

SPIS TREŚCI

STRESZCZENIE	9
WYKAZ SKRÓTÓW	10
1. WPROWADZENIE	13
2. MIKROSKOPIA SIŁ ATOMOWYCH – PODSTAWY	17
2.1. Podstawy oddziaływań ostrze – próbka	23
2.1.1. Modele fizyczne oddziaływań ostrze – próbka	24
2.1.2. Sondy skanujące jako detektory oddziaływań bliskiego pola	27
2.2. Podstawy konstrukcji mikroskopów sił atomowych	33
2.2.1. Podstawowe elementy systemu pomiarowego AFM	34
2.2.2. Znaczenie interpretacyjne podstawowych sygnałów pomiarowych	38
2.2.3. Metody reprezentacji danych	43
2.3. Podstawy technik pomiarowych AFM	46
2.3.1. Tryb kontaktowy mikroskopii AFM	47
2.3.2. Tryby dynamiczne mikroskopii AFM	48
2.4. Systematyka zaawansowanych trybów pomiarowych AFM	58
3. WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE POWIERZCHNI	60
3.1. Analiza morfologii powierzchni	60
3.1.1. Azometyny – pomiar grubości warstw	65
3.1.2. Tłoczywa termoutwardzalne – ocena wpływu symulowanego promieniowania słonecznego na morfologię powierzchni	67
3.2. Spektroskopia sił	72
3.2.1. Podstawy spektroskopii sił	73
3.2.2. Azometyny – obserwacja zjawiska zmęczenia mechanicznego	77
3.3. Obrazowanie fazowe	80
3.3.1. Podstawy obrazowania fazowego	80
3.3.2. Alkan $C_{60}H_{122}$ – analiza samoorganizacji łańcuchów	84
3.4. Mikroskopia modulowanej siły	86
3.4.1. Podstawy mikroskopii modulowanej siły	86
3.4.2. Polimer Solkote – detekcja i pomiar wielkości ziaren	88
3.5. Mikroskopia sił tarcia	90
3.5.1. Podstawy mikroskopii sił tarcia	91
3.5.2. Azometyny – ocena rozkładu domieszki fullerenu PCBM	94
3.6. Tryb pomiarowy <i>NanoSwing</i>	96
3.6.1. Podstawy trybu dynamicznego z analizą czasową sygnału	97
3.6.2. Detekcja oscylacji skrętnych belki skanującej	102
3.6.3. Rekonstrukcja i analiza krzywej siła – odległość	106
3.6.4. Metoda doboru parametrów skanowania	109
3.6.5. Grafen – analiza właściwości mechanicznych	112
4. WŁAŚCIWOŚCI ELEKTRYCZNE POWIERZCHNI	115
4.1. Mikroskopia sił elektrostatycznych	118
4.1.1. Podstawy mikroskopii sił elektrostatycznych	119
4.1.2. AD 580 – obserwacja pracy struktur układu scalonego	122
4.2. Mikroskopia sondy Kelvina	124
4.2.1. Podstawy mikroskopii sondy Kelvina	125
4.2.2. Dioda laserowa – analiza pracy heterostruktury półprzewodnikowej	127
4.2.3. Struktura na bazie grafenu – diagnostyka uszkodzeń	130
5. WŁAŚCIWOŚCI MAGNETYCZNE POWIERZCHNI	133
5.1. Mikroskopia sił magnetycznych	134
5.1.1. Podstawy mikroskopii sił magnetycznych	135
5.1.2. Warstwa NiFe – analiza korelacji między parametrami technologicznymi nanoszenia a strukturą domen magnetycznych	139

6. WŁAŚCIWOŚCI TERMICZNE POWIERZCHNI.....	145
6.1. Skaningowa mikroskopia bliskiego pola termicznego.....	145
6.1.1. Podstawy skaningowej mikroskopii bliskiego pola termicznego.....	147
6.1.2. AD580 – obserwacja rozkładu temperatury w aktywnej strukturze półprzewodnikowej.....	156
6.1.3. Grafen - mapowanie przewodności cieplnej.....	158
6.1.4. Polietylen - identyfikacja materiału z wykorzystaniem lokalnej termoanalizy.....	159
7. PODSUMOWANIE.....	161
LITERATURA.....	163

CONTENTS

ABSTRACT	9
LIST OF THE ABBREVIATIONS.....	10
1. INTRODUCTION	13
2. THE PRINCIPLES OF THE ATOMIC FORCE MICROSCOPY.....	17
2.1. Tip – sample interaction principles	23
2.1.1. Physical models of the tip – sample interaction.....	24
2.1.2. The scanning probes for near field interaction detection.....	27
2.2. The principles of the AFM measurement setup.....	33
2.2.1. The main components of AFM measurement system.....	34
2.2.2. The interpretative meaning of basic measurement signals.....	38
2.2.3. Data representation methods	43
2.3. The principles of the AFM measurement modes.....	46
2.3.1. Contact AFM mode	47
2.3.2. Dynamic AFM modes.....	48
2.4. The taxonomy of AFM advanced measurement techniques.....	58
3. MECHANICAL PROPERTIES OF THE SURFACE.....	60
3.1. Analysis of the surface's morphology.....	60
3.1.1 Azomethine compound – the determination of the layers thickness	65
3.1.2. The sheet moulding compound – the estimation of the simulated solar light radiation impact on the surface morphology.....	67
3.2. Force spectroscopy.....	72
3.2.1. The principles of the force spectroscopy.....	73
3.2.2. Azometine compound – the observation of the mechanical wear phenomena.....	77
3.3. Phase Imaging.....	80
3.3.1. The principles of phase imaging mode.....	80
3.3.2. C ₆₀ H ₁₂₂ alcane – the analysis of the chains self – ordering.....	84
3.4. Force modulation microscopy	86
3.4.1. The principles of the force modulation microscopy.....	86
3.4.2. Solkote polymer – the detection and measurement of the grains size.....	88
3.5. Lateral force microscopy.....	90
3.5.1. The principles of the lateral force microscopy.....	91
3.5.2. Azomethine compound – the evaluation of the PCBM fullerene distribution.....	94
3.6. <i>NanoSwing</i> technique.....	96
3.6.1. The principles of the time – resolved tapping mode imaging method.....	97
3.6.2. The cantilever's torsional bending detection.....	102
3.6.3. The reconstruction and analysis of the force – distance curve.....	106
3.6.4. The scanning parameters adjustment principles.....	109
3.6.6. Graphene – the analysis of the mechanical properties.....	112
4. ELECTRICAL PROPERTIES OF THE SURFACE.....	115
4.1. Electrostatic force microscopy.....	118
4.1.1. The principles of electrostatic force microscopy.....	119
4.1.2. AD 580 – observation of active integrated circuit.....	122
4.2. Kelvin Probe Force Microscopy.....	124
4.2.1. The principles of Kelvin probe force microscopy.....	125
4.2.2. The laser diode – the analysis of the behavior of active semiconductor heterostructure.....	127
4.2.3. The graphene – based device – the damages diagnostics.....	130
5. MAGNETIC PROPERTIES OF THE SURFACE.....	133
5.1. Magnetic force microscopy.....	134
5.1.1. The principles of magnetic force microscopy.....	135

5.1.2. The NiFe layer - the analysis of the correlation between the fabrication process parameters and magnetic domain's structure.....	139
6. THERMAL PROPERTIES OF THE SURFACE.....	145
6.1. Scanning thermal microscopy.....	145
6.1.1. The principles of the scanning thermal microscopy.....	147
6.1.2. AD580 – the observation of the temperature distribution in active semiconductor structure.....	156
6.1.3. Graphene - mapping of the thermal conductivity.....	158
6.1.4. Polyethylene – the identification of the material with local thermoanalysis.....	159
7. SUMMARY.....	161
REFERENCES.....	163