



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

211 798

Int.Cl.³

3(51) C 08 G 59/50

C 08 G 59/14

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP C 08 G/ 2450 581

(22) 19.11.82

(44) 25.07.84

(71) FRIEDRICH-SCHILLER-UNIVERSITÄT JENA;DD;

(72) HOERHOLD, HANS-HEINRICH, PROF. DR. HABIL. DIPL.-CHEM.;

KLEE, JOACHIM, DR. RER. NAT. DIPL.-CHEM.; HELBIG, MANFRED, DR. RER. NAT. DIPL.-CHEM.;

BAUMBACH, NORBERT, DIPL.-CHEM.;DD;

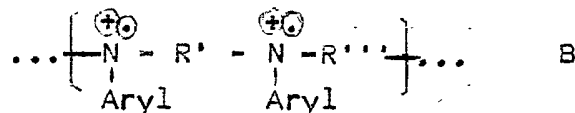
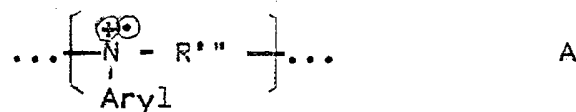
(54) VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON HOCHMOLEKULAREN POLY(RADIKALKATIONEN)

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von löslichen hochmolekularen Poly(radikalkationen) mit Strukturgliedern, die als filmbildende Polymerfarbstoffe, polymere Redox-Reagentien, kationische Polyelektrolyte und filmbildende Halbleiter neue technische Lösungen eröffnen. Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß hochmolekulare lösliche Epoxid-Arylamin-Additionspolymere bzw. entsprechende Copolymere durch Oxidationsprozesse in Lösung, als Festkörper, Film oder in Festkörperoberflächen zu Poly(radikalkationen) der oben genannten Typen umgesetzt werden. Die Oxidation kann chemisch, z. B. durch elementare Halogene, Tetracyanethylen, Chloranil oder Antimonpentachlorid; photochemisch, beispielsweise in Gegenwart von Sauerstoff oder Alkylhalogeniden, gegebenenfalls in Gegenwart von Sensibilisatoren, oder auch elektrochemisch in Gegenwart von Leitsalzen, vorgenommen werden. Formeln

Verfahren zur Herstellung von hochmolekularen Poly(radikalkationen)

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von hochmolekularen Poly(radikalkationen), die Arylamin-Radikalkation-Gruppen A oder B in einer makromolekularen Kette tragen:



Hochmolekulare Poly(radikalkationen) dieser Art sind in Abhängigkeit vom Arylrest und dessen Substitution mehr oder weniger stabile Radikalkationen, die ein mit geringer Energie anregbares π -Elektronensystem besitzen und bei denen die Radikalion-Funktion mit den vorteilhaften mechanischen, technologischen und strukturspezifischen Eigenschaften von filmbildenden Makromolekülen verbunden ist. Technisch wertvolle Eigenschaften der erfindungsgemäßen Radikalkationen sind unter anderem: die Lichtabsorption im sichtbaren Bereich, die erhöhte elektronische Leitfähigkeit von Kombinationen der Radikalkationen mit geeigneten Gegenionen, die Photoleitfähigkeit im sichtbaren Bereich, der Paramagnetismus, die Fähigkeit der Einelektronen-Reduktion oder Oxidation,

die durch den Polykation-Charakter gegebene Möglichkeit der Kombination mit den verschiedensten Anionen durch Ionenaustausch oder im Zuge der Herstellung. Die erfindungsgemäßen Poly(radikalkationen) können daher als Zwischenprodukte für die Herstellung von optischen, photoelektrischen, elektronischen und chemischen Bauelementen oder großflächigen Schichtelementen dienen. Das Herstellungsverfahren kann auch als chemischer Prozeßschritt beim Aufbau derartiger Bauelemente angewendet werden.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Epoxid-Amin-Additionspolymere sind in den DDR-Patenten 154985 und 149534 und in den Publikationen von Hörhold und Mitarb. Makromol. Chemie, Rapid Commun. 2 (1981) 113 und Z. Chem. 22 (1982) 166 beschrieben.

Bisher ist nur durch die Publikation der Miterfinder Hörhold und Klee in Z. Chem. 22 (1982) 166 die Radikalkation-Bildung von DGEBA-Additionspolymeren mitgeteilt worden.

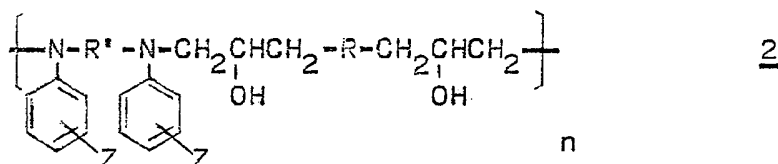
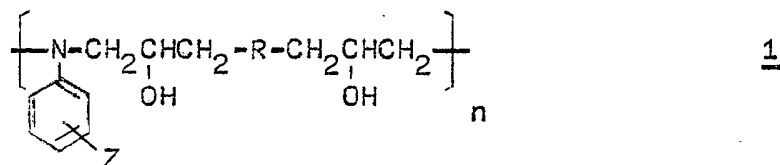
In dem DDR-Patent WP 232300/3 sind Poly(radikalkationen) vom Wurster-Typ hergestellt worden, die aber auf Basis von N,N'-disubstituierten p-Phenylendiaminen und Diepoxiden erhalten worden sind, so daß nicht die der Erfindung zugrundeliegenden spezifischen Epoxid-Arylamin-Additionspolymeren Grundlage der Oxidationsreaktion gewesen sind.

Ziel der Erfindung

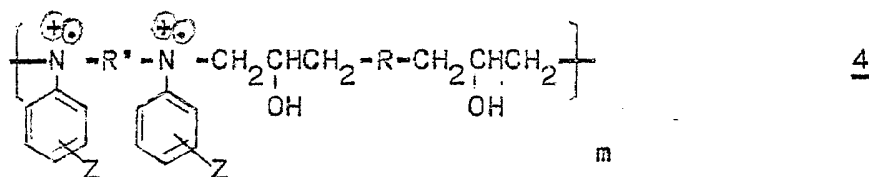
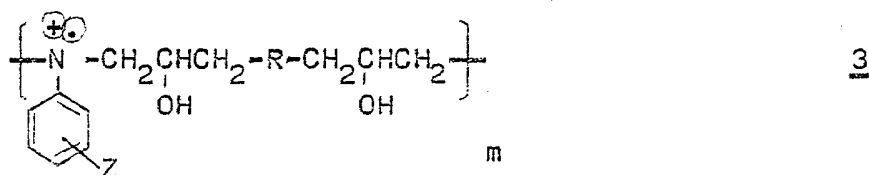
Das Ziel der Erfindung besteht darin, ein allgemein anwendbares Verfahren zur Herstellung von hochmolekularen Poly(radikalkationen) zu finden. Um die Verwendung für die Herstellung von großflächigen Schichtelementen zu ermöglichen, soll angestrebt werden, daß die neuen Polykationen oder ihre chemischen Vorstufen löslich oder thermoplastisch verformbar sind und allein oder mit Bindemitteln zu Schichten verformt werden können.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Erfindungsgemäß ist das Verfahren zur Herstellung von hochmolekularen Poly(radikalkationen) dadurch gekennzeichnet, daß lösliche filmbildende Epoxid-Arylamin-Additionspolymere, die aus der Polyaddition von Diepoxiden mit einer Arylverbindung mit einer primären Aminogruppe hervorgegangen sind, vorzugsweise solche der Struktur 1 oder 2 und Copolymere mit entsprechenden Strukturgliedern,



durch einen Oxidationsprozeß an mehreren (m) Strukturgliedern (2 - m - n) zu Poly(radikalkationen) des Typs 3 bzw. 4 umgesetzt werden



wobei in 1, 2, 3 und 4 die Reste Z, R und R' vorzugsweise die folgende Bedeutung haben:

Z = H, Halogen (F, Cl, Br, J), R"O-, R"S-, R"N-, CH₃,
R"CO-, R"COC-, (R" = Alkyl, Arylreste), ²

R^* = aliphatischer, araliphatischer, cycloaliphatischer difunktioneller Rest oder ein hiervon abgeleiteter substituiertes Rest, wie $-CH_2CH_2-$, $-CH_2C_6H_4CH_2-$, $-C_6H_{10}-$, $-CH_2CH_2OCH_2CH_2OCH_2CH_2-$,

R = difunktioneller Rest, der zwei Glycidylgruppen verbinden kann, vorzugsweise $-OC_6H_4C(CH_3)_2C_6H_4O-$, $-OC_6H_4CH_2C_6H_4O-$, $-OC_6H_4O-$, $-OOC-R^*-COO-$.

Der erfindungsgemäße Oxidationsprozeß zu Poly(arylamminradikalkationen) kann jedoch auch auf weitere Arylamin-Additionspolymere angewendet werden, beispielsweise auf solche, die in der Kette andere Arylamin-Gruppen, die sich von ein- oder mehrkernigen, ein- oder mehrfachsubstituierten primären Arylaminen ableiten, tragen.

$\diagup N - Ar$ (Arylrest, ein- oder mehrkerniger, ein- oder mehrfachsubstituierter Arylrest, beispielsweise Naphthyl oder 2,4-Dimethoxyphenyl)

Hochmolekulare filmbildende Epoxid-Arylamin-Additionspolymere sind durch Additionspolymerisation von Diglycidylverbindungen und primären aromatischen Monoaminen bzw. N,N'-Diaryldiaminen nach bekannten Verfahren zugänglich (DD 154985, DD 149534, vgl. auch Publikationen von Hörhold u. Mitarb. Makromol. Chemie, Rapid Commun. 2 (1981) 113, Z. Chem. 22 (1982) 166).

Diese Epoxid-Arylamin-Additionspolymeren sind in organischen Lösungsmitteln, wie THF, Dioxan und Pyridin, und in dem Lösungsmittelgemisch $CHCl_3/CH_3OH$ (4:1) löslich und können aus diesen Lösungen zu Filmen und Schichten vergossen werden.

Die erfindungsgemäße Oxidation der Epoxid-Arylamin-Additionspolymeren ist mit verschiedenen Oxidationsmitteln durchführbar. Als chemische Oxidationsmittel sind für die Zwecke der Erfindung besonders elementare Halogene, Antimonpentachlorid, Chloranil, Tetracyanethylen und Bleitetraacetat geeignet.

Die Oxidation zu Poly(arylamminradikalkationen) kann auch pho-

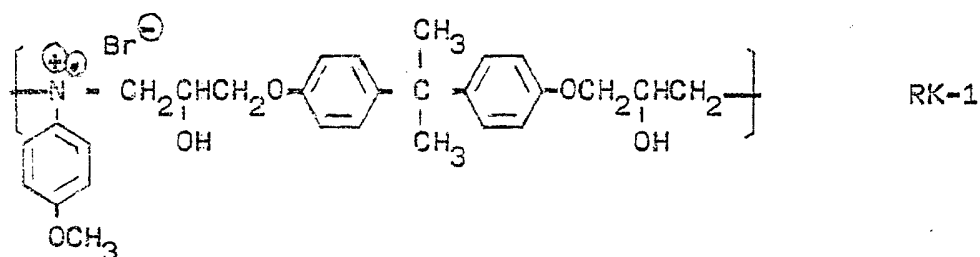
tochemisch, beispielsweise durch Sauerstoff ($^1\text{O}_2$) oder Alkylhalogenide, gegebenenfalls in Gegenwart von Sensibilisatoren, vorgenommen werden.

Die Oxidation der Epoxid-Arylamin-Additionspolymeren kann erfindungsgemäß auch elektrochemisch durchgeführt werden. Dabei erfolgt die Oxidation, beispielsweise an der Anode einer mit einem Diaphragma versehenen Elektrolysezelle, in Gegenwart eines geeigneten Leitsalzes, wie z. B. Tetraethylammoniumperchlorat, Tetrabutylammoniumperchlorat oder Lithiumperchlorat. Erfolgt die Oxidation nicht in Lösung, sondern in fester Phase, z. B. an auf der Anode aufgetragenen dünnen Filmen der Additionspolymeren, so ist die Verwendung eines Diaphragmas nicht erforderlich.

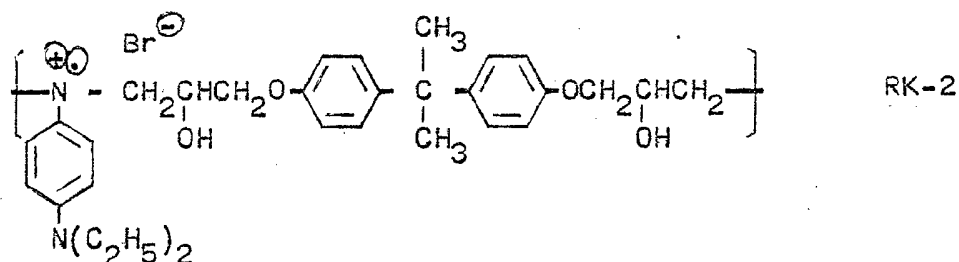
Es ist weiter gefunden worden, daß die Epoxid-Arylamin-Additionspolymeren sowohl in Lösung als auch als Feststoff, vorzugsweise in Form dünner Schichten, zu den erfindungsgemäßen Poly(radikalkationen) umgewandelt werden können.

Ferner kann das Verfahren der Oxidation auch durch Bedampfen entsprechender Epoxid-Arylamin-Polymerschichten mit dem Oxidationsmittel, z. B. Jod, oder durch Kontakt der Oberflächen von Additionspolymer-Schichten mit gasförmigen, flüssigen, gelösten oder festen Oxidationsmitteln erfolgen.

Beispielsweise wird zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens die Polymerschicht eines Epoxid-Arylamin-Additionspolymeren aus p-Anisidin und Bisphenol-A-diglycidylether oxidiert, indem die Schicht kurze Zeit (1 - 10 s) in ein mit Bromdampf gesättigtes Gefäß gebracht wird. Dabei entsteht ein rotes Poly(radikalkation), das folgende Strukturglieder enthält:



Ferner kann die Oxidation der Epoxid-Arylamin-Additionspolymeren in Lösung durchgeführt werden. So wird z. B. ein Additionspolymer aus N,N-Diethyl-p-phenylendiamin und Bisphenol-A-diglycidylether in $\text{CHCl}_3/\text{CH}_3\text{OH}$ (4:1) gelöst und durch Zugabe von Brom bei Raumtemperatur umgesetzt. Es entsteht ein blaues Poly(radikalkation) mit Absorptionsmaxima bei 635 und 585 nm, das folgende Strukturglieder enthält:



Beispiel 1

50 mg eines Additionspolymeren aus p-Anisidin und Bisphenol-A-diglycidylether ($\bar{M}_n$ 12 000) hergestellt nach DD 154985 Beispiel 3 werden in 1 ml $\text{CHCl}_3/\text{CH}_3\text{OH}$ gelöst. Die Lösung wird auf eine Quarzplatte gegeben und das Lösungsmittel abgedampft. Die entstandene Schicht wird 1 - 10 Sekunden bei Raumtemperatur Bromdampf ausgesetzt, indem die Schicht in ein Gefäß gebracht wird, das am Boden einige Gramm elementares Brom enthält und in welchem sich der Gleichgewichtsdampfdruck eingestellt hat.

Es entsteht ein rotes Poly(radikalkation), das Strukturglieder der RK-1 enthält. (vgl. Abb. 1)

Beispiel 2

50 mg eines Additionspolymeren aus N,N-Diethyl-p-phenylendiamin und Bisphenol-A-diglycidylether ($\bar{M}_n$ 10 800) werden in 1 ml $\text{CHCl}_3/\text{CH}_3\text{OH}$ gelöst. Diese Lösung wird auf eine Quarzplatte aufgebracht und das Lösungsmittel wird abgedampft. Danach wird die Schicht an der Luft mit einer Quecksilberdampfhochdrucklampe (HBO 200) bestrahlt. Es entsteht dabei eine blaue Schicht, die ein Poly(radikalkation) enthält, das Strukturglieder RK-2 aufweist. (Abb. 2)

Beispiel 3

0,281 g (0,46 mmol WSE) eines Additionspolymeren aus N,N'-Di(p-methoxyphenyl)ethylendiamin und Bisphenol-A-diglycidylether ($\bar{M}_n$ 6600) werden in 20 ml $\text{CHCl}_3/\text{CH}_3\text{OH}$ (4:1) gelöst und unter Rühren werden 73,27 mg (0,46 mmol) Brom langsam zuge-
tropft. Die entstandene rote Lösung wird sofort zu einem roten Film vergossen.

Wird die rote Lösung längere Zeit bei Raumtemperatur gehalten (2 Stunden) tritt ein Farbumschlag nach grün ein. Die Polymerlösung wird dann in 200 ml Hexan getropft, das ausgefallene Poly(kation) wird abgetrennt und während 12 Stunden bei 80 °C und 0,01 Torr getrocknet.

Ausbeute: 0,130 g (37 % d. Th.)

($\text{C}_{37}\text{H}_{44}\text{Br}_2\text{N}_2\text{O}_6$) (772,6)

Ber.	C 57,52	H 5,74	Br 20,69	N 3,63
Gef.	C 57,95	H 6,07	Br 20,83	N 3,32

Beispiel 4

0,965 g (2,08 mmol WSE) eines Additionspolymeren aus p-Anisidin und Bisphenol-A-diglycidylether ($\bar{M}_n$ 12 000) werden in 20 ml $\text{CHCl}_3/\text{CH}_3\text{OH}$ gelöst und mit 52,83 mg (0,21 mmol) Jod in 5,283 ml CHCl_3 tropfenweise unter Rühren versetzt. Die entstehende rote Lösung wird sofort zu einem roten Film vergossen.

Wird die rote Lösung längere Zeit bei Raumtemperatur gehalten (2 Stunden), tritt ein Farbumschlag nach grün ein. Die Polymerlösung wird in 200 ml Hexan getropft, das ausgefallene Poly(kation) wird abgetrennt und 8 Stunden bei 0,01 Torr und 80 °C getrocknet.

Ausbeute: 0,76 g (75 % d. Th.)

($\text{C}_{28}\text{H}_{33}\text{J}_{0,2}\text{NO}_5$) (489,0)

Ber.	C 68,78	H 6,80	J 5,19	N 2,86
Gef.	C 68,56	H 6,90	J 5,60	N 2,71

Beispiel 5

1,043 g (2,25 mmol WSE) eines Additionspolymeren aus p-Anisidin und Bisphenol-A-diglycidylether ($\bar{M}_n$ 12 000) werden in 20 ml $\text{CHCl}_3/\text{CH}_3\text{OH}$ gelöst und mit 142,75 mg (0,56 mmol) Jod in 14,28 ml CHCl_3 tropfenweise unter Rühren versetzt. Die rote Polymerlösung wird dann in 200 ml Hexan getropft, das ausgefallene Poly(radikalkation) wird abgetrennt und 8 Stunden bei 0,01 Torr und 80 °C getrocknet.

Das Poly(radikalkation) weist im ESR-Spektrum ein breites nicht aufgelöstes Signal auf (Abb. 3) und eine Absorption bei 450 nm (Abb. 4).

Ausbeute: 0,92 g (78 % d. Th.). Es zeigt folgende analytische Zusammensetzung.

$(\text{C}_{28}\text{H}_{33}\text{J}_{0,5}\text{NO}_5) -$		(527,0) -			
Ber.	C 63,81	H 6,31	J 12,04	N 2,66	
Gef.	C 63,50	H 6,54	J 12,45	N 2,28	

Beispiel 6

0,488 g (1,02 mmol WSE) eines Additionspolymeren aus N,N-Diethyl-p-phenylendiamin und Bisphenol-F-diglycidylether ($\bar{M}_n$ 5200) werden in 40 ml $\text{CHCl}_3/\text{CH}_3\text{OH}$ (4:1) gelöst und unter Rühren mit 81,80 mg (0,51 mmol) Brom versetzt. Das blaue Poly(radikalkation) wird in 200 ml Hexan ausgefällt und 8 Stunden bei 80 °C und 0,01 Torr getrocknet.

Ausbeute: 0,342 g (60 % d. Th.)

$(\text{C}_{29}\text{H}_{36}\text{N}_2\text{O}_4\text{Br}) -$		(556,5) -			
Ber.	C 62,59	H 6,52	Br 14,36	N 5,03	
Gef.	C 62,52	H 6,45	Br 14,15	N 4,97	

Beispiel 7

0,360 g (0,713 mmol WSE) eines Additionspolymeren aus N,N-Diethyl-p-phenylendiamin und Bisphenol-A-diglycidylether ($\bar{M}_n$ 10 800) werden in 25 ml $\text{CHCl}_3/\text{CH}_3\text{OH}$ gelöst und mit

14,25 mg (0,089 mmol) Brom tropfenweise und unter Rühren versetzt. Die Polymerlösung wird in 200 ml Hexan eingetropft und das ausgefallene Poly(radikalkation) wird abgetrennt und im Vakuum getrocknet. Das blaue Poly(radikalkation) zeigt im UV-Spektrum Absorptionsmaxima bei 585 nm und 635 nm.

Ausbeute: 0,281 g (75 % d. Th.)

(C₃₁H₄₀Br_{0,25}N₂O₄) (524,6)

Ber.	C 70,97	H 7,69	Br 3,81	N 5,34
Gef.	C 69,86	H 7,89	Br 3,78	N 5,78

Beispiel 8

15 mg eines Additionspolymeren aus p-Anisidin und Bisphenol-A-diglycidylether ($\bar{M}_n$ 12 000) werden gemeinsam mit 250 mg Tetraethylammoniumperchlorat in 25 ml CHCl₃/CH₃OH gelöst. Die Lösung wird in eine elektrochemische Zelle eingebracht, die zur Trennung von Anoden- und Katodenraum ein Diaphragma enthält, und einem Gleichstrom von 1 mA ausgesetzt. Bereits nach kurzer Zeit färbt sich die Lösung im Anodenraum rot und zeigt im Spektrum die Absorption des Poly(radikalkations), mit einem breiten Absorptionsmaximum bei 450 nm.

Beispiel 9

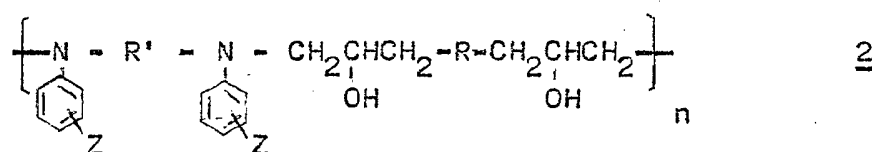
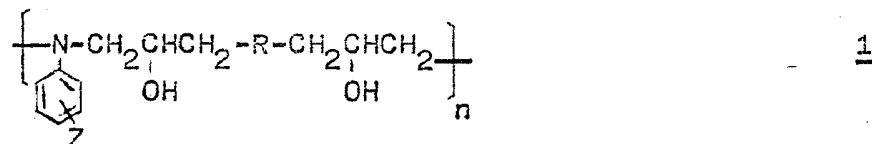
15 mg eines Additionspolymeren aus N,N-Diethyl-p-phenylen-diamin und Bisphenol-A-diglycidylether ($\bar{M}_n$ 14 100) werden gemeinsam mit 250 mg Tetraethylammoniumperchlorat in 25 ml CHCl₃/CH₃OH gelöst. Es wird weiterhin verfahren wie in Beispiel 8 beschrieben. Bereits nach kurzer Reaktionszeit färbt sich die Lösung im Anodenraum blau und zeigt im Spektrum die Absorption des Poly(radikalkations) mit Absorptionsmaxima bei 585 und 635 nm.

Beispiel 10

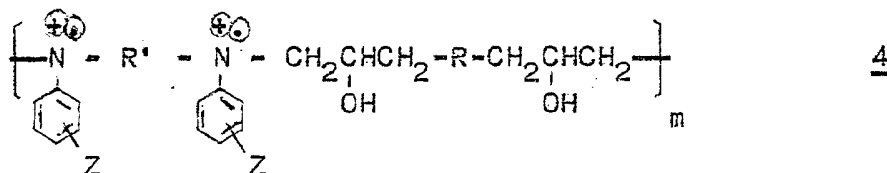
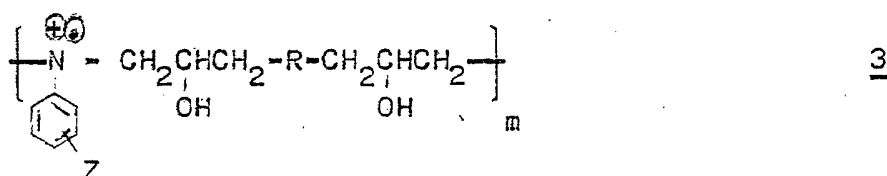
20 mg eines Additionspolymeren aus p-Anisidin und Bisphenol-A-diglycidylether werden durch Lösungsgießen einer Lösung in $\text{CHCl}_3/\text{CH}_3\text{OH}$ als dünner Film auf eine Platin-Elektrode mit einer Fläche von 13 cm^2 aufgebracht. Anschließend wird die so beschichtete Elektrode in einer 0,2 molaren Lösung von Lithiumperchlorat als Anode gegen eine Platin-Katode geschaltet und einem Gleichstrom von 1 m A ausgesetzt. Dabei verwandelt sich der zuvor fast farblose Film des Epoxid-Arylamin-Additionspolymeren auf der Anode in einen roten Film des Poly(radikalkations).

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur Herstellung von hochmolekularen Poly(radikalkationen) dadurch gekennzeichnet, daß lösliche, filmbildende Epoxid-Arylamin-Additionspolymere, vorzugsweise solche der Struktur 1 oder 2,



durch einen Oxidationsprozeß an mehreren (m) Strukturgliedern (2 - m - n) zu entsprechenden Poly(radikalkationen), vorzugsweise zu solchen des Typs 3 bzw. 4, umgesetzt werden



wobei in 1, 2, 3 und 4 die Reste Z, R und R' folgende Bedeutung haben:

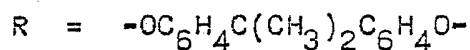
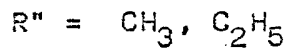
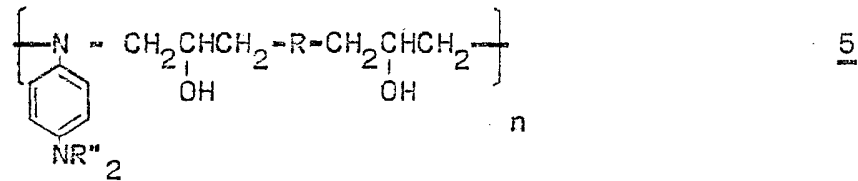
Z = H, Halogen (F, Cl, Br, J), R"O-, R"S-, R"2N-, CH3, R"CO-, R"OOC- (R" = Alkyl, Arylreste),

R' = aliphatischer, araliphatischer, cycloaliphatischer difunktionaler Rest oder ein hiervon abgeleiteter substituierter Rest, wie -CH2CH2-, -CH2C6H4CH2-, -C6H10-, -CH2CH2OCH2CH2OCH2CH2-,

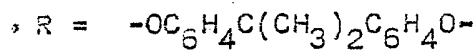
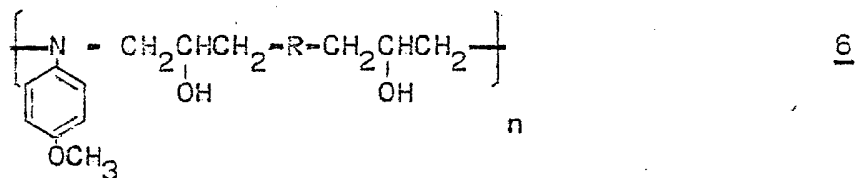
R = difunktionaler Rest, der zwei Glycidylgruppen verbinden kann, vorzugsweise $-\text{OC}_6\text{H}_4\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{C}_6\text{H}_4\text{O}-$,
 $-\text{OC}_6\text{H}_4\text{O}-$, $-\text{OOC}-\text{R}'-\text{COO}-$.

2. Verfahren nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxidation in Lösung vorgenommen wird.
3. Verfahren nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxidation an einer entsprechenden Polymerschicht oder einem Polymerfilm vorgenommen wird.
4. Verfahren nach Punkt 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxidation durch elementare Halogene, vorzugsweise durch Jod, Brom oder Chlor, durch Antimonpentachlorid, Parachloranil oder Tetracyanethylen vorgenommen wird.
5. Verfahren nach Punkt 1, 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxidation photochemisch, vorzugsweise durch Sauerstoff, gegebenenfalls in Gegenwart von Sensibilisatoren, vorgenommen wird.
6. Verfahren nach Punkt 1, 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxidation photochemisch durch Alkylhalogenide, gegebenenfalls in Gegenwart von Sensibilisatoren, vorgenommen wird.
7. Verfahren nach Punkt 1, 5 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxidation durch bildmäßige Belichtung einer dünnen Schicht der Epoxid-Arylamin-Additionspolymere 1 oder 2, vorzugsweise in Gegenwart von in die Schicht eingebrachten Alkylhalogeniden wie Tetrabromkohlenstoff, Chloroform u. a. vorgenommen wird..
8. Verfahren nach Punkt 1, 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxidation elektrochemisch in Gegenwart von Leitsalzen, vorzugsweise in Gegenwart von Bu_4NClO_4 , LiClO_4 vorgenommen wird.

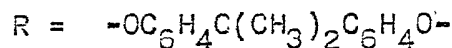
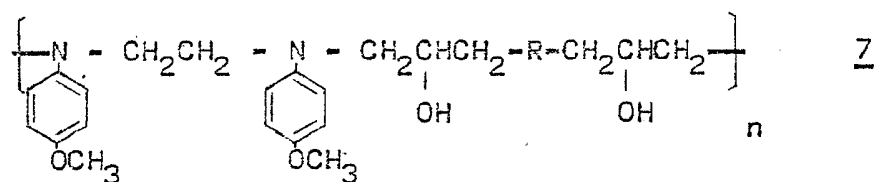
9. Verfahren nach Punkt 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Polyarylammin ein Polymeres der Struktur 5 eingesetzt wird.



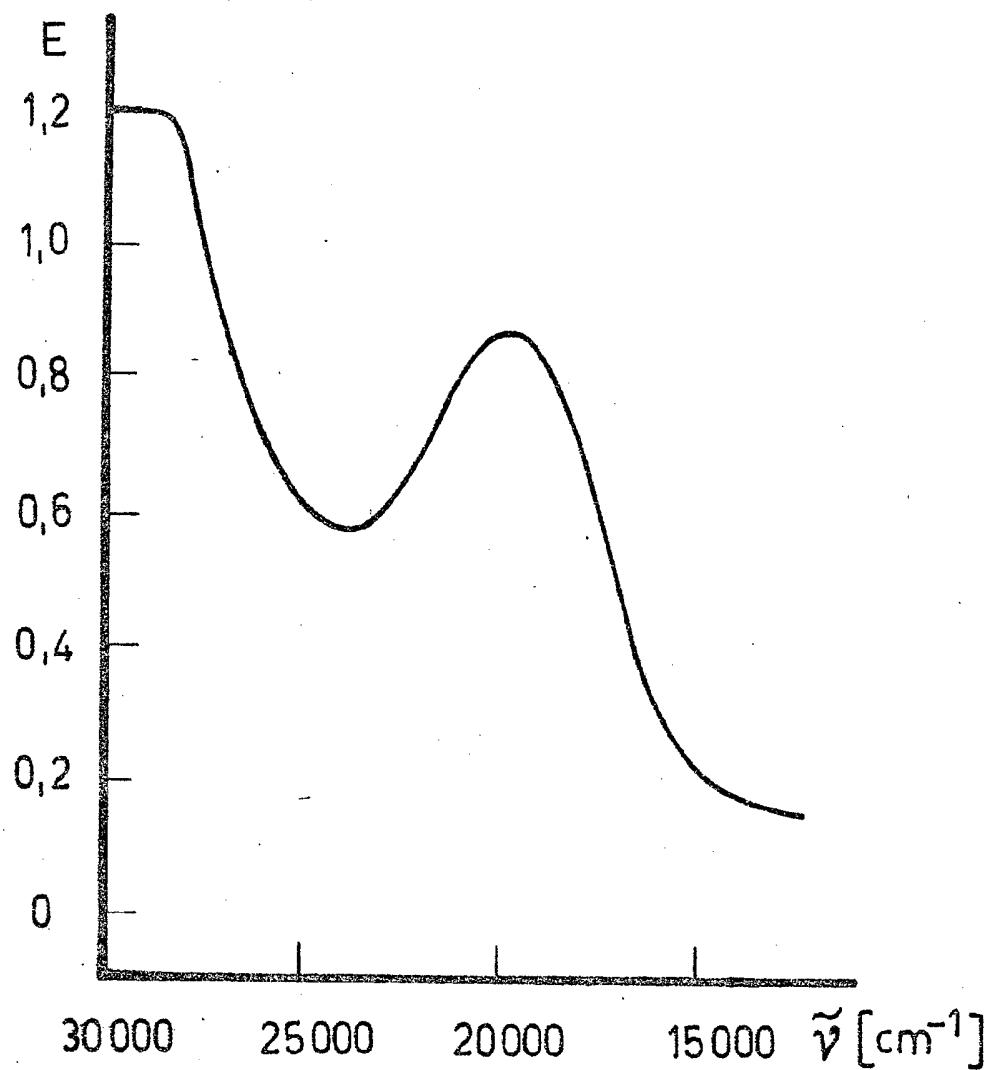
10. Verfahren nach Punkt 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Polyarylammin ein Polymer der Struktur 6 eingesetzt wird.



11. Verfahren nach Punkt 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Polyarylammin ein Polymer der Struktur 7 eingesetzt wird.

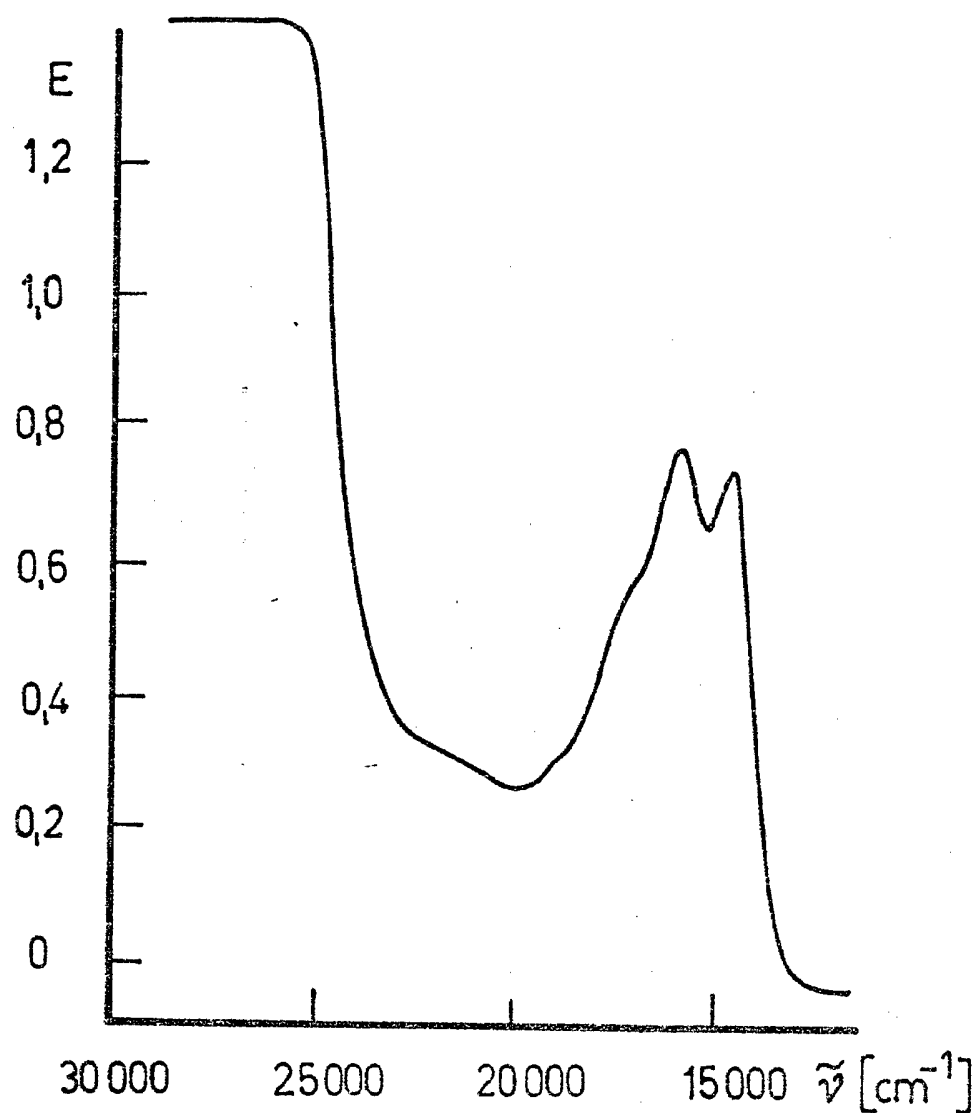


Hierzu 4 Seiten Zeichnungen



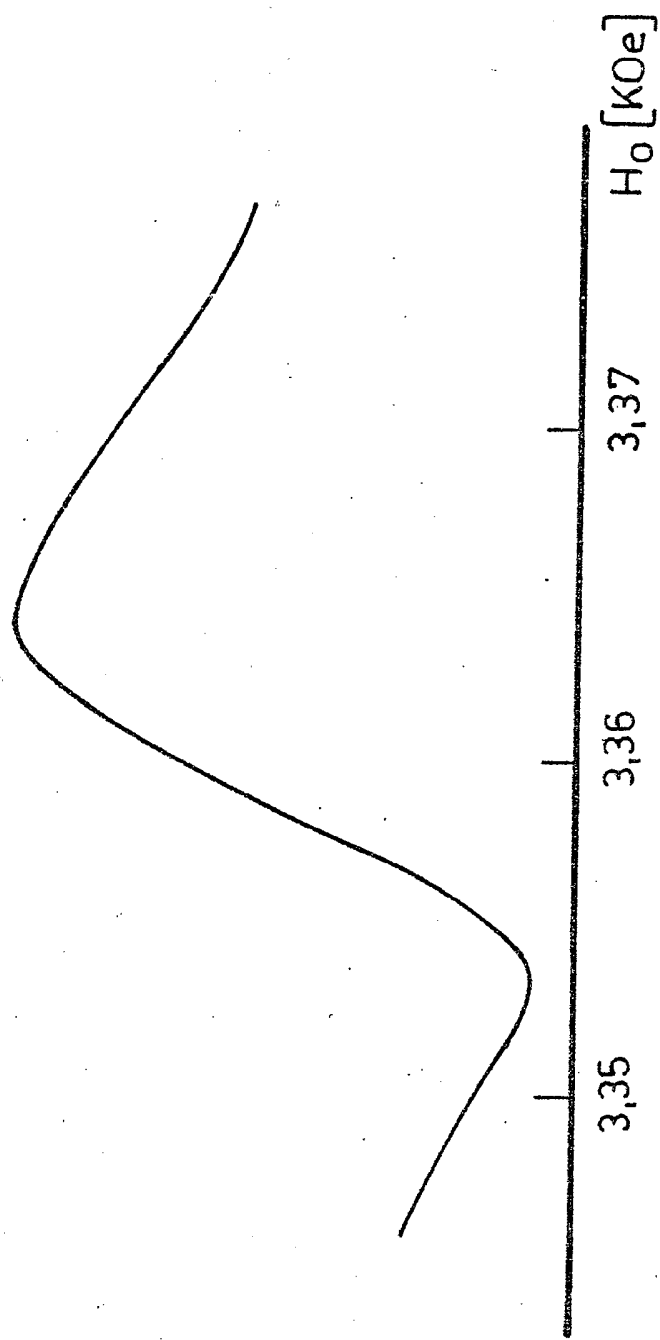
UV-VIS Spektrum vom Poly(radikalkation) nach
Beispiel 1. Transparente Schicht auf Quarz, Oxi-
dation durch Bromdampf

Abb. : 1



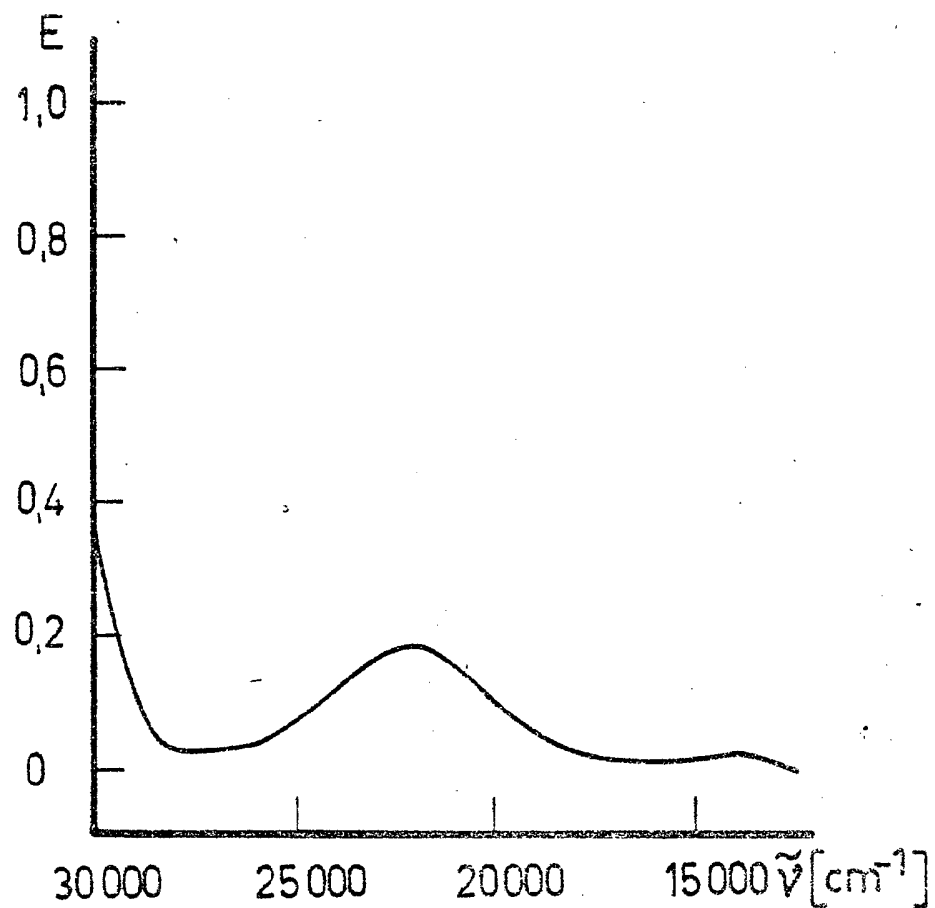
UV-VIS Spektrum vom Poly(radikalkation) nach Beispiel 2. Oxidation durch Bestrahlung einer transparenten Schicht auf Quarz mit einer Quecksilberhochdrucklampe HBO 200 für 10s.

Abb. : 2



ESR - Spektrum vom Poly(radikalkation) nach Beispiel 5

Abb.: 3



UV-VIS Spektrum vom Poly(radikalkation) nach
 Beispiel 5 , $c = 1,05 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$, $d = 1 \text{ cm}$

Abb.: 4