

# Inhaltsverzeichnis

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| <b>1.</b> | <b>Einleitung</b> .....   | 9  |
| <b>2.</b> | <b>Grundlagen der Rastersondenmikroskopie</b> .....                               | 11 |
| 2.1       | Einteilung der Rastersondenmikroskopie .....                                      | 11 |
| 2.2       | Rasterkraftmikroskopie .....  | 12 |
| 2.2.1     | <i>Die abtastende Spitze</i> .....  | 13 |
| 2.2.2     | <i>Kräfte zwischen Probe und Spitze</i> .....                                     | 14 |
| 2.2.3     | <i>Betriebsmodi der Rasterkraftmikroskopie</i> .....                              | 16 |
| 2.2.3.1   | Der Kontakt-Modus .....   | 16 |
| 2.2.3.2   | Intermittent-Kontakt .....  | 16 |
| 2.2.3.3   | Non-Kontakt-Modus .....   | 18 |
| 2.2.3.4   | Pulsed-Force-Modus .....  | 18 |
| 2.2.3.5   | Abbildung von ferroelektrischen Domänen .....                                     | 19 |
| 2.3       | Das optische Nahfeldmikroskop .....   | 21 |
| 2.3.1     | <i>Nahfeldoptik</i> .....   | 23 |
| 2.3.1.1   | Das Auflösungsvermögen von klassischen Fernfeld-Instrumenten .....                | 23 |
| 2.3.1.2   | Fourieranalyse des optischen Nahfeldes .....                                      | 24 |
| 2.3.1.3   | Theorie der Abbildung im Nahfeld .....  | 26 |
| 2.3.1.4   | Das Nahfeld .....   | 27 |
| 2.3.2     | <i>Die Nahfeldsonde</i> .....   | 28 |
| 2.3.2.1   | Die Glasfaserspitze .....   | 28 |
| 2.3.2.2   | Apertur-Cantilever .....  | 30 |
| 2.3.2.3   | Streuzentren als Nahfeldsonden .....  | 30 |
| 2.4       | Konfokale Mikroskopie .....   | 32 |
| <b>3.</b> | <b>Mesoskopische Strukturen in Flüssigkristallen</b> .....                        | 35 |
| 3.1       | Grundlegende Eigenschaften von Flüssigkristallen .....                            | 35 |
| 3.1.1     | <i>Die nematische Phase</i> .....   | 36 |
| 3.1.2     | <i>Die cholesterische Phase</i> .....   | 36 |
| 3.1.3     | <i>Die smektische Phase</i> .....   | 37 |
| 3.1.4     | <i>Verankerung von Flüssigkristallen an Oberflächen</i> .....                     | 38 |
| 3.1.5     | <i>Elastische Verformungen in Flüssigkristallen</i> .....                         | 39 |
| 3.1.6     | <i>Bekannte Untersuchungen an Flüssigkristallen mit Rastersondenverfahren</i> ... | 40 |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 3.2       | Defekte in nematischen Flüssigkristallen .....   | 41        |
| 3.2.1     | <i>Ergebnisse aus den optischen Signalen</i> .....   | 42        |
| 3.2.2     | <i>Modulation der freien Oberfläche durch Defekte</i> .....  | 49        |
| 3.2.2.1   | Oberflächenmodulation von ganzzahligen Defekten .....  | 50        |
| 3.2.2.2   | Oberflächenmodulation von halbzahligen Defekten .....  | 53        |
| 3.3       | Focal-Conics in der cholesterischen Phase .....  | 57        |
| 3.3.1     | <i>Kraftmikroskopische Untersuchungen</i> .....  | 57        |
| 3.3.1.1   | Untersuchung im Tapping-Modus .....  | 58        |
| 3.3.1.2   | Untersuchungen im Pulsed-Force-Modus .....   | 61        |
| 3.3.2     | <i>Untersuchungen im konfokalen Mikroskop</i> .....  | 63        |
| 3.4       | Die flüssigkristalline B7-Phase von gebogenen Molekülen .....                                      | 65        |
| 3.4.1     | <i>Grundlagen von flüssigkristallinen B-Phasen</i> .....   | 65        |
| 3.4.2     | <i>Untersuchungen mit Rastersondenverfahren an der B7-Phase</i> .....                              | 68        |
| <b>4.</b> | <b>Morphologie von organischen Solarzellen</b> .....   | <b>73</b> |
| 4.1       | Einführung .....   | 73        |
| 4.2       | Voruntersuchungen .....  | 76        |
| 4.2.1     | <i>Dünne Filme aus MDMO-PPV</i> .....  | 76        |
| 4.2.2     | <i>Mischungen MDMO-PPV und PMMA</i> .....  | 77        |
| 4.3       | Solarzellen aus MDMO-PPV und PCBM .....  | 78        |
| 4.3.1     | <i>Präparation aus Toluol als Lösungsmittel</i> .....  | 78        |
| 4.3.2     | <i>Präparation aus Chlorbenzol als Lösungsmittel</i> .....   | 80        |
| 4.4       | Solarzellen aus MDMO-PPV und PCBDMO .....  | 82        |
| 4.4.1     | <i>Präparation aus Toluol als Lösungsmittel</i> .....  | 82        |
| 4.4.2     | <i>Präparation aus Chlorbenzol als Lösungsmittel</i> .....   | 83        |
| 4.5       | Bestimmung der Exzitonendiffusionslänge in MDMO-PPV .....  | 84        |
| 4.6       | Steuerung der Morphologie .....  | 89        |
| 4.6.1     | <i>Voruntersuchungen an Polymerblends</i> .....  | 89        |
| 4.6.2     | <i>Mischungen aus MDMO-PPV und PCBM auf strukturierten Goldflächen</i> ....                        | 91        |
| 4.6.3     | <i>Strukturierung durch Modulation der Oberfläche</i> .....  | 92        |
| 4.7       | Solarzellen mit Hexabenzocoronen- und Perylenderivaten .....                                       | 95        |
| <b>5.</b> | <b>Photonische Kristalle</b> .....   | <b>97</b> |
| 5.1       | Grundlagen und Motivation .....  | 97        |
| 5.2       | Direktorfelder von Flüssigkristallen in photonischen Kristallen<br>aus makroporösem Silizium ..... | 101       |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 5.2.1     | <i>Theoretisch mögliche Direktorfelder</i>                    | 103        |
| 5.2.2     | <i>Beobachtete Direktorfelder</i>                             | 105        |
| 5.3       | Nanopartikel als Bausteine für photonische Kristalle          | 109        |
| <b>6.</b> | <b>Prozeduren und Messabläufe der Rastersondenmikroskopie</b> | <b>115</b> |
| 6.1       | Rasterkraftmikroskopie  | 115        |
| 6.1.1     | <i>Messungen im Kontakt-Modus</i>                             | 116        |
| 6.1.2     | <i>Messungen im Pulsed-Force-Modus</i>                        | 117        |
| 6.1.3     | <i>Messungen im Intermittent-Kontakt</i>                      | 119        |
| 6.1.4     | <i>Abbildung von ferroelektrischen Domänen</i>                | 120        |
| 6.1.5     | <i>Nanolithographie</i>                                       | 121        |
| 6.1.6     | <i>Verwendete Cantilever</i>                                  | 122        |
| 6.2       | Optische Nahfeldmikroskopie                                   | 123        |
| 6.2.1     | <i>Nahfeldmikroskopie mit dem Aurora System</i>               | 123        |
| 6.2.1.1   | Der Messablauf  | 124        |
| 6.2.1.2   | Herstellung der beschichteten Glasfaserspitzen                | 124        |
| 6.2.1.3   | Modifikation der Spitzen durch fokussierte Ionenstrahlen      | 126        |
| 6.2.2     | <i>Nahfeldmikroskopie mit dem WiTec System</i>                | 127        |
| 6.2.3     | <i>Die Polarisationsmodulation</i>                            | 128        |
| 6.3       | Konfokale Mikroskopie   | 130        |
| 6.4       | Probenpräparation   | 131        |
| <b>7.</b> | <b>Zusammenfassung</b>  | <b>133</b> |
| <b>8.</b> | <b>Literaturverzeichnis</b>                                   | <b>135</b> |
| <b>9.</b> | <b>Anhang</b>   | <b>143</b> |
| 9.1       | Abkürzungen   | 143        |
| 9.2       | Symbole   | 144        |
| 9.3       | Veröffentlichungen  | 145        |