

Obsah

PŘEDMLUVA	9
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ	10
1. ÚVOD	17
2. PIEZOELEKTRICKÉ LÁTKY A JEJICH ELASTICKÉ, DIELEKTRICKÉ A PIEZOELEKTRICKÉ VLASTNOSTI	19
2.1 Elastické vlastnosti krystalů	20
2.2 Dielektrické a piezoelektrické vlastnosti krystalů	25
2.3 Lineární piezoelektrické stavové rovnice	26
2.4 Transformace materiálových konstant	30
2.5 Nelineární elektroelastické rovnice	31
2.6 Popis krystalické struktury	33
2.7 Využívané piezoelektrické krystalické látky	40
2.7.1 Křemen	41
2.7.2 Lithium niobát a lithium tantalát	46
2.7.3 Germanium bizmut	50
2.8 Piezoelektrická keramika	52
2.9 Piezoelektrické polymery	53
3. KMITY PIEZOELEKTRICKÝCH VÝBRUSŮ	54
3.1 Kmity tyčinek	54
3.1.1 Podélné kmity tyčinek	55
3.1.2 Ohybové kmity tyčinek	63
3.1.3 Torzní kmity tyčinek	67
3.2 Tloušťkové kmity tenkých piezoelektrických desek	69
3.2.1 Kmity nekonečně rozlehlé tenké piezoelektrické desky	69
3.2.2 Kmity tenké piezoelektrické desky charakterizované vznikem dvourozměrných stojatých vln	74
3.2.3 Vynucené kmity ohraničené tenké piezoelektrické desky	79
4. APROXIMATIVNÍ ŘEŠENÍ KMITŮ PIEZOELEKTRICKÝCH DESEK.	83
4.1 Aproximativní řešení kmitů ohraničených piezoelektrických desek využívající rozvo- je v mocninou řadu	83
4.1.1 Vyjádření základních veličin pomocí mocninné řady.	84
4.1.2 Řešení vázaných tloušťkově střížných, tloušťkově torzních a ohybových kmitů piezoelektrických desek s monoklinickou symetrií.	86

4.1.3	Řešení vázaných tloušťkově střížných, tloušťkově torzních a ohybových kmitů částečně pokovených piezoelektrických desek	98
4.2	Jednorozměrné aproximativní řešení kmitů ohraničených úzkých piezoelektrických destiček využívající rozvoje v mocninou řadu	111
4.3	Aproximativní řešení kmitů ohraničených piezoelektrických desek využívající rozvoje pomocí Legendreových polynomů	119
5.	ELEKTRICKÝ NÁHRADNÍ OBVOD PIEZOELEKTRICKÝCH REZONÁTORŮ	121
5.1.	Odvodzení elektrického náhradního obvodu se soustředěnými parametry	121
5.1.1	Elektrický náhradní obvod a admitanční matice tenké úzké tyčinky	122
5.1.2	Elektrický náhradní obvod tloušťkově kmitající tenké piezoelektrické tyčinky	130
5.1.3	Elektrický náhradní obvod piezoelektrických rezonátorů ve tvaru kruhových destiček s kruhovými elektrodami	135
5.2	Vlastnosti elektrického náhradního obvodu piezoelektrického rezonátoru se dvěma elektrodami	137
5.3	Ovlivnění sériového a paralelního rezonančního kmitočtu piezoelektrického rezonátoru sériově nebo paralelně připojenou reaktancí	140
5.4	Teplotní a časová stabilita parametrů elektrického náhradního obvodu	143
5.5	Změny parametrů elektrického náhradního obvodu zprostředkované nelineárními vlastnostmi krystalů	150
5.5.1	Vliv stejnosměrného elektrického pole	150
5.5.2	Vliv působení elastických napětí	151
5.5.3	Vliv velikosti budicího proudu	153
5.6	Elektrický náhradní obvod piezoelektrického rezonátoru s rozprostřenými parametry	155
5.7	Měření parametrů elektrického náhradního obvodu piezoelektrických rezonátorů	156
5.7.1	Měření rezonančního kmitočtu	157
5.7.2	Určení dynamické kapacity z měření rozladění dvěma kapacitními reaktancemi	158
6.	UŽÍVANÉ PIEZOELEKTRICKÉ REZONÁTORY A VÍCEREZONÁTOROVÉ STRUKTURY	160
6.1	Piezoelektrické křemenné rezonátory využívající ohybových, podélných a plošně střížných kmitů	161
6.1.1	Ohybově kmitající rezonátory	162
6.1.2	Rozpínavě kmitající rezonátory	170
6.1.3	Plošně střížně kmitající rezonátory	173
6.2	Piezoelektrické křemenné rezonátory využívající tloušťkově střížných kmitů	177
6.2.1	Rezonátory typu AT	181
6.2.2	Rezonátory typu BT	186
6.2.3	Některé další typy tloušťkově střížně kmitajících rezonátorů s malou teplotní závislostí rezonančního kmitočtu	187
6.2.4	Rezonátory s lineární teplotní závislostí rezonančního kmitočtu	188
6.3	Rezonátory z LiNbO_3 a LiTaO_3	188
6.4	Dvourezonátorová struktura tvaru H	191
6.5	Vícerezonátorové struktury využívající tloušťkově střížných a tloušťkově torzních kmitů	194
6.5.1	Dvourezonátorová elasticky vázaná struktura využívající vazby pomocí tloušťkově střížných kmitů, určení koeficientu mezirezonátorové vazby.	194
6.5.2	Dvourezonátorová elasticky vázaná struktura využívající vazby pomocí tloušťkově torzních kmitů	201
6.5.3	Dvourezonátorové elasticky vázané struktury s kombinovanou vazbou.	203

6.6	Vicerezonátorové struktury využívající tloušťkově podélných kmitů.	203
7.	TECHNOLOGIE VÝROBY A POUŽITÍ PIEZOELEKTRICKÝCH REZONÁTORŮ	206
7.1	Příprava a opracování výbrusů	206
7.1.1	Výběr a dělení křemenných monokrystalů	207
7.1.2	Kontrola orientace výbrusů	210
7.1.3	Broušení a leštění	211
7.2	Nanesení elektrod, montáž a nastavení parametrů	214
7.2.1	Pokovení výbrusů	214
7.2.2	Nastavení rezonančního kmitočtu a ostatních parametrů rezonátorů	215
7.2.3	Pouzdrnění piezoelektrických rezonátorů	216
7.3	Vliv technologie výroby na parametry piezoelektrických rezonátorů	218
7.4	Použití piezoelektrických rezonátorů v pasívních selektivních obvodech.	220
7.4.1	Krystalové a piezokeramické filtry	220
7.4.2	Monolitické krystalové filtry	228
7.4.3	Krystalové diskriminátory	232
7.5	Použití piezoelektrických rezonátorů pro stabilizaci kmitočtu	233
7.5.1	Stabilita kmitočtu	233
7.5.2	Užívaná zapojení krystalových oscilátorů	235
7.5.3	Termostatované krystalové oscilátory	237
7.5.4	Teplotně kompenzované a napěťově řízené krystalové oscilátory	238
7.6	Doslov	243
	LITERATURA	245
	SUMMARY	253
	РЕЗЮМЕ	254
	РЕЈСТРІК	255