

# **Photorefractive Polymers**

**Henk Bolink**

RIJKSUNIVERSITEIT GRONINGEN

# **Photorefractive Polymers**

Proefschrift

ter verkrijging van het doctoraat in de  
Wiskunde en Natuurwetenschappen  
aan de Rijksuniversiteit Groningen  
op gezag van de  
Rector Magnificus Dr. F. van der Woude  
in het openbaar te verdedigen op  
vrijdag 26 september 1997  
des namiddags te 4.15 uur

door

Hendrik Jan Bolink

geboren op 17 maart 1969  
te Almelo

Reading committee: Prof. Dr. C. Samyn  
Prof. Dr. G. Sawatzky  
Prof. Dr. A.J. Pennings

Photorefractive Polymers  
H. J. Bolink  
Ph.D. Thesis  
University of Groningen, The Netherlands  
Augustus 1997

Cover: Willem Hussem, Composition, 1969,  
Silk-screen, 75×60 cm

ISBN 90-367-0784-6



This research was financially supported by the "Stichting Scheikundig Onderzoek Nederland" (SON) and "Stichting Toegepaste Wetenschappen" (STW).

Promotor: Prof. Dr. G. Hadziioannou  
Referent: Dr. V. V. Krasnikov



## Dankwoord

Na jaren van onderzoek, maanden van schrijven, ben ik nu eindelijk bij de laatste nog te schrijven pagina van mijn proefschrift aangekomen. Hier wil ik graag een aantal mensen bedanken die de totstandkoming van dit proefschrift mogelijk hebben gemaakt en die het leven in het algemeen tijdens de laatste vier jaren hebben veraangenaamd.

Allereerst mijn promotor, prof. dr. G. Hadziioannou, die mij de mogelijkheid heeft gegeven dit promotieonderzoek met een grote mate van zelfstandigheid uit te voeren. Secondly, I would like to thank my referent dr. Victor Krasnikov for the careful reading of the manuscript, the numerous lessons in physics he gave me and the characterization of my polymers, but above all for the very pleasant collaboration.

De leescommissie, prof. dr. C. Samyn, prof. dr. A.J. Pennings and prof. dr. G. Sawatzky, ben ik erkentelijk voor de snelle en kritische beoordeling van mijn proefschrift. Prof. dr. C. Samyn wil ik daarnaast graag bedanken voor het enthousiasme dat hij mij heeft bijgebracht voor het doen van onderzoek naar nieuwe polymeren, tijdens een stage in zijn onderzoeksgroep.

Het fotorefractieve team, George Malliaras, Igna van der Weide, Chantal Arts, Paul Kouwer, John Wiersma, Arnoud Meijer en Jos Bastiaens. George wil ik bedanken voor zijn ongelooflijke enthousiasme, dat mij in tijden van tegenslag er doorheen heeft geholpen. De andere leden van het team voor het niet te beschrijven gevoel dat het werken in een team met zich meebrengt.

Paul van Hutten, voor het lezen en corrigeren van alles wat ik op wetenschappelijk gebied tijdens mijn onderzoek heb geschreven (dit proefschrift inclusief). Daarnaast voor de talloze discussies, maar vooral voor de vriendschap die hieruit voort is gekomen.

Arend Heeres en Harry Jonkman voor hun hulp bij het bepalen van de ionisatie-energieën van mijn organische verbindingen en de discussies die hieruit voortvloeiden.

Hans Roedelof voor zijn hulp bij de cyclovoltammetriemetingen.

De (ex-) aio's, oio's en anderzins aan de werkgroep Hadziioannou verbonden, Erik, Jurjen, Theo, Richard, Diny, Jan, Geert, Eric, Eddy, Hendrik-Jan, Michel, Mark, Amalia en Alain voor de algemene sfeer en gezelligheid tijdens en na het werk.

De medewerkers van het chemicaliënmagazijn, bibliotheek, glasblazerij, werkplaats en het secretariaat die het onderzoek op noodzakelijke punten hebben geholpen.

MSC, STW, SON, NWO en Shell Nederland voor het financieren van mijn bezoeken aan congressen en workshops.

Mijn paranimfen, Tom Timmer en John Wiersma.

Mijn goede vriend Han, die ik nog dagelijks mis.

Han Steenbruggen voor zijn hulp bij de totstandkoming van de omslag voor dit proefschrift.

Alle andere vrienden voor hun dagelijkse, wekelijkse, maandelijkse en soms zelfs jaarlijkse steun en gezelligheid.

Mijn ouders voor hun onvoorwaardelijke vertrouwen, steun en liefde.

# Contents

## Chapter 1

### Introduction

Abstract.....	1
1.1. The photorefractive effect .....	2
1.2. Standard model for photorefractivity .....	3
1.3. Photorefractivity in polymers .....	4
1.4. Photorefractive polymers.....	8
1.4.1. All active components dissolved in an inactive polymer host .....	9
1.4.2. Bifunctional molecule based polymers .....	10
1.4.3. Electro-optic polymer as host for charge transport molecules .....	10
1.4.4. Charge transport polymer as host for electro-optic molecules .....	11
1.4.5. Fully functionalised polymers.....	12
1.4.6. Comparison of the different polymeric structures.....	13
1.5. Experimental techniques .....	14
1.5.1. Electro-optic measurements.....	15
1.5.2. Second harmonic generation.....	16
1.5.3. Two-beam coupling measurements.....	16
1.6. Aim and outline of this thesis .....	18
1.7. References.....	19

## Chapter 2

### Ionisation Potential Measurements

Abstract.....	21
2.1. Introduction .....	22
2.2. Experimental section.....	25
2.2.1. The ultraviolet photoelectron spectrometer .....	25
2.2.2. Organic molecules .....	27
2.3. Results and discussion .....	29
2.3.1. UPS spectra.....	29
2.3.2. Ionisation potentials .....	33
2.4. Conclusions .....	36
2.5. References .....	37

## Chapter 3

### Photorefractivity in poly(*N*-vinylcarbazole) based composites

Abstract.....	39
3.1. Introduction .....	40
3.2. Materials .....	41
3.3. Sample preparation .....	41
3.4. Results and discussion .....	42
3.4.1. Optical absorption.....	42
3.4.2. Photorefractive characterisation.....	44
3.4.3. Effect of plasticization on the photorefractive performance .....	48
3.4.4. Steady state properties of the photorefractive grating .....	52
3.4.5. Kinetics of the photorefractive grating .....	56
3.4.6. Prism configuration.....	58
3.5. Conclusions.....	59
3.6. References.....	60

## Chapter 4

### Bifunctional molecule based photorefractive polymer

Abstract.....	62
4.1. Introduction .....	63
4.2. Materials .....	64
4.3. Results and discussion .....	66
4.3.1. Optical absorption .....	66
4.3.2. Photorefractive characterisation .....	67
4.3.3. The effect of charge trapping .....	71
4.4. Conclusions.....	76
4.5. Experimental section.....	77
4.6. References .....	78

## Chapter 5

### PolyTPD based photorefractive polymers

Abstract.....	80
5.1. Introduction .....	81



5.2. Materials .....	82
5.2.1. Synthesis .....	82
5.2.2. Sample preparation.....	83
5.3. Results and discussion .....	84
5.3.1. Optical absorption .....	84
5.3.2. Photorefractive characterisation .....	85
5.3.3. Temporal behaviour.....	91
5.4. Conclusions.....	93
5.5. Experimental section.....	94
5.6. References.....	97

## Chapter 6

### Fully functionalised photorefractive polymers

Abstract.....	98
6.1. Introduction.....	99
6.2. Fully functionalised photorefractive polyurethane .....	100
6.2.1. Introduction .....	100
6.2.2. Materials .....	100
6.2.3. Sample preparation.....	103
6.2.4. Results and discussion .....	103
6.3. TPD based fully functionalised polymers.....	106
6.3.1. Introduction .....	106
6.3.2. Synthesis .....	106
6.3.3. Results and discussion .....	108
6.4. Conclusion and outlook.....	110
6.5. Experimental section.....	111
6.6. References.....	117

**Summary** **119**

**List of publications** **121**