تساعد على سرعة اصطافها بشكل عشوائي لتكوين ممرات موصلة للإلكترون التوصيل عبر السلاسل التي تؤدي إلى زيادة التوصيل الكهربائي هذه الزيادة تكون بطيئة إذا ما تم مقارنتها بالزيادة المماثلة للبولي اثلين المتضمن اسود الكربون والتي شجعت في استخدامه في التطبيقات الكهربائية.

1. Lee R.H. , Lai H.H. , Wang J.J. , Jeng R.J., and Lin J.J. 2008 ,Thin Solid Films 517,500-508
2. Chiang C .K., Shirakawa H., Louis E. J., and Macdiamid A. G. , 1978, J. Chem.Phys.69: 5098.
3. Serin M. ,Sakar D. ,Cankurtaran O. , and Karaman F. 2006 , J of Optoelectronics and Advanced Materilals,2006 Vol.8 ,No3 ,p 1308-1311
4. Li Chen ,2000 , Koree polymer Joumal , vol 8 , No.3 , 166-119.
- 5.Addamo M. , Augugliaro V. , Dipaola A. , Lopez E. G. , Loddo V. , Marci G. , and Palmisano L. , 2008 ,Thin Solid Films 516,3802-3807
6. Holloway J.H. and Billand D., 1983, J. Phys.Paris, C3,179.
- 7.Srivastava A.p. and Sinh H.C., 1989, Thin Soild Films 113, 251-256.
- 8.Banimahd keiv M. , Zare K. , Aghaie M. , Aghaie H. ,and Monajjemi M. , 2010 , Journal of Chemistry 7(1) , 105-110
- 9.Al chaim H.A.R, 1998," Fabrication and Study of Poly Pyrroel /n-Silicon (PPY/n-Si) diode, its "Applications as FET", M.S.C.thesis Basrah University Iraq.
- 10.Skotheim T.A., 1986, " Hand Book of Conducting Polymers" Marcet D ekker , N.Y., 1 ,567-570