

مطالعه رفتار الکتروشیمیایی فیلم پلی (α - نفتیل آمین) رسانا - الکتروفعال در محیط آبی

Electrochemical Behaviour of Electroactive/Conductive Poly(α -naphthylamine) in Aqueous Media

علی اکبر انتظامی ، سید مهدی گلایی، جهانبخش رفوف
دانشگاه تبریز، دانشکده شیمی

واژه‌های کلیدی:

پلیمرهای رسانا، پلی (α - نفتیل آمین)، الکتروپلیمرشدن، ولتامتری چرخه‌ای، مشتقات پلی آنیلین

چکیده

فیلمهای پلیمری الکتروفعال - رسانا از اکسایش ترکیبات بنزنی یا غیربنزنی و آروماتیکهای ناجور حلقه، به ویژه از مشتقات پیرول، تیوفن، آنیلین و غیره در سطح الکتروود تهیه می‌شوند. در پژوهش حاضر، تهیه فیلم پلی (α - نفتیل آمین) الکتروفعال - رسانا در محیط آبی حاوی پرکلریک اسید ۰/۲M و سولفوریک اسید ۲M در سطح الکتروودهای جامد مختلف نظیر پلاتین مسطح، طلای مسطح، زغال شیشه‌ای مسطح و صفحه پلاتین (۰/۵cm^۲) در محدوده ولتاژ ۰/۵۰۰ - تا ۰/۶۰۰V، نسبت به SCE بررسی شده است.

رفتار پلیمرها طی رشد زنجیر و بعد از تشکیل توسط ولتامتری چرخه‌ای نیز مورد مطالعه قرار گرفته است. اثر پارامترهای مختلف نظیر pH، دمای سنتز پلیمر، سرعت رویش پتانسیل و ماهیت الکتروود بر رفتار الکتروشیمیایی فیلمهای پلیمری حاصل نیز بررسی شده است.

مقدمه

کاربرد روزافزون پلیمرها و کوپلیمرها در صنایع و زندگی، باعث انجام تحقیقات و پژوهشهای گسترده‌ای در این زمینه شده است که در نهایت تهیه پلیمرهای دارای رسانایی الکتریکی را به دنبال داشته است. از این رو، دانشمندان و پژوهشگران زیادی در طی سالهای اخیر برای تهیه پلیمرهای رسانا که کاربردهای بسیار جالبی در صنایع دارند، به تلاش و پژوهش پرداخته‌اند.

برخی پلیمرهای رسانا علاوه بر ویژگیهای یک پلیمر خوب، از رسانایی الکتریکی نظیر فلزات نیز برخوردارند (تقریباً ۱-۱۰^۳ ohm^{-۱}.cm^{-۱}). از این رو، برای سنتز پلیمرهایی با رسانایی الکتریکی بیشتر از رسانایی الکتریکی مس و نقره، مطالعاتی صورت گرفته است [1]. در این راستا تعداد زیادی از مونومرهای آلی نظیر پیرول، تیوفن، استیلن، کاربازول، فنول، آنیلین، بنزن و ترکیبهای آروماتیک غیربنزنی نظیر

آزولن و پیرن کشف شده‌اند که از الکترو اکسایش آنها در سیستمهای الکتروشیمیایی مناسب پلیمرهای رسانا به دست می‌آیند [2,3].
پلیمر شدن الکتروشیمیایی شامل تولید یک مرکز انتشار از الکتروود محلول رسانای مونومر در یک توده مونومری یا در حلال قطبی مناسب می‌باشد. این پدیده معمولاً با واکنشهای آغازی همراه است. فرایندهای انتشار و پایانی پلیمر شدن ممکن است تحت تأثیر ماهیت ناهمگن واکنش قرار گیرند که در این مورد مرزهای بین فازی نقش حساسی دارند. متغیرهای الکتریکی نظیر ماهیت الکتروودها، فوق پتانسیل الکتروود، پتانسیلهای استاندارد نیم پیل و چگالی جریان می‌توانند در بهره پلیمر به دست آمده، ساختار، وزن مولکولی و پراکندگی وزن مولکولی آن مؤثر باشند. امکان ایجاد کنترل خوب روی مرحله آغازی پلیمر شدن به وسیله پلیمر شدن الکتروشیمیایی فراهم می‌شود. از طرف دیگر، امکان کاربرد روشهای الکترو آنالیتیکی سریع برای بررسی مراحل مختلف واکنش پلیمر شدن نیز به وجود می‌آید.

واکنشهای پلیمر شدن الکتروشیمیایی ممکن است براساس ماهیت محیط واکنش (آبی یا آلی) یا ماهیت گونه‌های قابل انتشار، تقسیم بندی شوند. بهترین تقسیم بندی براساس محل ایجاد گونه‌های شیمیایی آغازگر واکنش پلیمر شدن (آند یا کاتد) می‌تواند انجام گیرد. به تازگی در کتابی که توسط لیاتو و شاپووال منتشر شده است [4]، روشهای گوناگون واکنشهای الکتروشیمیایی بررسی شده است. در این مقاله بررسی می‌شود که آیا واکنش آغازی با اکسایش یا کاهش مستقیم مونومر صورت می‌گیرد (روش مستقیم)، یا به وسیله اکسایش یا کاهش یک آغازگر الکتروشیمیایی، که اغلب الکتروولیت حامل می‌باشد (روش غیرمستقیم). این امر با تولید رادیکال یا یون رادیکال به وسیله یک واکنش انتقال تک الکترونی در سطح الکتروود انجام می‌شود. سپس این

Key Words:

conductive polymers ,poly (α -naphthylamine) ,electropolymerization ,cyclic voltametry ,polyaniline derivatives

مراکز فعال تولید شده می‌توانند بسته به ماهیت محیط واکنش، پلیمر شدنی از نوع رادیکالی یا یونی انجام دهند [5].

با استفاده از روشهای تجزیه‌ای الکتروشیمیایی امروزی می‌توان ماهیت فرایندهای الکترودی انجام شده را معلوم کرد. این عمل با کاربرد مشترک ولتامتری چرخه‌ای و خطی و با استفاده از الکترودهای صفحه چرخان یا حلقه - صفحه چرخان انجام می‌گیرد.

در برابر واکنشهای آغاز شده به روش الکتروشیمیایی [6]، که در آنها واکنش پلیمر شدن دور از الکتروود و با فرایندهای الکترو ستر آلی انجام می‌گیرد و اغلب الکتروود از محصول فرعی پوشیده شده و در نتیجه بی اثر می‌شود [7]، واکنشهای الکتروپلیمر شدن وجود دارند که از استوکیومتری الکتروشیمیایی برخوردارند. در این واکنشها، تمام فرایندهای پلیمر شدن در سطح الکتروود انجام می‌گیرد که منجر به تهیه پلیمرهای الکتروفعال - رسانایی الکتروسیسته می‌شود [8-11]. لایه‌های پلیمری الکتروفعال - رسانا از الکترو اکسایش ترکیبهای بتزنی یا غیر بتزنی و آروماتیکهای ناجور حلقه تهیه می‌شوند. آنیلین و مشتقات آن که ناجور حلقه نیستند نیز به طور گسترده‌ای هم در محیط آبی سولفوریک اسیدی و هم در حلالهای آلی در حضور الکترولیتهای مختلف الکتروپلیمر شده و پلی آنیلینهای را تولید کرده‌اند که الکتروفعال - رسانا می‌باشند. در مورد تهیه پلی آنیلینهای رسانا و خواص این پلیمرها پژوهشها و بررسیهای بسیار وسیع انجام گرفته است [12-19].

برخلاف آنیلین، در زمینه الکتروپلیمر شدن α - نفتیل آمین برای تهیه پلی (α - نفتیل آمین) الکتروفعال - رسانا پژوهشهای بسیار محدودی انجام گرفته است که نیاز به بررسی دارد [20].

بحث و نتیجه‌گیری

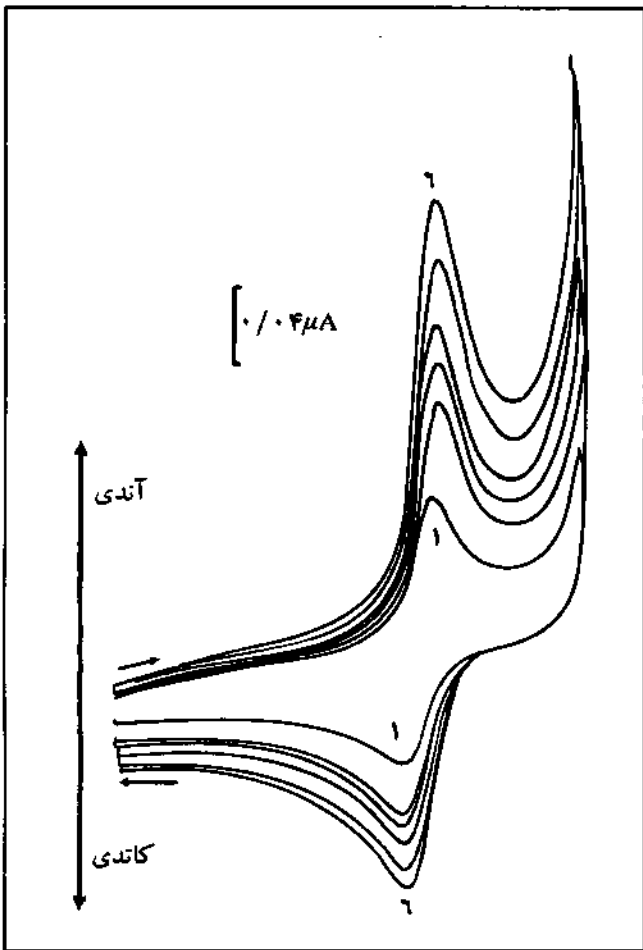
فیلیم پلی (α - نفتیل آمین) را می‌توان با اعمال پتانسیل در گستره $0/500$ - تا $0/600$ V نسبت به SCE، به یک الکتروود کار، WE، (work electrode)، سطح گرافیت شیشه‌ای به دست آورد. سرعت رویش 100 mV/s بوده و در جهت پتانسیلهای آندی انجام می‌گیرد. از محلول α - نفتیل آمین 10^{-3} M در محلول پرکلریک اسید $0/2$ M در قدرت یونی ثابت و دمای ثابت 35°C به عنوان محلول آزمایشی استفاده شده است. الکتروود کمکی میله پلاتین بوده و به عنوان الکتروود شاهد SCE به کار رفته است.

بررسی اثر ماهیت الکتروود کار، WE، بر تشکیل لایه نازک پلی (α - نفتیل آمین)

ماهیت الکتروود کار نقش اساسی در واکنش الکتروپلیمر شدن دارد، زیرا فیلمهای پلیمری الکتروفعال - رسانا از الکترو اکسایش مونومرهای مختلف بر سطح این الکتروود تهیه می‌شوند. از این رو، الکتروود کاری باید انتخاب شود که در گستره پتانسیل مورد نیاز برای الکتروپلیمر شدن

مونومر مورد نظر، قابلیت اکسایش و کاهش نداشته باشد. بنابراین، الکترودهای مختلفی به عنوان الکتروود کار برای الکتروپلیمر شدن مونومرهای گوناگون مورد استفاده قرار گرفته است. در پژوهش حاضر از الکترودهای گرافیت شیشه‌ای مسطح (GC disk)، پلاتین مسطح (Pt disk)، طلای مسطح (Au disk) و صفحه پلاتین (Pt foil) با مساحت $0/5$ cm² به عنوان الکتروود کار استفاده شده است و چگونگی فرایند تشکیل پلیمر در حین الکتروپلیمر شدن و نیز رفتار الکتروشیمیایی فیلم پلیمری تشکیل شده در دما، pH، و قدرت یونی ثابت و الکتروولت حامل یکسان مورد بررسی قرار گرفته است.

ولتاموگرامهای چرخه‌ای به دست آمده روی الکترودهای گرافیت شیشه‌ای، پلاتین مسطح، صفحه پلاتین و طلای مسطح به ترتیب در شکلهای ۱ و ۲ نشان داده شده است. به طوری که ملاحظه می‌شود، دامنه پتانسیل اعمالی برای تشکیل لایه پلیمری در سطح الکترودهای



شکل ۱ - ولتاموگرام چرخه‌ای پلی (α - نفتیل آمین) مستقر در سطح الکتروود گرافیت شیشه‌ای در الکتروولت حامل تنها ($0/2$ M) و HClO_4 و گستره پتانسیل $0/500$ - تا $0/600$ V نسبت به SCE در دمای ثابت 35°C . منحنیهای شماره ۱ تا ۶ به ترتیب به سرعتهای رویش 20 ، 40 ، 50 ، 60 ، 80 و 100 mV/s مربوط می‌شوند.

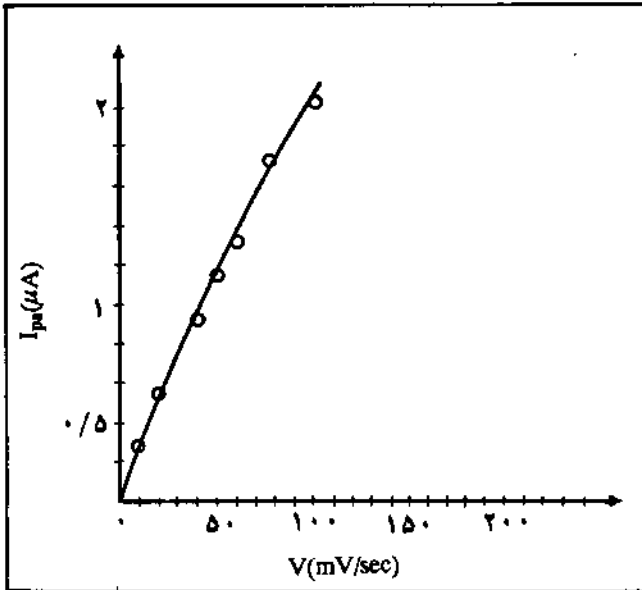
جدول ۱ - مشخصات ولتاموگرام چرخه‌ای فیلم پلی (α - نفتیل آمین) تهیه شده بر سطح الکترودهای کار مختلف در الکترولیت حامل تنها ($0.2M$ و $HClO_4$)، دمای $35^\circ C$ و سرعت روبش پتانسیل $100 mV/s$ در گستره پتانسیل -0.200 تا $+0.600V$ نسبت به SCE

جنس الکتروکدکار	E_{pa}	E_{pc}	$\Delta E_p = E_{pa} - E_{pc}$	I_{pa}	I_{pc}
پلاتین سطح	0.249	0.140	0.109	0.244	0.188
صفحه پلاتین	0.271	0.162	0.109	2.04	1.56
طلای سطح	0.260	0.140	0.120	0.164	0.092

*مقادیر پتانسیل بر حسب ولت نسبت به SCE می‌باشند.

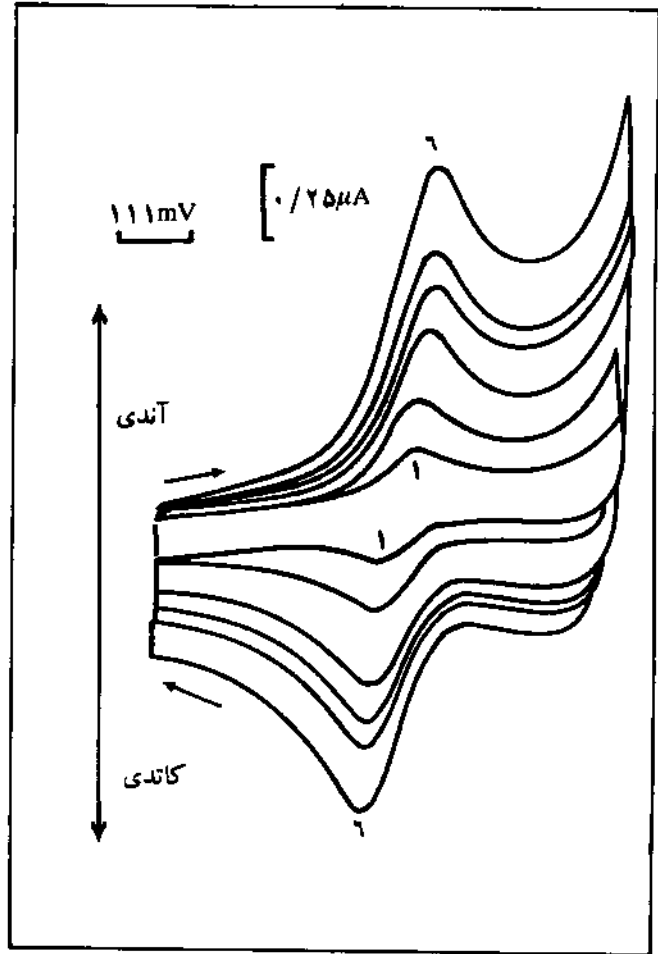
**مقادیر شدت جریان دماغه بر حسب میکروآمپر می‌باشند.

پتانسیل -0.200 تا $+0.600V$ نسبت به SCE رسم شده است (شکل ۲). به طوری که ملاحظه می‌شود، متناسب با افزایش سرعت روبش بر ارتفاع پیکهای آنودی و کاتدی افزوده می‌شود ولی آهنگ افزایش ارتفاع پیک کاتدی کندتر می‌باشد و در سرعت‌های روبش پایتتر ($10 mV/s$) ارتفاع دو پیک کاتدی و آنودی تقریباً برابر است. منحنی تغییرات I_{pa} بر حسب سرعت روبش پتانسیل در شکل ۳ نشان داده شده است که در اینجا نیز مانند الکتروگرافیت شیشه‌ای در سرعت‌های روبش پایین، منحنی حالت خطی دارد ولی با افزایش سرعت روبش پتانسیل از حالت خطی منحرف می‌شود (شکل ۴).



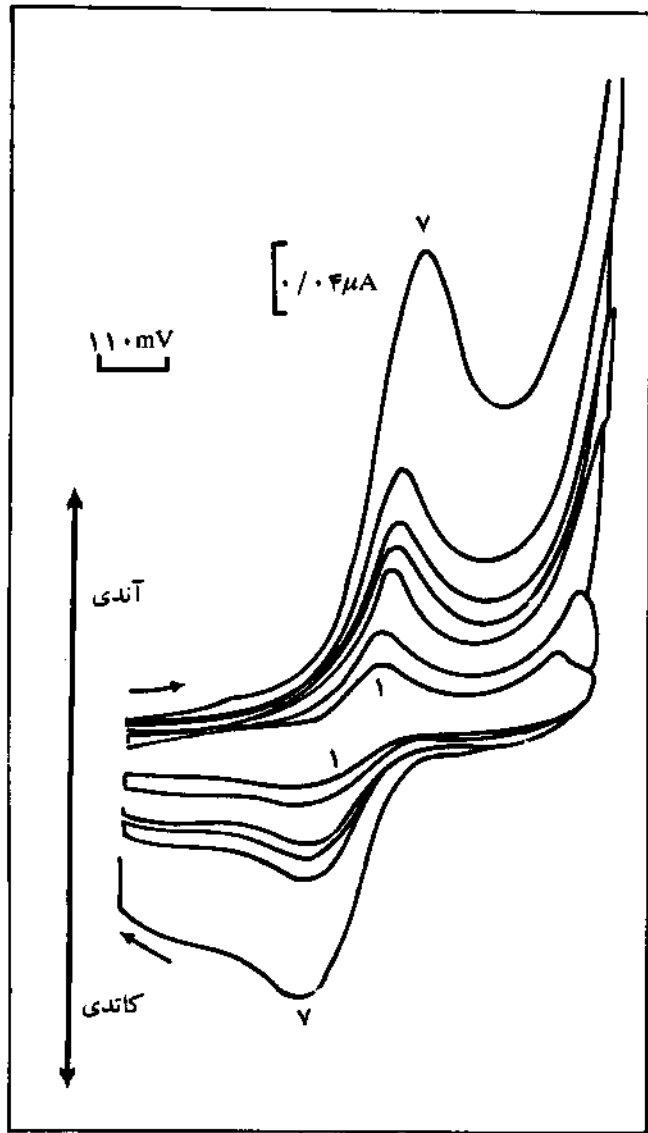
شکل ۳ - منحنی تغییرات I_{pa} ولتاموگرامهای چرخه‌ای فیلم پلی (α - نفتیل آمین) مستقر در سطح الکتروکدکار صفحه پلاتین بر حسب سرعت روبش پتانسیل.

پلاتین و طلا، -0.200 تا $+0.600V$ نسبت به SCE انتخاب شده است، زیرا در سطح این نوع الکترودها در محیط اسیدی، پروتون زودتر کاهش می‌یابد، در نتیجه باعث ایجاد دیواره کاهشی می‌شود. مشخصات فیلم پلی (α - نفتیل آمین) تهیه شده روی الکترودهای کار مختلف در جدول ۱ ارائه شده است. اختلاف موجود بین مقادیر مندرج در جدول ۱ به اثر جنس الکتروکدکار و اندازه آن در فرایند الکترودی مربوط می‌باشد.



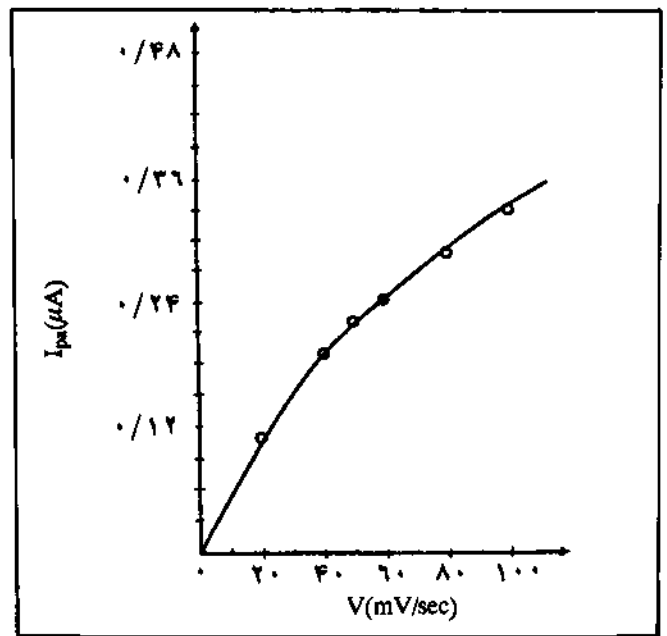
شکل ۲ - ولتاموگرام چرخه‌ای لایه نازک پلی (α - نفتیل آمین) مستقر در سطح الکتروکدکار صفحه پلاتین در الکترولیت حامل تنها ($0.2M$ و $HClO_4$) و گستره پتانسیل -0.200 تا $+0.600V$ نسبت به SCE در دمای ثابت $35^\circ C$. منحنیهای شماره ۱ تا ۶ به ترتیب به سرعت‌های روبش 10 ، 20 ، 40 ، 50 ، 60 و $80 mV/s$ مربوط می‌شوند.

برای بررسی تغییرات I_{pa} پلیمر متناسب با تغییرات سرعت روبش پتانسیل، ولتاموگرام چرخه‌ای فیلم پلیمری تهیه شده در سطح الکتروکدکار صفحه پلاتین در الکترولیت حامل تنها ($0.2M$ و $HClO_4$) با سرعت‌های روبش 10 ، 20 ، 40 ، 50 ، 60 و $80 mV/s$ در گستره



شکل ۵- ولتاموگرامهای چرخه‌ای لایه نازک پلی (α - نفتیل آمین) مستقر در سطح الکترود طلای مسطح در الکترولیت حامل تنها ($0.2M$ و $HClO_4$) و گستره پتانسیل $0.200V$ تا $0.600V$ نسبت به SCE در دمای ثابت $35^\circ C$. منحنیهای شماره ۱ تا ۷ به ترتیب به سرعتهای روبش $10, 20, 40, 50, 60, 80$ و $200 mV/s$ مربوط می‌شوند.

بی پروتون استفاده نمی‌شود، چون این نمکها به شدت مجتمع می‌باشند و در حلالهای بی پروتون خیلی کم حل می‌شوند. آنیونهای به شدت هسته دوست نظیر هالیدها، هیدروکسیدها، آلکوکسیدها، سیانیدها، استاتها و بنزواتها به علت اینکه در واکنش الکتروپلیمر شدن دخالت می‌کنند و موجب افزایش تولید محصولات محلول و تغییر رنگ محیط می‌شوند، مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. از آنجا که نوع و مقدار آنیون در فرایند الکتروپلیمر شدن،



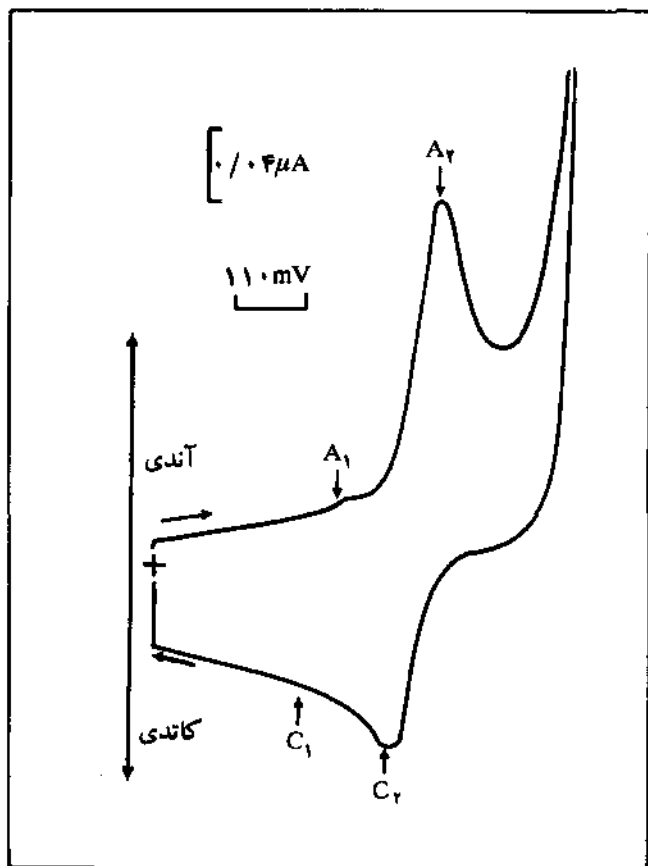
شکل ۶- منحنی تغییرات I_{pa} فیلم پلی (α - نفتیل آمین) مستقر در سطح الکترود کارگرافیت شیشه‌ای بر حسب سرعت روبش پتانسیل.

برای بررسی نحوه تغییرات I_{pa} پلیمر متناسب با تغییرات سرعت روبش پتانسیل، ولتاموگرام چرخه‌ای به دست آمده در سطح الکترود طلای مسطح در الکترولیت حامل تنها با سرعتهای روبش $10, 20, 40, 50, 60, 80$ و $200 mV/s$ رسم شده است (شکل ۵). به طوری که ملاحظه می‌شود در سرعت روبش پایین ($10 mV/s$) ارتفاع دو پیک آندی و کاتدی تقریباً برابر است و پیک کاتدی نسبت به پیک آندی بهتر می‌باشد. با افزایش سرعت روبش پتانسیل، ارتفاع پیکهای آندی و کاتدی افزایش می‌یابد ولی آهنگ افزایش ارتفاع پیک کاتدی با افزایش سرعت روبش پتانسیل کندتر می‌باشد. از طرفی با افزایش سرعت روبش پتانسیل، پیک کاتدی به دو پیک جدا از هم تبدیل می‌شود، در صورتی که پیک آندی کاملاً مشخص و تیز می‌باشد.

منحنی تغییرات I_{pa} بر حسب سرعت روبش پتانسیل در شکل ۶ نشان داده شده است. به طوری که ملاحظه می‌شود، در سرعتهای روبش خیلی پایین ($10 mV/s$) و سرعتهای روبش بالا (بالتر از $80 mV/s$) این منحنی خطی است، در صورتی که در فاصله بین این دو گستره از حالت خطی منحرف می‌شود.

بررسی اثر الکترولیت حامل بر الکتروپلیمر شدن α - نفتیل آمین نکات اساسی برای انتخاب الکترولیت حامل برای الکتروپلیمر شدن مونومرها، انحلال پذیری، درجه تفکیک و هسته دوستی آن می‌باشد. در حلالهای بی پروتون عموماً از نمکهای آمونیوم تترالکیل و اسیدهای پروتونی استفاده می‌شود. از نمکهای لیتم، سدیم و پتاسیم در حلالهای

تشکیل فیلم پلیمری، ولتاموگرام چرخه‌ای رسم شده که در شکل‌های ۷ و ۸ نشان داده شده است.

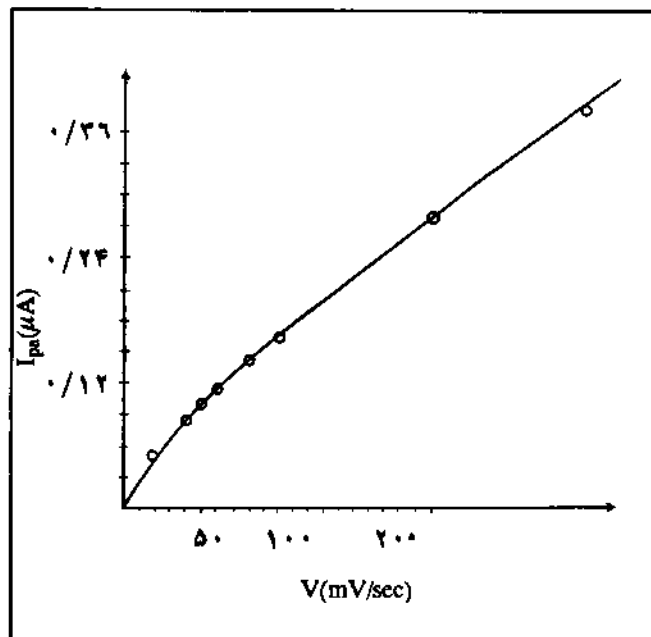


شکل ۷- ولتاموگرام چرخه‌ای حین الکتروپلیمر شدن در سطح الکتروودکار گرافیت شیشه‌ای در الکترولیت حامل پرکلریک اسید ۰/۲M و لیتیم پرکلرات ۰/۲M و ۱ تا ۰/۴M و غلظت مونومر 5×10^{-2} و در دمای 35°C و گستره پتانسیل ۰/۵۰۰ تا ۰/۶۰۰V نسبت به SCE با سرعت روبش ۱۰۰ mV/s.

ولتاموگرام چرخه‌ای حین الکتروپلیمر شدن در محلول پرکلریک اسید و لیتیم پرکلرات هریک با غلظت ۰/۲M و دارای 5×10^{-2} M از مونومر α - نفتیل آمین نشان می‌دهد که در روبشهای اکسایشی یک برجستگی کوچک (A_1) در پتانسیل ۰/۱۷V و یک پیک مشخص و تیز (A_2) در پتانسیل ۰/۲۷V نسبت به SCE وجود دارد. در روبشهای کاهش، دو پیک کاتدی C_1 و C_2 به ترتیب در پتانسیلهای ۰/۰۸۲V و ۰/۱۲۷V نسبت به SCE مشاهده می‌شود که پیک C_2 نسبت به C_1 ، مشخصتر و ارتفاعش بیشتر است. با افزایش تعداد روبشها از ارتفاع پیک A_1 کاسته می‌شود، درحالی که ارتفاع پیکهای A_2 و C_2 افزایش می‌یابد و پیک C_1 بدون تغییر باقی می‌ماند.

ولی، ولتاموگرام چرخه‌ای حین الکتروپلیمر شدن محلول 5×10^{-2} M از مونومر در الکترولیت حامل پرکلریک اسید ۰/۲M و

رسانایی الکتریکی و رفتار الکتروشیمیایی فیلم پلیمری اثر دارد، از این رو برای بررسی اثر آنیونهای پرکلرات و سولفات و همچنین اثر مقدار آنیون پرکلرات (با ثابت بودن pH محیط) در فرایند الکتروپلیمر شدن α - نفتیل آمین از پرکلریک اسید ۰/۲M، سولفوریک اسید ۲M در حلال آبی و لیتیم پرکلرات با غلظتهای ۰/۲M و ۰/۴M در حضور پرکلریک اسید ۰/۲M به عنوان الکترولیت حامل استفاده شده است. از آنجا که انحلال پذیری نمکهای سولفاتی آمینها کمتر از نمکهای پرکلراتی آنهاست، بنابراین تهیه محلول 5×10^{-2} M از مونومر α - نفتیل آمین در سولفوریک اسید ۰/۲M امکان پذیر نیست. چنین محلولی کدر و حالت فوق سیرشدگی دارد ولی با افزایش غلظت سولفوریک اسید تا ۲M، مونومر α - نفتیل آمین حل می‌شود و محلول 5×10^{-2} M که محلولی شفاف است، به دست می‌آید.



شکل ۶- منحنی تغییرات I_{pa} ولتاموگرامهای چرخه‌ای فیلم پلی α - نفتیل آمین) مستقر در سطح الکتروودکار طلای مسطح بر حسب سرعت روبش پتانسیل.

پرکلریک اسید و لیتیم پرکلرات به عنوان الکترولیت حامل الکتروپلیمر شدن به روش ولتامتری چرخه‌ای، در ظرفی دوجداره دارای ۲۰ ml محلول پرکلریک اسید ۰/۲M و 5×10^{-2} M از مونومر α - نفتیل آمین، در دمای 35°C و در گستره پتانسیل ۰/۵۰۰ تا ۰/۶۰۰V نسبت به SCE با سرعت روبش پتانسیل ۱۰۰ mV/s و همچنین با استفاده از الکتروودکار گرافیت شیشه‌ای، الکتروود کمی میله پلاتین و الکتروود شاهد SCE انجام گرفته است. در همین شرایط از محلول لیتیم پرکلرات با غلظتهای ۰/۲M و ۰/۴M به طور جداگانه به محلول یاد شده اضافه شده است و در حین الکتروپلیمر شدن و بعد از

به طوری که ملاحظه می‌شود، با افزایش مقدار یون پرکلرات محل پیکها تغییر می‌کند. از طرفی ΔE_p پلیمر تشکیل شده نیز افزایش می‌یابد، یعنی فرایند الکترودی پلیمر تشکیل شده برگشت ناپذیر می‌گردد. کاهش ارتفاع پیکهای آندی و کاتدی با افزایش غلظت یون پرکلرات می‌تواند نشانه‌ای از تقلیل سرعت تشکیل پلیمر و کاهش ضخامت فیلم نازک پلیمری مستقر در سطح الکتروود باشد.

بررسی اثر pH بر الکتروپلیمر شدن α - نفتیل آمین

از آنجا که α - نفتیل آمین در آب به مقدار ناچیزی حل می‌شود، برای افزایش انحلال پذیری آن از سولفوریک اسید و پرکلریک اسید، که نقش الکترولیت حامل را نیز دارند، استفاده شده است. در حقیقت این اسیدها با تشکیل نمکهای پرکلرات و سولفات α - نفتیل آمین، انحلال پذیری آن را بهبود می‌بخشند.

تأثیر pH بر انحلال پذیری α - نفتیل آمین در محیط آبی

باعث محدود شدن بررسی اثر pH بر الکتروپلیمر شدن این مونومر در pHهای کمتر از ۲ شده است، زیرا به محض اینکه pH محلول از ۲ تجاوز می‌کند، فاز آبی از α - نفتیل آمین سیر می‌شود. در نتیجه غلظت α - نفتیل آمین حل شده در فاز آبی از $5 \times 10^{-4} M$ کمتر می‌گردد.

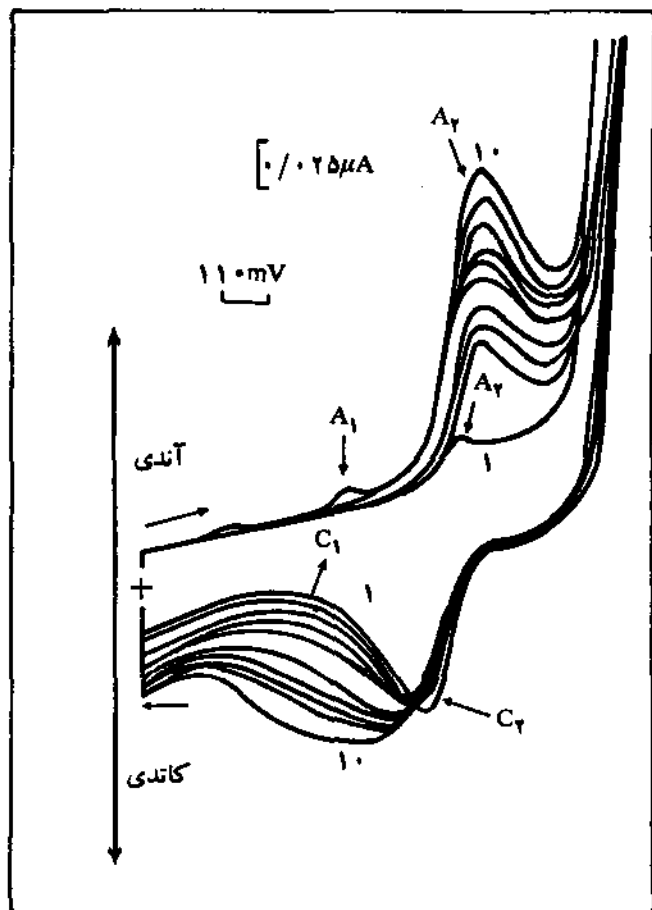
از مقایسه ولتاموگرامهای چرخه‌ای به دست آمده در pHهای مختلف چنین بر می‌آید که با افزایش pH پیکهای کاتدی لایه پلیمری به طرف پتانسیلهای منفی جابه جا و به تدریج بهتر می‌شوند، در حالی که پیک آندی پلیمر جابه جا نشده و کاملاً تیز و مشخص باقی می‌ماند (شکل ۹).

بررسی اثر سرعت روبش پتانسیل بر تهیه و رفتار الکتروشیمیایی فیلم نازک پلی (α - نفتیل آمین) در سطح الکتروود

با انجام الکتروپلیمر شدن در سرعتهای روبش مختلف و مطالعه بعدی فیلم نازک پلیمری تشکیل شده به روش ولتامتری چرخه‌ای می‌توان اثر تغییر سرعت روبش پتانسیل را بر الکتروپلیمر شدن و نیز بر خواص لایه پلیمری تشکیل شده مورد بررسی قرار داد. برای انجام این بررسی، فیلم نازک پلی (α - نفتیل آمین) روی الکتروود کار گرافیت شیشه‌ای در شرایط یکسان از نظر گستره پتانسیل، قدرت یونی، pH، غلظت مونومر، دمای تهیه پلیمر و الکترولیت حامل با سرعتهای روبش ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰، ۷۰، ۹۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ mV/s تهیه شده و سپس رفتار الکتروشیمیایی فیلم پلیمری تهیه شده در هر مورد در الکترولیت حامل تنها مورد بررسی قرار گرفته است (شکلهای ۱۳ - ۱۰).

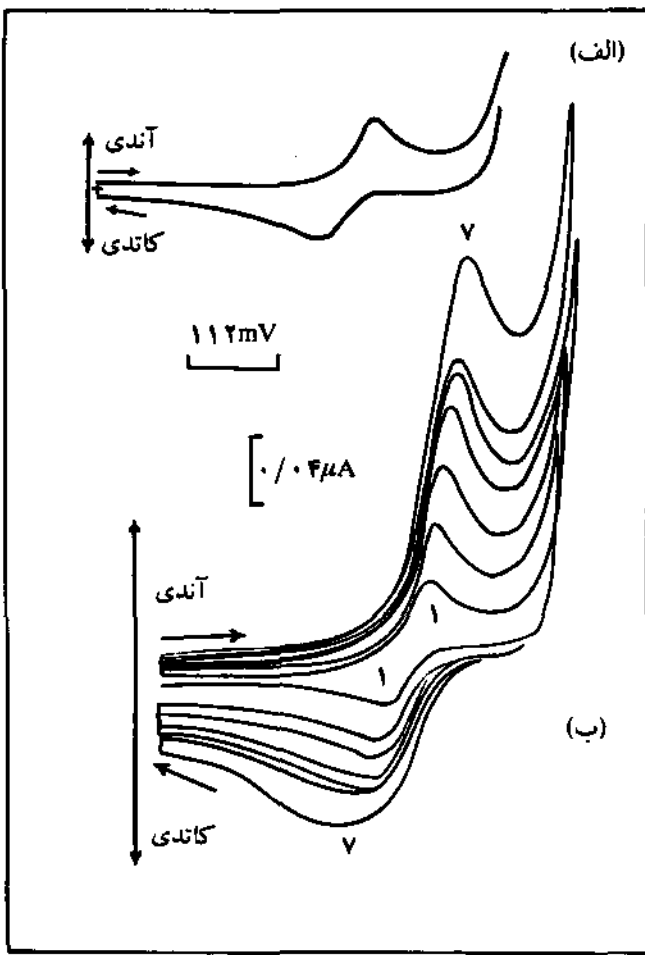
از مقایسه ولتاموگرامهای روبش سی‌ام در سرعتهای روبش مختلف چنین بر می‌آید که دو پیک کاهشی فیلم نازک پلی (α - نفتیل آمین) تهیه شده با سرعتهای روبش متفاوت دارای ارتفاعهای مختلف می‌باشند. بدین ترتیب که در سرعتهای روبش کمتر از ۲۰۰ mV/s،

لیتیم پرکلرات ۰/۴M، در نخستین روبش اکسایشی دو پیک آندی در پتانسیلهای به ترتیب ۰/۱۱۵ - و ۰/۱۶۰۷ + نسبت به SCE، در نخستین روبش کاتدی نمایان می‌شود. ولی در دومین روبش اکسایشی از ارتفاع پیک آندی A_1 کاسته ولی بر ارتفاع پیک آندی A_2 افزوده می‌شود. در اینجا پیک آندی A_2 اندکی به طرف پتانسیلهای مثبت‌تر جابه جا می‌شود، به طوری که در روبشهای بعدی جایش ثابت باقی می‌ماند. در دومین روبش کاتدی ارتفاع پیک کاتدی C_2 کاهش می‌یابد و این پیک به طرف پتانسیلهای منفی‌تر جابه جا و بهتر می‌شود. در روبشهای اکسایشی بعدی به تدریج بر ارتفاع پیک آندی A_2 افزوده می‌شود، در حالی که پیک آندی A_1 کم‌کم ناپدید می‌گردد. ولی، پیک کاتدی C_2 به طرف پتانسیلهای منفی‌تر جابه جا می‌شود، به طوری که در روبش سی‌ام دو پیک کاتدی به هم نزدیک می‌شوند و به صورت یک پیک بسیار پهن نمودار می‌گردند.



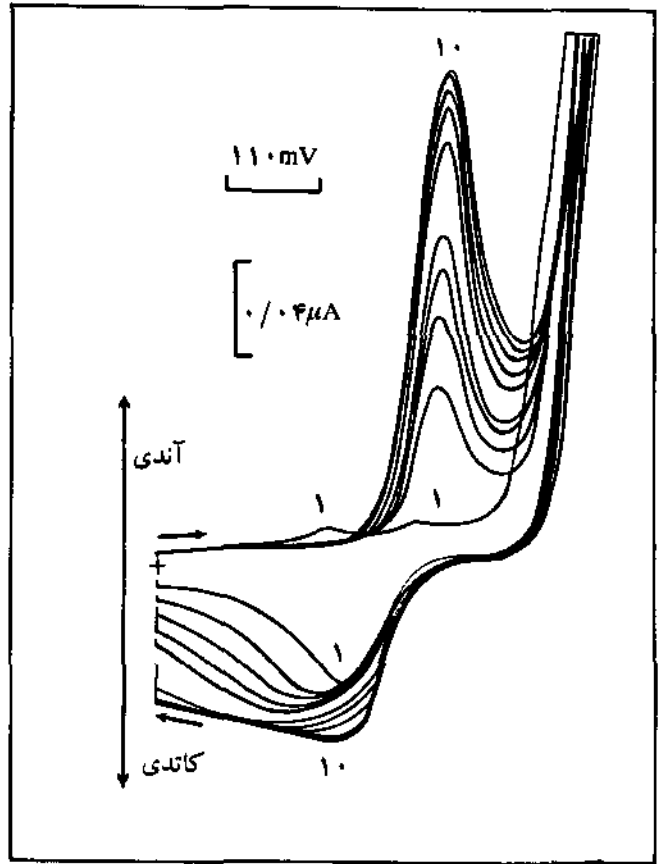
شکل ۸ - ولتاموگرام چرخه‌ای حین الکتروپلیمر شدن گستره پتانسیل ۰/۵۰۰ - تا ۰/۶۰۰۷ + نسبت به SCE، سرعت روبش ۱۰۰ mV/s، غلظت مونومر $5 \times 10^{-4} M$ ، دمای محلول $35^\circ C$ و الکترولیت حامل پرکلریک اسید ۰/۲M و لیتیم پرکلرات ۰/۴M. منحنیهای ۱ تا ۱۰ به ترتیب روبشهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۲۹ را نشان می‌دهند.

ارتفاع پیک کاهشی ظاهر شده در پتانسیل منفی تر (I_{pc1}) خیلی کم است و تنها به صورت یک برجستگی ظاهر می شود. در سرعت روبش 200 mV/s ، ارتفاع پیک کاهشی یاد شده به بهای کاهش ارتفاع پیک کاهشی دیگر (C_2)، افزایش می یابد ($I_{pc1} > I_{pc2}$)، دوباره در سرعتهای روبش 300 تا 500 mV/s ارتفاع دو پیک کاهشی یاد شده تقریباً یکسان می شود.



شکل ۱۰- الف) ولتاموگرام چرخه‌ای محلولی از مونومر در روبش سی‌ام با سرعت روبش 10 mV/s ، ب) ولتاموگرامهای چرخه‌ای پلی α - نفتیل آمین) تهیه شده در الکترولیت حامل تنها و در سرعتهای روبش متفاوت ۱-۲، ۳-۴، ۵-۶، ۱۰-۲۰، ۳۰-۴۰، ۵۰-۶۰، ۱۰۰-۲۰۰ و 300 mV/s .

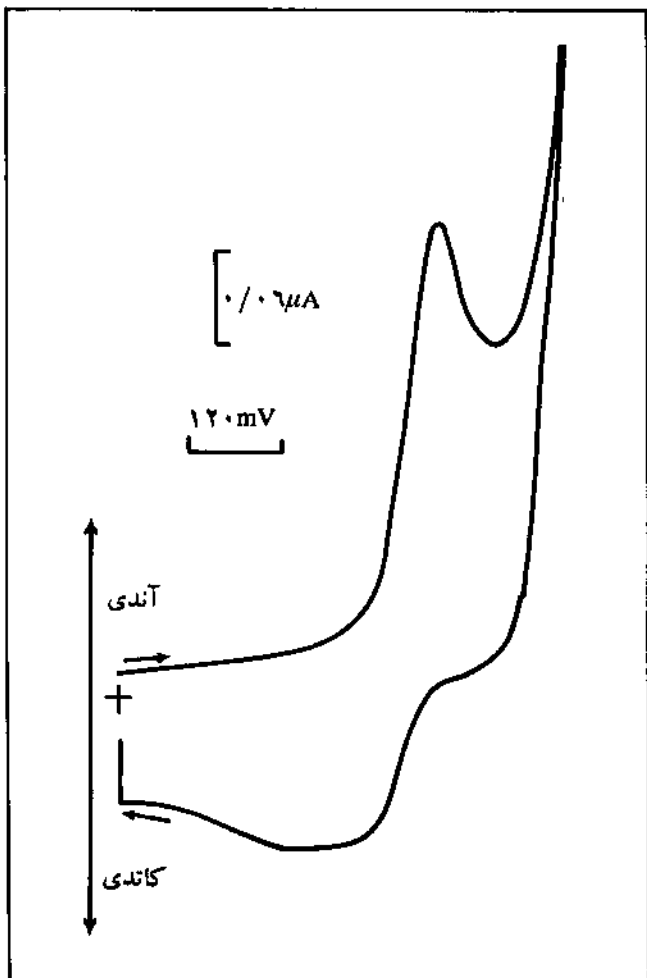
در حقیقت، در سرعتهای روبش بالا زمان برای انجام فرایندهای چند مرحله‌ای الکتروپلیمر شدن مساعد نیست و همین امر مانع از آرایش مناسب گونه‌های فعال برای رشد زنجیرهای پلیمری می‌گردد. در نتیجه، پلیمری با ساختار نامنظم در سطح الکتروود تشکیل می‌شود که به هنگام شستشو با الکترولیت حامل تنها و با دیدن نیتروژن برای اکسیژن زدایی در جریان ولتامتری بعدی، از سطح الکتروود کنده می‌شود. از این رو در محلول الکترولیت حامل تنها، در این حالت هیچ پیکی ظاهر نمی‌شود. ولتاموگرام چرخه‌ای فیلم نازک پلیمری که پس از سی‌سی روبش متوالی با سرعتهای روبش متفاوت بر سطح الکتروود گرفت شیشه‌ای تشکیل شده است در الکترولیت حامل تنها (0.1 M HClO_4) و گستره پتانسیلی 0.500 تا 0.600 V نسبت به SCE با سرعت روبش 50 mV/s در دمای 35°C رسم شده است که منحنی تغییرات I_{pa}



شکل ۹- ولتاموگرامهای چرخه‌ای به دست آمده برای الکتروود گرفت شیشه‌ای در محلول شماره ۳ ($\text{pH}=2$ تجری) و در حضور $5 \times 10^{-3} \text{ M}$ از مونومر α - نفتیل آمین حین الکتروپلیمر شدن. منحنیهای شماره ۱ تا ۱۰ به ترتیب به روبشهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۲۹ و تعلق دارند.

بررسی رفتار الکتروشیمیایی فیلم پلیمری تشکیل شده تا سرعتهای روبش 300 mV/s نمایانگر تشکیل فیلم پلیمری الکتروفعال رسانا می‌باشد، در صورتی که بررسی رفتار الکتروشیمیایی لایه پلیمری تشکیل شده در سرعتهای روبش 400 و 500 mV/s در الکترولیت حامل تنها نشان می‌دهد که هیچ پیکی که حاکی از تشکیل فیلم پلیمری باشد، ظاهر نمی‌شود. عدم مشاهده پیکهای مشخص کننده فیلم پلیمری در سرعتهای روبش بالا را شاید بتوان به ساختار سست و گسسته فیلم پلیمری تشکیل شده نسبت داد که نمی‌تواند به صورت لایه‌ای یکپارچه سطح الکتروود را بپوشاند.

ندارند. همچنین این منحنیها در سرعتهای روبش پایین حالت خطی دارند که با افزایش سرعت روبش از حالت خطی منحرف می شوند.

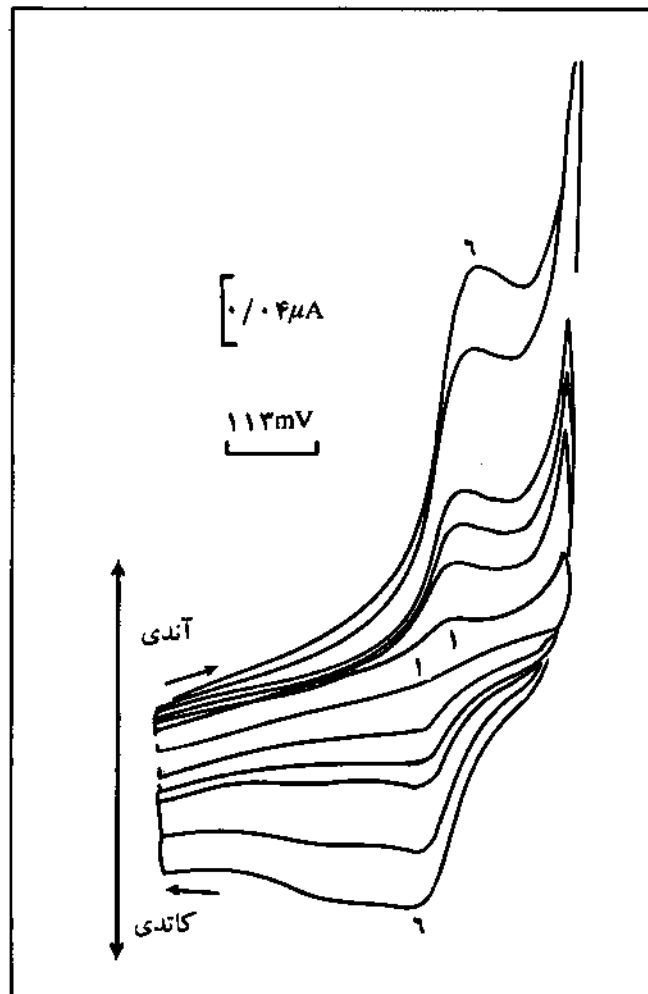


شکل ۱۲ - ولتاموگرام چرخه‌ای محلولی از مونومر در روبش سی‌ام با سرعت روبش 400 mV/s .

بررسی اثر دما در تهیه و رفتار الکتروشیمیایی لایه نازک پلی (α) - نفتیل آمین) در سطح الکتروگرافیت شبش‌ای

به طور کلی دما بر سرعت تشکیل رسانایی الکتریکی و خواص الکتروشیمیایی فیلمهای پلیمری مؤثر است. اثر دما بر الکتروپلیمر شدن آنیلین و رفتار الکتروشیمیایی و رسانایی الکتریکی فیلم پلی (آنیلین) بررسی شده است [21]. نتایج حاصل از این مطالعات نشان دهنده کاهش رسانایی الکتریکی و فعالیت الکتریکی لایه پلی (آنیلین) با افزایش دما می باشد و این امر بدین صورت توجیه شده است که با افزایش دما سرعت تشکیل پلیمر نیز افزایش می یابد. ولی افزایش بیش از حد دما باعث می شود که رشد فیلم پلیمری کاهش یابد و در نهایت رسانایی الکتریکی و فعالیت الکتریکی پلیمر نیز کم شود. این امر به صورت کاهش کارآیی فیلم پلیمری تشکیل شده از لحاظ عبور جریان ظاهر

فیلم نازک پلیمری بر حسب سرعت روبش تهیه پلیمر در شکل ۱۴ نشان داده شده است. به طوری که ملاحظه می شود، این منحنی دارای یک ماکسیمم می باشد که نشان دهنده مناسبترین سرعت روبش برای تهیه لایه نازک پلی (α) - نفتیل آمین می باشد که ولتاموگرام با پیکهای آندی و کاتدی کاملاً مشخص I_{pa} آندی زیادتری به دست می آید.

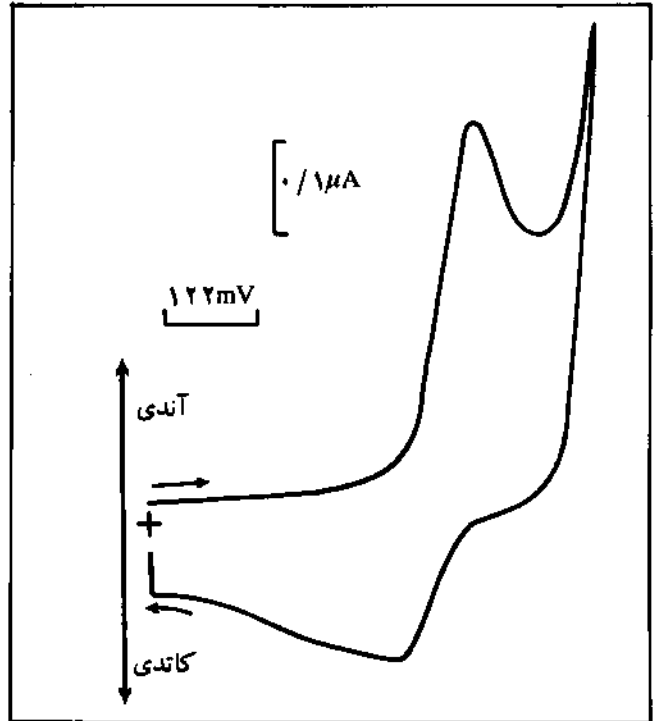


شکل ۱۱ - ولتاموگرامهای چرخه‌ای پلی (α) - نفتیل آمین) تهیه شده در الکترولیت حامل تنها با سرعتهای روبش متفاوت ۱-۲، ۱۰-۲۰، ۵۰-۳۰۰، ۴۰۰-۸۰۰، ۱۰۰۰-۵۰۰۰، ۲۰۰۰-۶۰۰۰ و 3000 mV/s .

همچنین برای بررسی چگونگی تغییرات I_{pa} فیلم پلیمری تشکیل شده در سرعت روبش مورد نظر بر حسب تغییرات سرعت روبش پتانسیل، منحنی تغییرات I_{pa} بر حسب سرعت روبش پتانسیل رسم شده است که در شکل ۱۵ آمده است.

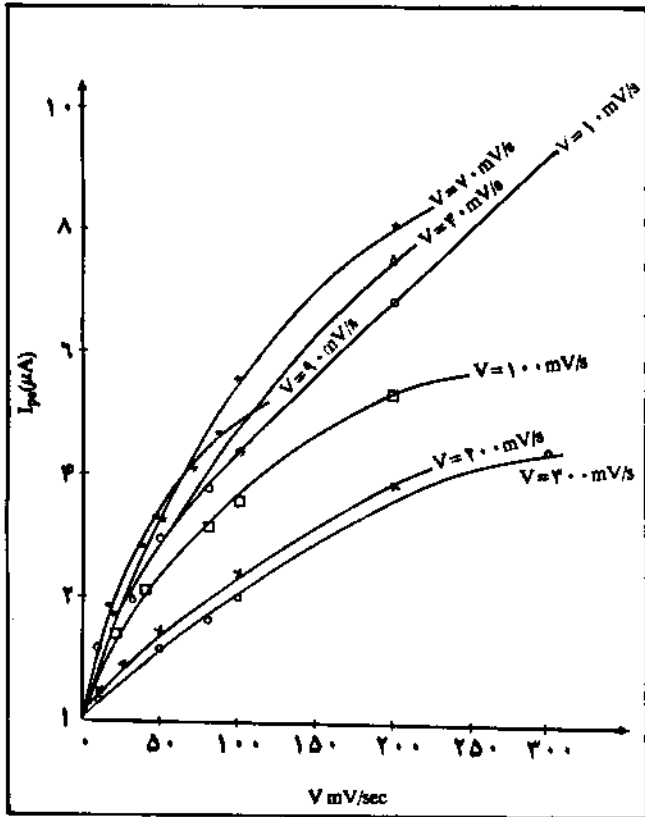
از بررسی منحنی تغییرات I_{pa} فیلم پلیمری تهیه شده در سرعتهای روبش متفاوت بر حسب تغییرات سرعت روبش پتانسیل ملاحظه می شود که I_{pa} فیلم پلیمری تشکیل شده با سرعت روبش 10 mV/s حالت خطی دارد، در صورتی که سایر منحنیها حالت خطی

می شود که نشانه‌ای از تولید محصولات محلول می باشد. این پدیده مشخص می کند که دما باعث تغییری در مکانیسم اکسایش آنیلین و همچنین مکانیسم تشکیل پلیمر می شود [21]. شکل شناسی پلیمر نیز به دمای تهیه آن بستگی دارد.



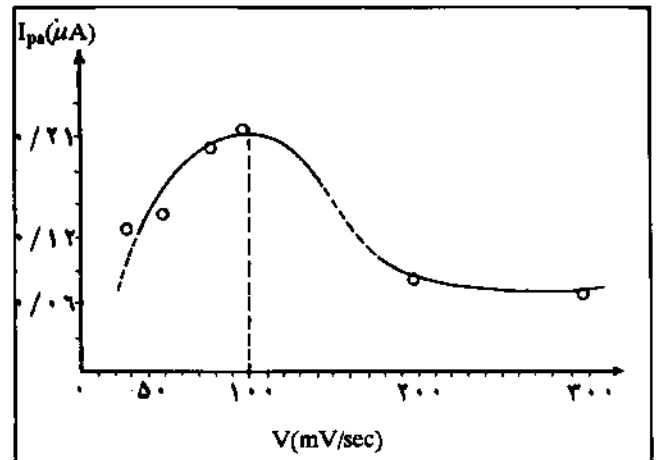
شکل ۱۳ - ولتاموگرام چرخه‌ای محلولی از مونومر در روبش سی‌ام با سرعت روبش ۵۰۰ mV/s.

شرایط یکسان از نظر گستره پتانسیل اعمالی، سرعت روبش پتانسیل، الکترولیت حامل، غلظت مونومر، pH محیط و الکترودهای مورد استفاده فیلم نازک پلی (α - نفتیل آمین) در دماهای ۲-، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۶، ۵۰، ۵۵ و ۶۱°C بر سطح الکترود گرفت شیشه‌ای تهیه شده است. سپس رفتار الکتروشیمیایی فیلم پلیمری حاصل در هر دما دوباره در همان شرایط در الکترولیت حامل تنها با روش ولتامتری چرخه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. ولتاموگرامهای چرخه‌ای مربوط در شکل‌های ۱۶ تا ۲۶ نشان داده شده است.



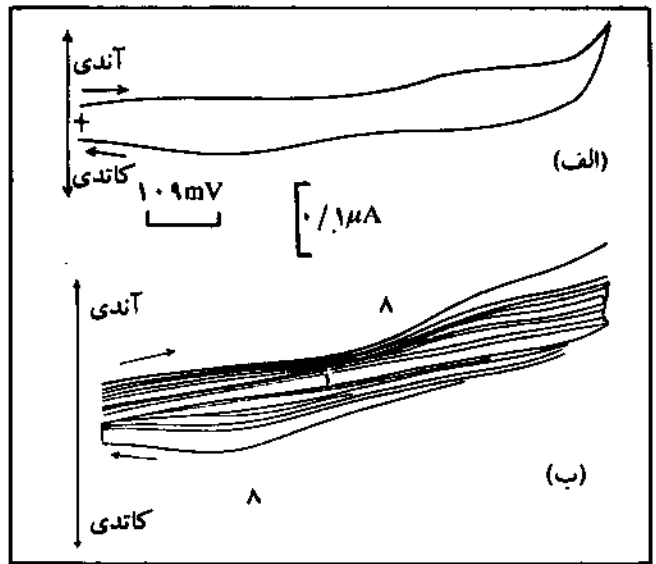
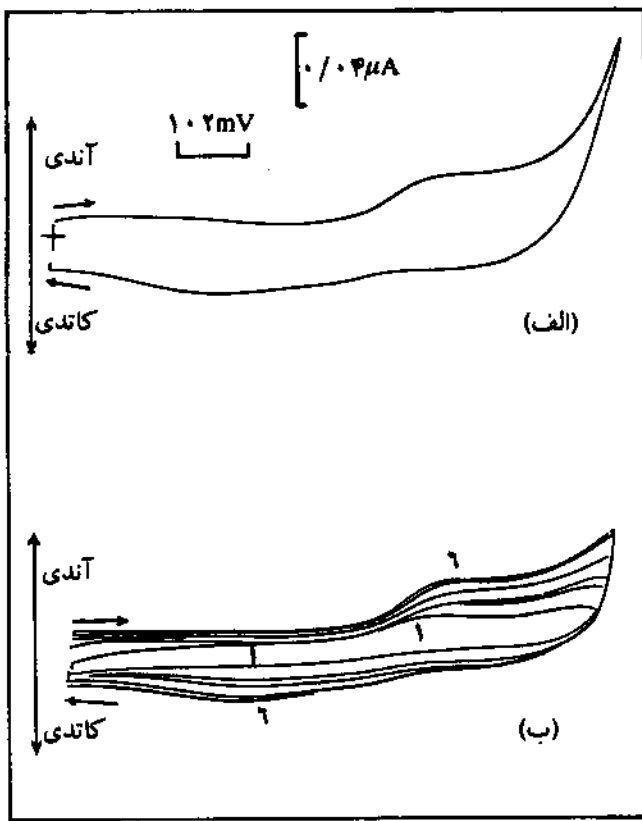
شکل ۱۵ - منحنی تغییرات I_{pa} لایه پلیمری تهیه شده در سرعت روبش مورد نظر بر سطح الکترود گرفت شیشه‌ای بر حسب تغییرات سرعت روبش پتانسیل.

از مقایسه ولتاموگرامهای تهیه شده حین الکتروپلیمر شدن مونومر α - نفتیل آمین (رویش سی‌ام) در دماهای تهیه متفاوت چنین برمی آید که در دمای تهیه ۲°C، پیک کاتدی C_p به صورت برجستگی خیلی کوچک ظاهر می شود که به سختی قابل تشخیص است، ولی ارتفاع پیک کاتدی C_1 کمی بیشتر و در نتیجه این پیک مشخص است ($I_{pc1} = 0.12 \mu A$ و $I_{pc2} = 0.04 \mu A$). با افزایش دمای تهیه از ۲°C، پیک کاتدی C_p به بهای کاهش ارتفاع پیک کاتدی C_1 به تدریج رشد می کند، به طوری که در دمای تهیه ۲۰°C، دو پیک کاتدی به صورت یک پیک پهن نمودار می شود. پس از آن با



شکل ۱۴ - منحنی تغییرات I_{pa} لایه نازک پلیمری تهیه شده در سرعت‌های روبش متفاوت بر حسب سرعت روبش تهیه پلیمر.

در پژوهش حاضر، اثر دما بر فرایند الکتروپلیمر شدن α - نفتیل آمین مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور ابتدا در

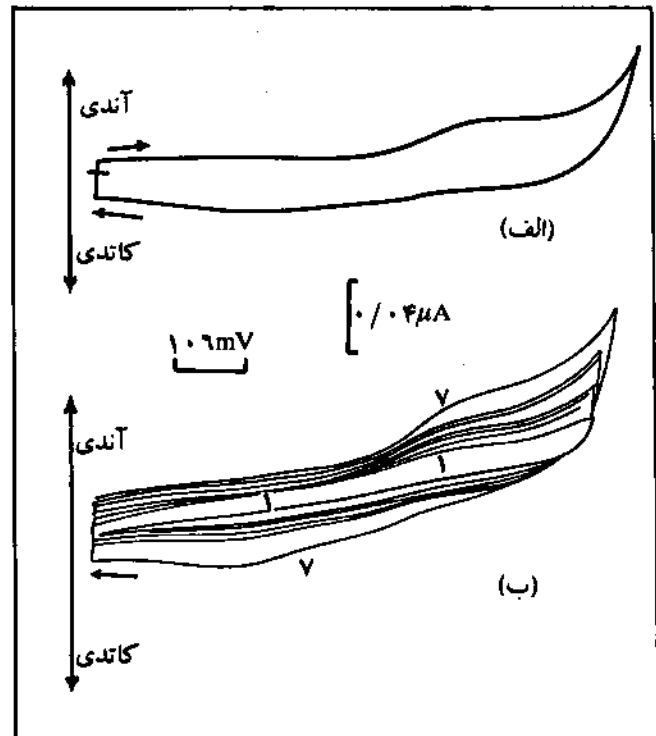


شکل ۱۶- ولتاموگرامهای چرخه‌ای به دست آمده در دماهای تهیه متفاوت. الف) ولتاموگرام چرخه‌ای محلولی از مونومر در روبش سی‌ام در دمای ۲۰°C، ب) ولتاموگرامهای چرخه‌ای لایه نازک پلی (α - نفتیل آمین) تهیه شده در قسمت الف در الکترولیت حامل تنها در سرعتهای روبش متفاوت ۱-۲، ۱۰-۲، ۲۰-۳، ۳۰-۴، ۵۰-۵، ۶۰-۶، ۸۰-۷، ۱۰۰-۸ و ۲۰۰ mV/s.

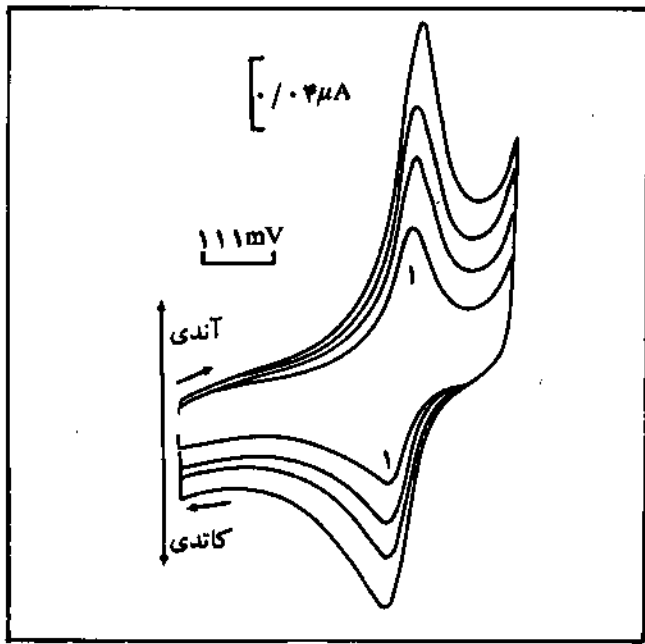
شکل ۱۸- الف) ولتاموگرام چرخه‌ای محلولی از مونومر در روبش سی‌ام در دمای ۱۵°C، ب) ولتاموگرامهای چرخه‌ای لایه نازک پلی (α - نفتیل آمین) تهیه شده در قسمت الف در الکترولیت حامل تنها و در سرعتهای روبش متفاوت ۱-۲، ۵۰-۲، ۶۰-۳، ۸۰-۴ و ۱۰۰ mV/s.

افزایش بیشتر دمای تهیه پلی (α - نفتیل آمین)، پیک کاتدی C_۲ رشد می‌کند و سرانجام به صورت یک پیک کاملاً مشخص و تیز در می‌آید ولی پیک کاتدی C_۱ به سختی قابل تشخیص می‌شود (تا دمای ۵۰°C). از دمای تهیه ۵۰°C و بالاتر از آن دوباره پیک کاتدی خمیده می‌گردد، به طوری که در دمای تهیه ۶۱°C، دو پیک کاتدی به صورت پیک پهن کم ارتفاعی نمودار می‌شود.

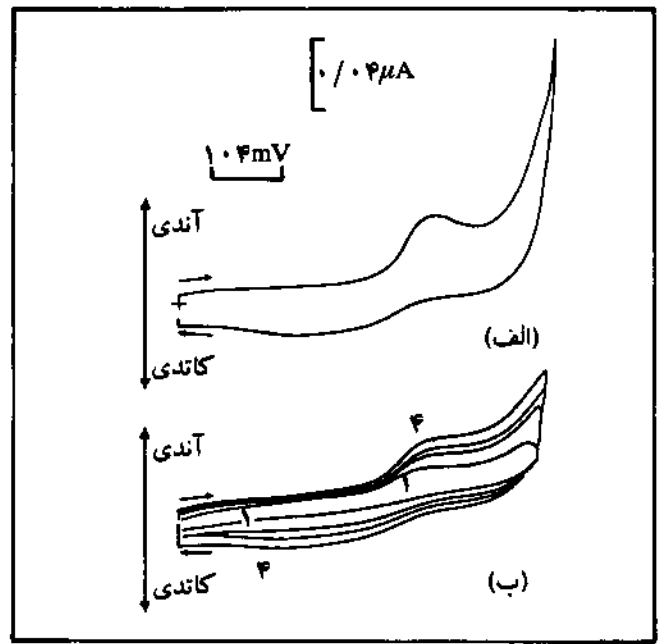
پیک آندی تا دمای ۲۰°C پهن است ولی با افزایش دمای تهیه از ۲۰°C، به صورت یک پیک کاملاً مشخص و تیز نمایان می‌شود. از طرفی I_{pa} ولتاموگرام چرخه‌ای حاصل از روبش سی‌ام در حضور مونومر تا دمای ۳۶°C و متناسب با افزایش دما، به طور مرتب زیاد می‌شود. آهنگ رشد در دماهای بین ۲۰ تا ۳۵°C سریع است و از دمای ۳۵ تا ۳۶°C از سرعت آن کاسته می‌شود. از طرفی، با تجاوز دما از ۳۶°C، I_{pa} دوباره به سرعت کاهش می‌یابد و از مینیمی در دمای ۵۰°C می‌گذرد که این دما بر نقطه ذوب مونومر α - نفتیل آمین منطبق است. شکل ۱۷ منحنی تغییرات I_{pa} لایه پلیمری تهیه شده در دماهای متفاوت را بر حسب دمای تهیه پلیمر نشان می‌دهد.



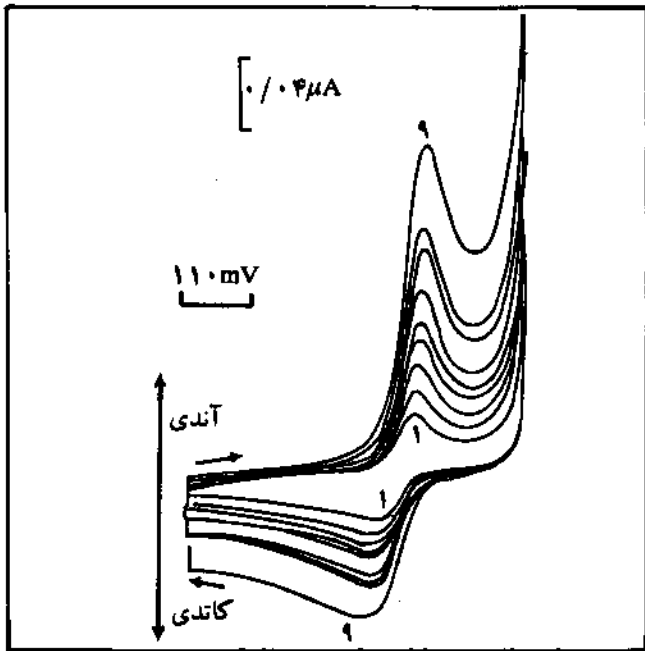
شکل ۱۷- الف) ولتاموگرام چرخه‌ای محلولی از مونومر در روبش سی‌ام در دمای ۱۰°C، ب) ولتاموگرامهای چرخه‌ای لایه نازک پلی (α - نفتیل آمین) تهیه شده در سرعتهای روبش متفاوت ۱-۲، ۲۰-۳، ۳۰-۴، ۵۰-۵، ۶۰-۶، ۸۰-۷ و ۱۰۰-۸ و ۲۰۰ mV/s.



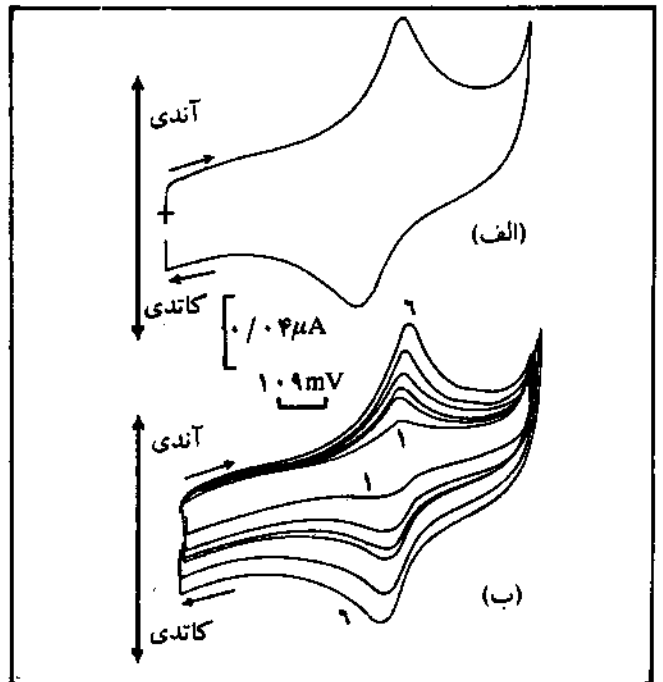
شکل ۲۱- ولتاموگرامهای چرخه‌ای لایه نازک پلی (α - نفتیل آمین) تهیه شده در دمای ۲۰°C، در الکترولیت حامل تنها و در سرعت‌های روبش متفاوت ۱-۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۸۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ mV/s (دامنه پتانسیل ۰/۵۰۰ تا ۰/۶۰۰V نسبت به SCE است).



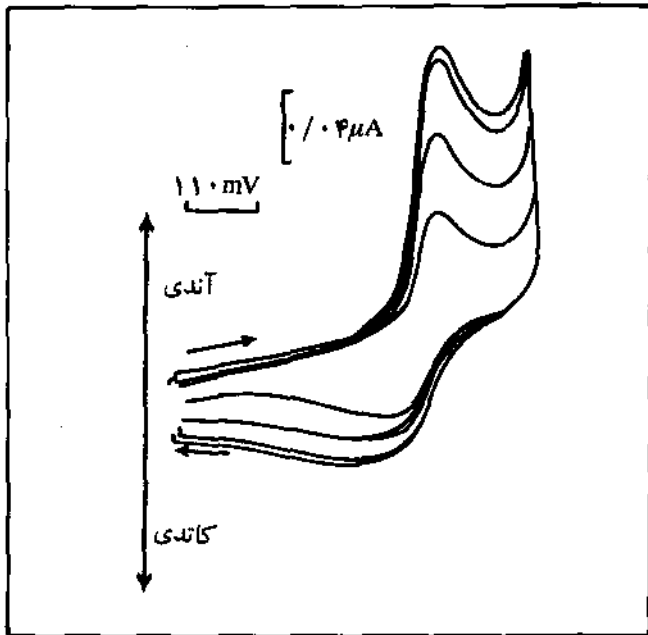
شکل ۱۹- (الف) ولتاموگرام چرخه‌ای محلولی از مونومر در روبش سیام در دمای ۲۰°C، (ب) ولتاموگرامهای چرخه‌ای لایه نازک پلی (α - نفتیل آمین) تهیه شده در قسمت الف در الکترولیت حامل تنها و در سرعت‌های روبش متفاوت ۱-۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ mV/s.



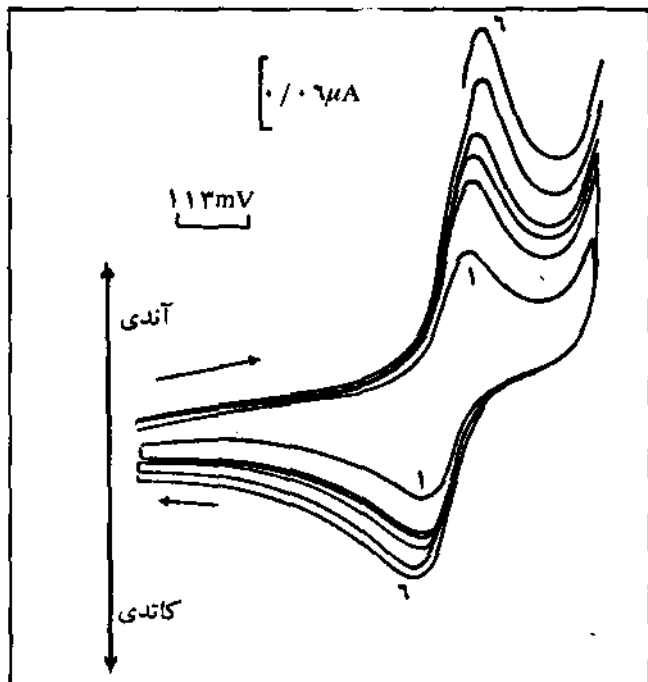
شکل ۲۲- ولتاموگرامهای چرخه‌ای لایه نازک پلی (α - نفتیل آمین) تهیه شده در دمای ۲°C، در الکترولیت حامل تنها و با سرعت‌های روبش متفاوت ۱-۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۸۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰، ۶۰۰، ۷۰۰ و ۸۰۰ mV/s (دامنه پتانسیل ۰/۵۰۰ تا ۰/۶۰۰V نسبت به SCE، سرعت روبش ۱۰۰ mV/s، الکترولیت حامل پرکلریک اسید ۰/۲M و غلظت مونومر ۵x۱۰^{-۳}M است).



شکل ۲۰- (الف) ولتاموگرام چرخه‌ای محلولی در روبش سیام در دمای ۲۵°C، (ب) ولتاموگرامهای چرخه‌ای لایه نازک پلی (α - نفتیل آمین) تهیه شده در قسمت الف در الکترولیت حامل تنها و در سرعت‌های روبش متفاوت ۱-۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ mV/s.



شکل ۲۴ - ولتاموگرامهای چرخه‌ای لایه نازک پلی (α - نفتیل آمین) تهیه شده در دمای ۱۵°C، در الکترولیت حامل تنها و با سرعتهای روبش متفاوت ۱-۲۰، ۲۰-۳۰، ۳۰-۵۰، ۵۰-۸۰ و ۳-۴۰ mV/s (دامنه پتانسیل ۰/۵۰۰- تا ۰/۶۰۰V نسبت به SCE، سرعت روبش ۱۰۰ mV/s، غلظت مونومر $5 \times 10^{-2} M$ الکترولیت حامل پرکلریک اسید ۰/۲M و غلظت مونومر $5 \times 10^{-2} M$ است).

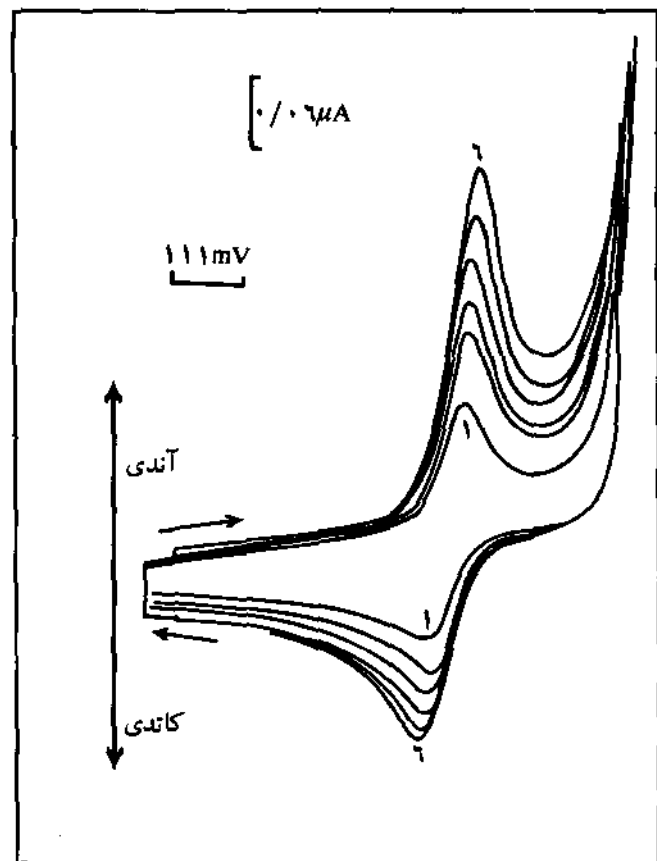


شکل ۲۵ - ولتاموگرامهای چرخه‌ای لایه نازک پلی (α - نفتیل آمین) تهیه شده در دمای ۲°C، در الکترولیت حامل تنها و با سرعتهای روبش متفاوت ۱-۲۰، ۲۰-۳۰، ۳۰-۴۰، ۴۰-۵۰، ۵۰-۶۰، ۶۰-۸۰ و ۶-۱۰۰ mV/s.

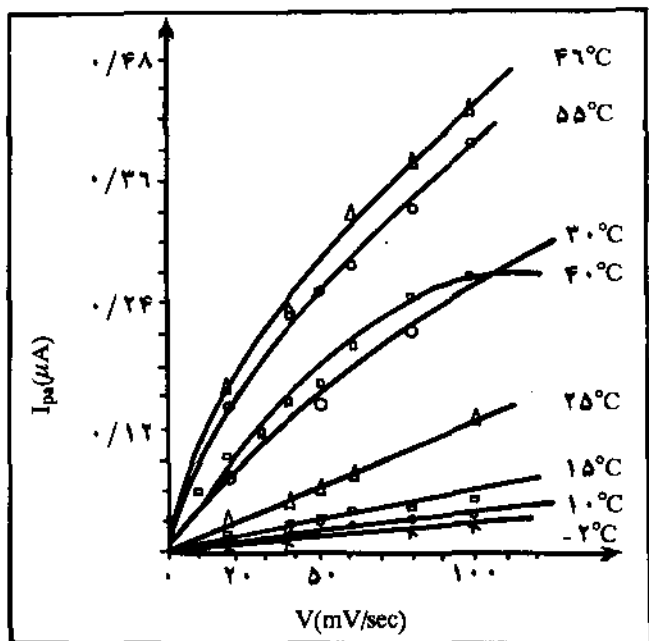
در مورد α - نفتیل آمین، چنانچه ضخامت فیلم پلیمری تشکیل شده در دماهای مختلف و در پایان سی‌امین روبش یکسان در نظر گرفته شود، نتایجی برخلاف نتایج حاصل برای پلی آنیلین به دست می‌آید. بدین معنی که رسانایی الکتریکی و فعالیت الکتریکی لایه نازک پلی (α - نفتیل آمین) در دماهای پایین کم است و با افزایش دما زیاد می‌شود و افزایش بیشتر دما باعث کاهش رشد فیلم پلیمری می‌گردد، در نتیجه رسانایی الکتریکی و فعالیت الکتریکی آن نیز کم می‌شود.

منحنی تغییرات ماکسیمم شدت جریان پیک آنودی فیلم پلیمری تهیه شده در دمای مورد نظر نیز برحسب سرعتهای روبش پتانسیل در شکلهای ۲۸ و ۲۹ نشان داده شده است. به طوری که ملاحظه می‌شود تا دمای تهیه ۲۵°C، تغییرات I_{pa} برحسب سرعت روبش پتانسیل خطی است، یعنی فرایند الکترودی از پدیده انتشار پیروی نمی‌کند و لایه نازک پلی (α - نفتیل آمین) با الکتروود بستر خود اتصال الکتریکی خوبی دارد ولی، در دماهای بالاتر این تغییرات حالت خطی ندارد و شکل منحنی به خود می‌گیرد.

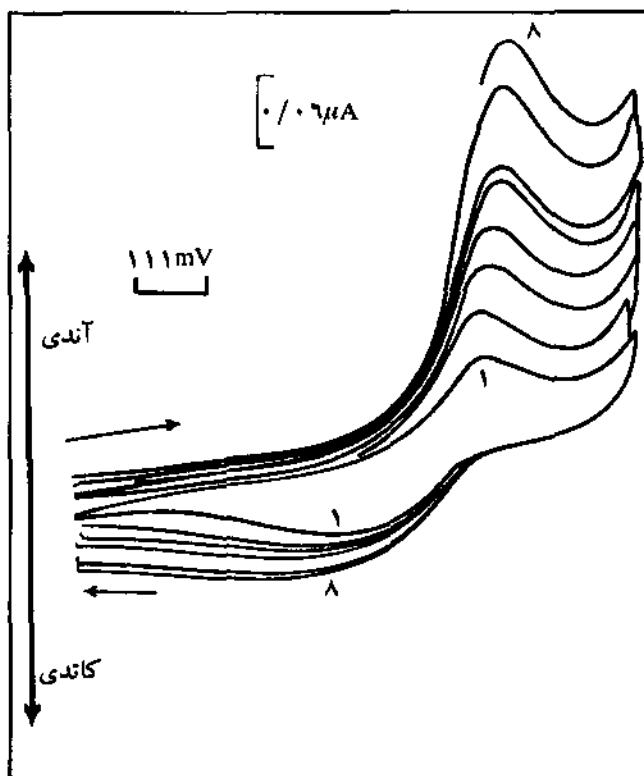
فیلم پلیمری α - نفتیل آمین در دماهای بالاتر (۳۵ و ۴۵°C) به روش الکتروشیمیایی بر سطح الکتروود گرافیت شیشه‌ای پس از ۳۰



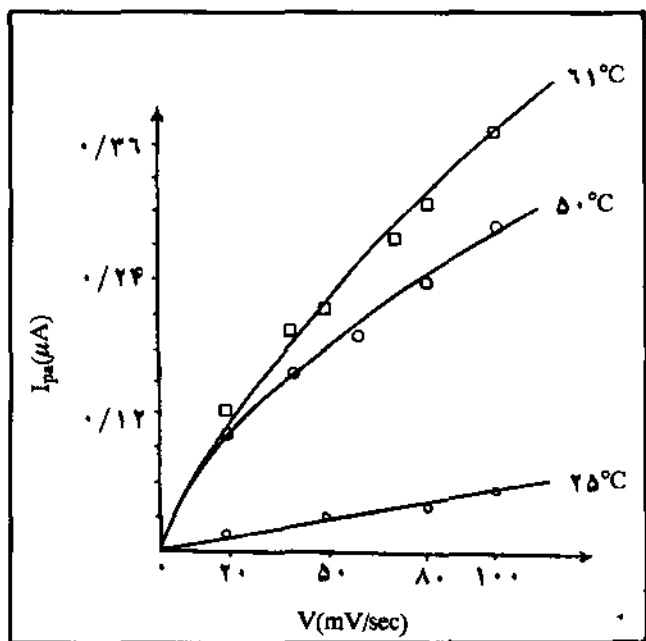
شکل ۲۳ - ولتاموگرامهای چرخه‌ای لایه نازک پلی (α - نفتیل آمین) تهیه شده در دمای ۲°C، در الکترولیت حامل تنها و با سرعتهای روبش متفاوت ۱-۲۰، ۲۰-۳۰، ۳۰-۴۰، ۴۰-۵۰، ۵۰-۶۰، ۶۰-۸۰ و ۶-۱۰۰ mV/s.



شکل ۲۸ - منحنی تغییرات I_{pa} لایه نازک پلی (α - نفتیل آمین) تهیه شده در دماهای متفاوت بر حسب سرعت روبش پتانسیل.

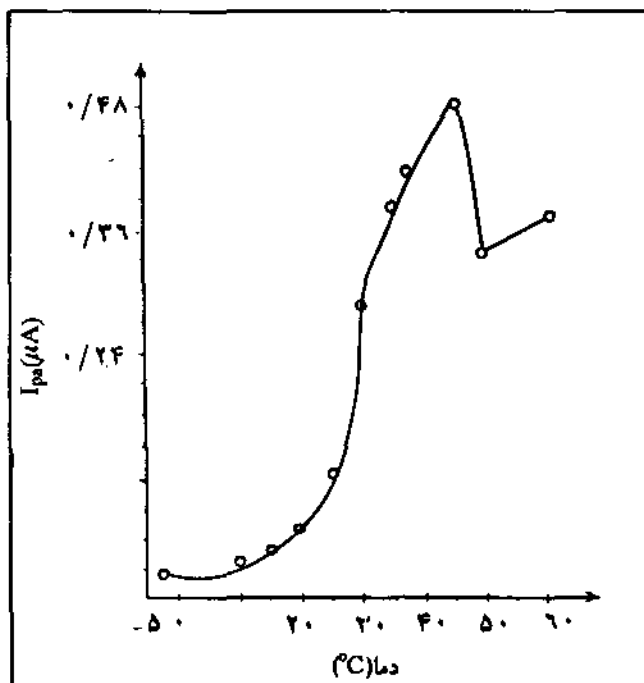


شکل ۲۶ - ولتاموگرامهای چرخه‌ای لایه نازک پلی (α - نفتیل آمین) تهیه شده در دمای 15°C در الکترولیت حامل تنها و با سرعت‌های روبش متفاوت ۸۰-۷، ۶۰-۶، ۵۰-۵، ۴۰-۴، ۳۰-۳، ۲۰-۲، ۱۰-۱ و 100 mV/s .



شکل ۲۹ - منحنی تغییرات I_{pa} لایه نازک پلی (α - نفتیل آمین) تهیه شده در دماهای متفاوت بر حسب سرعت روبش پتانسیل.

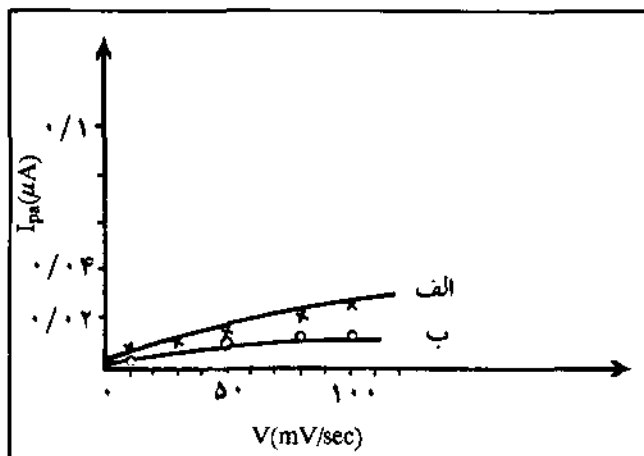
رویش متوالی در گستره پتانسیل ۰/۵۰۰ تا ۰/۶۰۰V + نسبت به SCE و با سرعت روبش 100 mV/s نشانده شده است. ولتاموگرام چرخه‌ای این فیلم پلیمری در الکترولیت حامل تنها (پرکلریک اسید ۰/۲M) در دمای 25°C با سرعت‌های روبش پتانسیل خطی نیست. این امر نشان می‌دهد که شکل شناسی و آرایش زنجیرهای پلیمری در



شکل ۲۷ - منحنی تغییرات I_{pa} لایه پلیمری تشکیل شده در دماهای متفاوت و روبش سی‌ام بر حسب دمای تشکیل لایه پلیمری.

- [11]Diaz A.F. ,Kanazawa. K.K. ,in Extended Linear Chain Compounds ,Miller J.S.Ed. ,Plenum ,New York ,1982 ,P. 417.
- [12]D.M.Mohilner ,R.N.Adams and W.J.Argersinger Jr. ,J.Am. Chem. Soc. ,84 ,1962 ,3618.
- [13]Bacon J. ,Adams R.N. ,J.Arner. Chem. Soc. ,1968 ,90 ,6596.
- [14]L.R.Sharma ,A.K.Manchanda ,G.Singh and Ranjit S.Verma, Electro Chimica ,Acta. ,27(2) ,1982 ,223.
- [15]E.M.Genies and C.Tsintavis ,J.Electroanal. Chem. ,195 ,1985 ,109.
- [16]G.Canquis E.M.Genies and D.Serve ,Tetrahedron. Lett. ,1972 ,509.
- [17]S.Cattarin ,L.Doubova ,G.Mengoli and G.Zotti ,Electro Chimica. Acta. ,33(8) ,1988 ,1077.
- [18]G.Zotti ,S.Cattarin and N.Comisso ,J.Electroanal. Chem. ,239 ,1988 ,387.
- [19]G.Zotti ,S.Cattarin and N.Comisso ,J.Electroanal. Chem. ,235 ,1987 ,259.
- [20]C.A.108:64481 P.Nippon Kigaku 1987 ,(11) ,2038-44 (Japan).
- [21]M.Gholamian and A.Q.Contractor. ,J.Electroanal. Chem. ,252 ,1988 ,291.

دماهای متفاوت یکسان نیست. منحنی تغییرات I_{pa} فیلم پلیمری تهیه شده در دمای 35°C و 45°C بر حسب سرعت روبش پتانسیل در الکترولیت حامل تنها با دمای 25°C در شکل ۳۰ نشان داده شده است.



شکل ۳۰ - نمودار تغییرات I_{pa} لایه پلیمری تهیه شده در دمای متفاوت در الکترولیت حامل تنها با دمای 25°C بر حسب سرعت روبش پتانسیل (الف) دمای تهیه 35°C (ب) دمای تهیه 45°C .

REFERENCES

- [1]J.H.Lai ,S.A.Jenekhe ,R.J.Jensen and M.Royer ,Solid State Technol. ,12 ,1984 ,149.
- [2]R.J.Waltman ,A.F.Diaz and J.Bargon ,J.Electro-Chem. Soc. ,131 ,1984 ,1452 ,2847.
- [3]R.J.Waltman and J.Bargon ,Canadian ,J.Chem. ,64-1 ,1986 ,76.
- [4]G.S.Shapoval and T.E.Lipatova ,Elektrokhimicheskoe Initsiirouanie.Polimerizatsii (Electro-Chemical Initiation of Polymerization) ,Kier ,Naukova Dumka ,1977.
- [5]B.M.Tidswell ,Macromol. Chem. ,1 ,1980 ,74.
- [6]Funt L. ,Tanner J. , "Electrochemical Synthesis of Polymers" , in Technique of Electro-Organic Synthesis ,Weinberg N.L.Ed. ,Wiley Interscience ,1975 ,Chap. xi.
- [7]Lund H. ,Acta chem. Scand. ,1957 ,11 ,1323.
- [8]Dall' Olio A. ,Dascola Y. ,Varacca V. ,Bocchi V. ,C. R. Acad. Sci. Paris ,1968 ,267 ,Serie C. ,433.
- [9]Diaz A.F. ,Kanazawa K.K. ,Gardini G.P. ,J. Chem. Soc. , Chem. Comm. ,635 ,1979.
- [10]Diaz A.F. ,Gastillo J.I. ,Logan J.A. ,Lee W.Y. ,J.

