

# OBSAH

## ČÁST PRVNÍ

### *Kapitola 1*

Historie a význam piezoelektřiny .....	23
--	----

### *Kapitola 2*

Podstata piezoelektřiny, pyroelektřiny a seignettoelektřiny .....	28
2,1 Polarisace dielektrika .....	28
2,2 Elektrostrikce .....	29
2,3 Piezoelektřina .....	30
2,4 Pyroelektřina .....	34
2,5 Elektret .....	35
2,6 Seignettoelektrické látky .....	37
2,6,1 Definice a krystalografické zařazení seignettoelektrických látek .....	38
2,6,2 Curieova teplota .....	39
2,6,3 Doménová struktura .....	40
2,6,4 Dielektrická hysterese .....	41
2,6,5 Permitivita .....	42
2,6,6 Rozdělení seignettoelektrických látek .....	44

### *Kapitola 3*

Základy elasticity krystalů .....	50
3,1 Tensor napětí a deformace .....	50
3,2 Zákon Hookův .....	56
3,3 Transformační rovnice pro elastické konstanty při potočení soustavy pravoúhlých souřadnic .....	63
3,4 Význam Youngova modulu pružnosti a Poissonova poměru u anisotropních látek .....	67
3,5 Elastický potenciál .....	68
3,6 Vztahy mezi isothermickými a adiabatickými elastickými moduly a koeficienty .....	72
3,7 Statické měření elastických konstant .....	75

### *Kapitola 4*

Dielektrické a piezoelektrické vlastnosti krystalů .....	77
4,1 Základní pojmy a vztahy .....	77
4,2 Dielektrická susceptibilita a permitivita .....	80
4,3 Vliv mezery mezi dielektrikem a elektrodami na elektrické pole .....	83
4,4 Termodynamické potenciály .....	85
4,5 Lineární piezoelektrické stavové rovnice a vztahy mezi konstantami .....	89
4,6 Zvláštnosti u seignettoelektrických látek .....	95

4.7	Transformační rovnice pro piezoelektrické konstanty při pootočení pravoúhlé soustavy souřadnic .....	99
4.8	Piezoelektrické plochy .....	101
4.9	Koeficient elektromechanické vazby .....	102

### Kapitola 5

Základy optiky krystalů .....	104
5.1 Fresnelovy elipsoidy .....	105
5.2 Lom světla v krystalech .....	106
5.3 Dráhová diference .....	108
5.4 Interference polarisovaného světla .....	109
5.5 Dráhová diference při šikmém dopadu paprsků .....	112
5.6 Číselné hodnoty indexů lomu .....	113
5.7 Rotační polarisace .....	114
5.8 Některé experimentální pomůcky .....	116

### Kapitola 6

Piezoelektrické látky .....	119
6.1 Základy krystalografie .....	120
6.2 Křemen .....	128
6.3 Turmalín .....	135
6.4 Vínany .....	137
6.5 Síran lithný .....	149
6.6 Sorbit-hexaacetát .....	150
6.7 Fosforečnany a arseničnany .....	150
6.8 Bromičnan a chlorečnan sodný .....	157
6.9 Titanicitany .....	160

### Kapitola 7

Kmity piezoelektrických výbrusů .....	168
7.1 Způsob značení orientace piezoelektrických výbrusů .....	169
7.2 Kmity tyčinek .....	171
7.2,1 Podélné kmity .....	171
7.2,2 Torsní kmity .....	180
7.2,3 Ohybové kmity .....	185
7.3 Kmity destiček .....	189
7.3,1 Plošně podélné kmity .....	190
7.3,2 Plošně podélné kmity pravoúhlých destiček .....	190
7.3,3 Plošně podélné kmity kruhových destiček .....	192
7.3,4 Tloušťkově podélné (tloušťkové) kmity .....	194
7.3,5 Plošně střížné kmity .....	194
7.3,6 Tloušťkově střížné kmity .....	196
7.3,7 Ohybové kmity .....	197
7.4 Kmity těles jiných geometrických tvarů a jejich vzájemné souvislosti .....	199
7.4,1 Souvislost mezi vlastními kmity různých těles .....	200
7.4,2 Kmity prstenců .....	201
7.5 Vazba jednotlivých kmitů .....	204

### Kapitola 8

Elektrický náhradní obvod piezoelektrického rezonátoru .....	208
8.1 Elektrický náhradní obvod podélných kmitů tenkých tyčinek .....	209
8.2 Elektrický náhradní obvod jiných typů kmitů .....	214



8,3	Vlastnosti elektrického náhradního obvodu .....	216
8,4	Význačné frekvence náhradního obvodu .....	217
8,5	Význam pojmu rezonance a kmitočtová stabilita piezoelektrických resonátorů v oscilátorech .....	225
8,6	Ovlivnění rezonanční a antirezananční frekvence sériově nebo paralelně připojenou impedancí .....	227
8,7	Výbrus oddělený od elektrod mezerou .....	229
8,8	Aktivita a jakost piezoelektrického resonátoru .....	231
8,9	Vztahy pro význačné frekvence piezoelektrických resonátorů s mimořádně velkým tlumením .....	233
8,10	Teplovní koeficient frekvence a indukčnosti .....	235
8,11	Ostatní vlivy na frekvenci .....	237

### Kapitola 9

Experimentální metody studia piezoelektriny .....	240
9,1 Statické metody .....	240
9,2 Dynamické metody pro studium piezoelektriny .....	244
9,3 Důkaz piezoelektrických vlastností .....	244
9,4 Experimentální metody měření parametrů elektrického náhradního obvodu .....	246
9,5 Měření rezonančního kmitočtu .....	246
9,6 Měření $C_0$ .....	248
9,7 Měření $L_h$ a $C_h$ .....	249
9,7,1 Stanovení $L_h$ a $C_h$ z rezonanční křivky .....	249
9,7,2 Stanovení $L_h$ a $C_h$ ze změny rezonanční frekvence piezoelektrického resonátoru způsobené připojením známé reaktance .....	252
9,7,3 Stanovení $L_h$ a $C_h$ výpočtem z naměřeného činitele jakosti $Q$ a sériového ohmického odporu $R_h$ .....	256
9,8 Měření $R_h$ .....	260
9,9 Zhodnocení metod měření parametrů elektrického náhradního obvodu ..	261
9,10 Zviditelňování uzlových čar .....	263
9,11 Dynamické metody zjišťování elastických a piezoelektrických konstant ..	266
9,12 Zjišťování elastických konstant Schaeferovou-Bergmannovou metodou ..	267

### Kapitola 10

Používané piezoelektrické výbrusy a jejich vlastnosti .....	274
10,1 Piezoelektrické výbrusy pro aperiodické použití .....	274
10,2 Piezoelektrické resonátory .....	275
10,3 Křemenné resonátory .....	280
10,4 Resonátory ze synteticky připravených monokrystalů křemene .....	287
10,5 Resonátory ze syntetických krystalů EDT a DKT .....	289
10,6 Resonátory z monokrystalů ADP .....	292
10,7 Piezokeramika .....	292

### Kapitola 11

Technologie výroby piezoelektrických výbrusů .....	295
11,1 Výběr jakostní piezoelektrické suroviny .....	295
11,1,1 Výběr křemenné suroviny .....	295
11,1,2 Výběr syntetických surovin .....	299
11,2 Orientace výbrusů .....	300
11,2,1 Optické metody orientace .....	300
11,2,2 Orientace pomocí leptů .....	304

11,2,3	Orientace mechanickými metodami .....	305
11,2,4	Orientace rentgenem .....	305
11,2,5	Dynamické orientační metody .....	308
11,2,6	Určení polarity elektrických os .....	308
11,3	Řezání krystalů .....	309
11,4	Spektrography pro stanovení korekce úhlu řezu .....	312
11,5	Úprava povrchu výbrusů .....	314
11,5,1	Technologie broušení .....	315
11,5,2	Fasetování a leštění výbrusů .....	317
11,6	Elektrody piezoelektrických rezonátorů .....	319
11,7	Držáky piezoelektrických rezonátorů .....	321
11,8	Kalibrace rezonátorů .....	323
11,8,1	Kalibrace dobrušováním, leptáním a změnou vzdálenosti elektrod .....	323
11,8,2	Kalibrace změnou tloušťky elektrod .....	323
11,8,3	Kalibrace chemická .....	324
11,8,4	Ostatní způsoby kalibrace .....	324
11,9	Stabilita piezoelektrických rezonátorů .....	325

## ČÁST DRUHÁ

### Kapitola 12

Piezoelektrické výbrusy ve vysokofrekvenční elektrotechnice ...	333
12,1 Impedance náhradního obvodu výbrusu .....	333
12,2 Stabilizační činitel .....	334
12,3 Pierceův oscilátor .....	337
12,4 Oscilátory stabilisované výbrusem .....	341
12,4,1 Zatižitelnost výbrusu .....	347
12,5 Frekvenční modulace piezoelektrického oscilátoru .....	350
12,6 Piezoelektrickým rezonátorem řízené transistorové oscilátory .....	351
12,7 Amplitudová modulace .....	353
12,8 Piezoelektrický rezonátor v obvodech pasivních čtyřpólů .....	354
12,8,1 Základní charakteristiky čtyřpólu .....	355
12,8,2 Krystalové úzkopásmové filtry .....	357
12,8,3 Krystalové širokopásmové filtry .....	364
12,9 Typická provedení vysokofrekvenčních úzkopásmových filtrů .....	366

### Kapitola 13

Bimorfní výbrusy a jejich užití v elektroakustice .....	371
13,1 Ohyb bimorfního výbrusu .....	373
13,2 Piezoelektrické mikrofony .....	377
13,3 Konstrukce piezoelektrických mikrofonů .....	380
13,4 Piezoelektrické gramofonové snímači přenosky .....	384
13,5 Piezoelektrické reproduktory .....	387
13,6 Piezoelektrické sluchátko .....	388
13,7 Piezoelektrické snímače chvění .....	388
13,8 Měření piezoelektrickými snímači chvění .....	396
13,9 Piezoelektrické relé .....	403



## Kapitola 14

Měření tlaků piezoelektrickými snímači .....	406
14,1 Vliv chvění na snímače .....	419
14,2 Zesilovače pro piezoelektrické snímače tlaku .....	419
14,3 Měřicí zesilovač .....	420
14,4 Cejchování piezoelektrických snímačů .....	429

## Kapitola 15

Užití piezoelektrických a elektrostrikčních výbrusů v ultraakustice	433
15,1 Piezoelektrický měnič zdrojem intenzivního ultrazvukového pole .....	433
15,1,1 Ekvivalentní hmota výbrusu .....	436
15,1,2 Vnitřní tření .....	438
15,1,3 Akustický výkon výbrusu .....	441
15,1,4 Provedení držáků výbrusů .....	442
15,1,5 Účinnost .....	448
15,1,6 Stanovení účinnosti výbrusu z rezonančních křivek .....	451
15,2 Měření intenzity ultrazvukového pole .....	453
15,3 Vyzařovací charakteristika ultrazvukového měniče .....	459
15,4 Fokusace ultrazvuku .....	462
15,5 Ultrazvuková optika .....	464
15,6 Vysokofrekvenční generátory pro ultrazvukové měniče .....	471
15,6,1 Část vysokofrekvenční .....	471
15,6,2 Výkon v sekundárním okruhu, vliv sekundárního okruhu na primární, pojem přeneseného odporu .....	472
15,6,3 Volba elektronek .....	476
15,6,4 Zdroje napájecích napětí .....	478
15,6,5 Měřicí obvody v generátorech .....	478
15,7 Piezoelektrický měnič v měřicí technice .....	479
15,7,1 Měření rychlosti zvuku v kapalinách a plynech .....	480
15,7,2 Optické metody k měření rychlosti zvuku v kapalinách .....	485
15,7,3 Měření rychlosti zvuku v pevných látkách .....	486
15,7,4 Ultrazvukový elasticimetr .....	486
15,7,5 Měření rychlosti proudění kapalin a plynů .....	489
15,7,6 Piezoelektrické měniče ultrazvuku v ložní navigaci .....	491
15,8 Piezoelektrické a elektrostrikční měniče v defektoskopii ultrazvukem .....	492
15,8,1 Budič a snímač elektromechanický .....	494
15,8,2 Budič elektromechanický, snímání mechanicko-optické .....	495
15,8,3 Budič a snímač elektromechanický — provoz impulsní .....	499
15,8,4 Defektoskopie metodami odrazovými .....	499
15,8,4,1 Resonanční metoda .....	499
15,8,4,2 Defektoskopie metodami odrazovými, impulsní provoz .....	503
15,9 Ultrazvukové zpězdovací linky .....	510