

# OBSAH

	<b>SEZNAM NEJČASTĚJI POUŽÍVANÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b>	<b>9</b>
	<b>PŘEDMLUVA</b>	<b>13</b>
<b>1.</b>	<b>LITOGRAFIE A TVORBA RELIÉFU A PŘÍKLADY JEJICH TECHNOLOGICKÝCH APLIKACÍ</b>	<b>17</b>
1.1	Úvod	17
1.2	Polygrafie a reprodukční technika	17
1.3	Elektronika a mikroelektronika	21
1.4	Soudobé trendy vývoje litografie a litografických materiálů	32
1.5	Literatura	36
<b>2.</b>	<b>FYZIKÁLNÍ A FYZIKÁLNĚ CHEMICKÉ ZÁKLADY LITOGRAFICKÝCH TECHNIK A PROCESŮ</b>	<b>39</b>
2.1	Světelné záření a fotolitografie	39
2.1.1	Kontaktní metoda	39
2.1.2	Bezkontaktní metoda	41
2.1.3	Projekční metoda	42
2.1.4	Fyzikální limity optického způsobu záznamu	44
2.1.4.1	Koherence světla	44
2.1.4.2	Tvorba obrazu	45
2.1.4.3	Difrakce světla	47
2.1.4.4	Numerická apertura	51
2.1.4.5	Funkce přenosu kontrastu	53
2.1.4.6	Vliv vlnové délky světla	57
2.1.4.7	Hloubka ostrosti	57
2.1.4.8	Vliv stojatého vlnění	58
2.1.5	Závěr	60
2.2	Elektronové záření a elektronová litografie	61
2.2.1	Skenovací systémy	63
2.2.2	Projekční systémy	66
2.2.3	Funkční prvky elektronových litografů	67
2.3	Rentgenové záření a rentgenová litografie	71
2.3.1	Masky pro rentgenovou litografii	73
2.3.2	Praktické aspekty rentgenové litografie	74
2.4	Iontová litografie	77
2.5	Hybridní litografie	78
2.6	Vedlejší účinky radiačního záření	79

2.7	Technologické procesy . . . . .	70
2.7.1	Vliv čistoty podložky . . . . .	89
2.7.2	Ovrstvování podložky rezistem . . . . .	82
2.7.3	Předexpoziční ohřev (předtvrzení) . . . . .	86
2.7.4	Expozice . . . . .	89
2.7.4.1	Zdroje ultrafialového záření . . . . .	89
2.7.4.2	Litografická citlivost . . . . .	91
2.7.4.3	Stanovení optimálního expozičního času . . . . .	92
2.7.4.4	Modelování expozice ve fotolitografii . . . . .	96
2.7.5	Vyvolávání . . . . .	103
2.7.6	Dotvrzování . . . . .	108
2.7.7	Leptání . . . . .	109
2.7.8	Odstraňování rezistu . . . . .	111
2.7.9	Stabilita a čistota roztoků rezistů . . . . .	111
2.7.10	Problematika adheze rezistů k podložce . . . . .	112
2.8	Literatura . . . . .	115
3.	<b>INTERAKCE IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ S ATOMY, MOLEKULAMI A POLYMERY . . . . .</b>	<b>120</b>
3.1	Šíření záření ve hmotě . . . . .	120
3.1.1	Elektronové záření . . . . .	120
3.1.2	Elektromagnetické záření . . . . .	122
3.1.3	Lineární ztráta energie (LET) . . . . .	123
3.1.4	Veličiny charakterizující absorpci energie ionizujícího záření v látce . . . . .	123
3.1.5	Zdroje ionizujícího záření . . . . .	124
3.2	Způsoby přenosu energie ionizujícího záření na ozařovanou hmotu a jeho důsledky . . . . .	125
3.2.1	Nábojový přenos energie . . . . .	125
3.2.2	Excitační přenos energie . . . . .	126
3.2.3	Závislost přenosu energie na energii záření . . . . .	127
3.2.4	Reakce v tuhé fázi . . . . .	128
3.3	Mechanismus interakcí ionizujícího záření s polymery . . . . .	130
3.3.1	Dienové polymery . . . . .	130
3.3.2	Polyakryláty a polymethakryláty . . . . .	133
3.3.3	Polyolefiny a polyolefínsulfony . . . . .	138
3.3.4	Aromatické polymery . . . . .	140
3.3.5	Oxidační procesy při ozařování polymerů . . . . .	140
3.4	Popis sířovacích a degračních reakcí polymerů . . . . .	141
3.4.1	Degradace polymerních molekul . . . . .	142
3.4.1.1	Degradační účinnost . . . . .	143
3.4.2	Sířování polymerních molekul . . . . .	144
3.4.2.1	Bod gelace a systém za bodem gelace . . . . .	145
3.4.2.2	Sířovací účinnost . . . . .	147
3.5	Parametry ovlivňující citlivost polymerů k ionizujícímu záření . . . . .	149
3.6	Literatura . . . . .	155

4.	REZISTY PRO TECHNOLOGICKÉ APLIKACE . . . . .	160
4.1	Elektronové a rentgenové rezisty . . . . .	160
4.1.1	Distribuce energie elektronů ve vrstvě polymeru . . . . .	160
4.1.2	Metody hodnocení elektronových a rentgenových rezistů . . . . .	169
4.2	Materiály pro elektronové rezisty . . . . .	178
4.2.1	Negativní elektronové rezisty . . . . .	179
4.2.2	Pozitivní elektronové rezisty . . . . .	196
4.2.3	Rentgenové rezisty . . . . .	206
4.2.4	Anorganické rezisty . . . . .	207
4.3	Pozitivní fotorezisty . . . . .	208
4.3.1	Systémy s hydrofobní světlocitlivou přísadou . . . . .	209
4.3.1.1	Diazochinon a polymer rozpustný v zásadách . . . . .	209
4.3.1.1.1	Detailní struktura, fotolýza a tepelné chování diazonaftochinonů . . . . .	209
4.3.1.1.2	Základní komponenty fotorezistů . . . . .	217
4.3.1.1.3	Modifikace polymerní složky fotorezistů . . . . .	220
4.3.1.1.4	Metody zlepšení vlastností směsí . . . . .	222
4.3.1.2	Směsné systémy s katalyzovanou hydrolyzou . . . . .	230
4.3.1.3	Směsné fotooxidační systémy . . . . .	231
4.3.2	Systémy založené na přeměnách polymerů . . . . .	232
4.3.2.1	Systémy založené na hydrolyze polymeru . . . . .	232
4.3.2.2	Systémy založené na fotolýze <i>o</i> -nitrobenzylových skupin . . . . .	233
4.3.2.2.1	Systémy založené na přeměnách bočních řetězců polymeru . . . . .	233
4.3.2.2.2	Systémy založené na přeměnách hlavních řetězců polymeru . . . . .	234
4.3.2.2.3	Jiné způsoby přeměn . . . . .	235
4.4	Negativní fotorezisty . . . . .	236
4.4.1	Světlocitlivé směsi na bázi diazoniových solí . . . . .	236
4.4.1.1	Diazoniové soli . . . . .	236
4.4.1.2	Diazoniové pryskyřice . . . . .	238
4.4.2	Fotorezisty na bázi azidů . . . . .	248
4.4.2.1	Fotochemické vlastnosti arylazidů . . . . .	249
4.4.2.2	Systémy s diaziidy rozpustnými v organických rozpouštědlech . . . . .	256
4.4.2.3	Arylazidy rozpustné ve vodě . . . . .	265
4.4.2.4	Fotorezisty na bázi azidopolymerů . . . . .	268
4.4.3	Fotorezisty na bázi polyvinylcinnamátů a jiných cyklo-dimerujících systémů . . . . .	273
4.4.3.1	Cyklo-dimerující systémy . . . . .	284
4.5	Fotorezisty pro speciální aplikace . . . . .	290
4.5.1	Fotorezisty pro krátkovlnné ultrafialové světlo . . . . .	290
4.5.1.1	Pozitivní fotorezisty . . . . .	290
4.5.1.2	Negativní fotorezisty . . . . .	300
4.5.2	Tepelně stálé fotorezisty . . . . .	301
4.5.3	Fotorezisty pro suché vyvolávání . . . . .	307
4.5.4	Difúzní fotorezisty . . . . .	310
4.5.5	Systémy pro mechanický přenos reliéfního zobrazení . . . . .	316
4.5.6	Světlocitlivé vrstvy pro suchý ofset . . . . .	322

4.5.7	Světlocitlivé vrstvy vytvrzované Lewisovými a Brönstedovými kyselinami . . . . .	331
4.6	Literatura . . . . .	344
5.	<b>SPECIÁLNÍ LITOGRAFICKÉ TECHNIKY A MATERIÁLY . . . . .</b>	<b>357</b>
5.1	Litografické systémy s vícevrstvními rezisty (MLR) . . . . .	357
5.1.1	Praktické provádění techniky MLR . . . . .	366
5.1.2	Zhodnocení soudobých MLR . . . . .	368
5.2	Plazmatický lept . . . . .	369
5.3	Suchá mikrolitografie . . . . .	374
5.4	Soudobé komerční rezisty . . . . .	376
5.4.1	Hodnocení vlastností rezistů . . . . .	376
5.4.2	Tabelární přehled . . . . .	378
5.5	Literatura . . . . .	400
	<b>ZKRATKY PLASTŮ A SPECIÁLNÍ OZNAČENÍ . . . . .</b>	<b>404</b>
	<b>REJSTRÍK . . . . .</b>	<b>405</b>