Tomáš Fukátko

Detekce a měření různých druhů záření

Praha 2006

TECHNICKÁ LITERATURA BEN

Publikace byla napsána na základě poznámek, nahromaděných autorem během jeho celoživotní odborné činnosti. Znamená to, že kniha není psána jako ucelená odborná publikace, ale spíše se jedná o sborník, ve kterém se jednotlivé kapitoly a přílohy vztahují k oblastem majícím více nebo méně vztah k problematice „záření“.

V knize jsou vědomě opomíjeny takové oblasti záření, které jsou buď podrobně popsány v řadě jiných publikací (na příklad oblast radiových vln), nebo naopak přesahují svojí specifičností zaměření této knihy (sborníku). Jedná se například o vznik a působení některých druhů ionizujícího záření, vznikajících při urychlování nabitých částic nebo při činnosti jaderných reaktorů.

Tomáš Fukátko

Detekce a měření různých druhů záření

Bez předchozího písemného svolení nakladatelství nesmí být kterákoli část kopírována nebo rozmnožována jakoukoli formou (tisk, fotokopie, mikrofilm nebo jiný postup), zadána do informačního systému nebo přenášena v jiné formě či jinými prostředky.

Autoři a nakladatelství nepřejímají záruku za správnost tištěných materiálů. Předkládané informace jsou zveřejněny bez ohledu na případné patenty třetích osob. Nároky na odškodnění na základě změn, chyb nebo vynechání jsou zásadně vyloučeny.

Všechny registrované nebo jiné obchodní známky použité v této knize jsou majetkem jejich vlastníků. Uvedením nejsou zpochybněna z toho vyplývající vlastnická práva.

Veškerá práva vyhrazena
© Tomáš Fukátko, Praha 2006
© Nakladatelství BEN – technická literatura, Věšínova 5, Praha 10

Tomáš Fukátko: Detekce a měření různých druhů záření
BEN – technická literatura, Praha 2006
1. vydání

ISBN 80-7300-193-4

Obsah

1 ÚVOD 9

1.1 Optické záření 10

1.1.1 Rádiové vlny 11

1.1.2 Rentgenové záření 11

1.1.3 Záření gama 12

1.1.4 Záření sluneční 12

1.1.5 Reliktní záření 12

1.1.6 Záření brzdné 13

1.1.7 Čerenkovovo záření 13

1.1.8 Luminiscence 13

1.1.9 Ionizující záření 14

1.2 Záření korpuskulární 14

1.2.1 Zvláštní druhy korpuskulárního záření 15

1.2.1.1 Foton 15

1.2.1.2 Fotoelektrický jev 16

1.2.1.3 Gama záření 16

1.3 Interakce mezi zářením a hmotou 17

1.3.1 Ionizace molekul hmoty 17

1.3.2 Interakce 17

1.3.3 Ionizace hmoty u záření charakteru vlnového 17

1.3.3.1 Hloubka průniku ionizačního záření hmotou 17

1.4 Ionizace 18

1.4.1 Ionizační potenciál 19

1.5 Emise 19

1.5.1 Emise fotonů 19

1.5.2 Emise elektronů 21

1.5.3 Studená emise elektronů 22

1.5.4 Fotonová emise 22

2 DETEKTORY ZÁŘENÍ 23
2.1 Detekce ionizujícího záření 24
2.1.1 Detekce ionizujícího záření fotochemickou reakcí 25
2.1.1.1 Využití fotoemulze pro dozimetrické účely 26
2.1.1.2 Využití fotografické metody v rentgenovské technice 28
2.1.1.3 Využití jaderný fotoemulzi pro detekci stop částic 30
2.2 Mlžné a bublinkové komory pro detekci stop částic 31
2.2.1 Wilsonova mlžná komora 31
2.2.2 Bublinová komora 32
2.3 Ionizační detektory elektronické 33
2.3.1 Ionizační komory 33
2.3.1.1 Princip funkce ionizační komory 34
2.3.2 Tužkové dozimetry 37
2.3.2.1 Tužkový průhledový dozimetr 37
2.3.2.2 Tužkový slepý dozimetr 38
2.3.3 Průběhy proudového a napěťového signálu deskové ionizační komory 39
2.3.4 Impulzové ionizační komory 40
2.4 Proporcionální detektory 40
2.5 Geigerovy-Müllerovy detektory (GM trubice) 43
2.6 Polovodičové detektory 49
2.6.1 Bariérové polovodičové detektory 51
2.6.2 Difúzní polovodičové detektory 53
2.6.3 Detektory kompenzované (driftované) lithiem 54
2.6.4 Šum a energetické rozlišení polovodičových detektorů 54
2.6.4.1 Energetické rozlišení polovodičových detektorů 57
2.6.4.2 Použití polovodičových detektorů pro měření neutronů 57
2.7 Scintilační detektory 58
2.7.1 Porovnání vlastnosti scintilačních detektorů s GM sondami 63
2.7.2 Luminiscenční a fosforeskující metody 64
2.8 Měření koncentrace vzdušných iontů v vzduší – iontometr 65
2.9 Měření radioaktivních aerosolů 69
2.9.1 Monitor umělých radioaktivních aerosolů typ KOPR 69
2.9.2 Meření radonu 69

3 ZDROJE IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ 73
3.1 Druhy zdrojů ionizujícího záření 75
3.1.1 Uzavřené radioaktivní zářiče 75
3.1.2 Otevřené radioaktivní zářiče 75
3.1.3 Radioaktivní aerosole 76
3.1.4 Radon a jeho výskyt 76

4 DETEKCE ELEKTROMAGNETICKÉHO ZÁŘENÍ 79
4.1 Fotoefekt 80
4.2 Fotodiody a fotočlánky 80
4.2.1 Hradlové fotoelektrické články 81
4.3 Vakuové fotonky a fotonásobiče 82
4.3.1 Fotoemise 82
4.3.2 Vakuová fotonka 83
4.3.3 Fotonásobiče 83
4.4 Polovodičové fotočlánky 86
4.4.1 Polovodičové fotodiody 86
4.4.1.1 Solární články (sluneční baterie) 90
4.4.2 Fototranzistor 90
4.4.3 Diodový fototyristor 94
4.4.4 Fototyristor 95
4.4.5 Fototyristorová tetroda 96
4.4.6 Fotorezistor 97
4.4.6 Bolometry 98
4.4.8 CCD snímače světelného toku 101

5 ZDROJE ELEKTROMAGNETICKÉHO ZÁŘENÍ 105
5.1 Světelné zdroje 106
5.1.1 Zdroje světla pracující na principu výboje 107
5.1.1.1 Emise světla při normálního tlaku vzduchu 108
5.1.1.2 Emise světla při zředěném plynu 108
5.1.1.3 Speciální zdroje záření 108
5.2 Výboje v plynech 109
5.2.1 Světelné doutnavky a výbojky 113
5.2.1.1 Výbojky se záporným katodovým světlem 113
5.2.1.2 Digitrony 115

5.3 Výbojky se světlem kladného sloupce – neonové trubice 115
5.4 Mooreovy trubice 116
5.5 Neonové trubice se žhavými elektrodami 116
5.5.1 Fluorescenční indikační prvky 117
5.6 Luminiscenční diody (LED – Light Emitting Diode) 118
5.7 Laserovy diody 119
5.8 Elektroluminiscenční zobrazovače 120
5.9 Teplotní zdroje záření 121
5.9.1 Žárovky 121
5.9.2 Obloukové výbojové lampy 122
5.10 Zvláštní zdroje světelného záření 126
5.11 Transport optického záření 126

PŘÍLOHY

P1 TEORIE MĚŘENÍ 127
P1.1 Měření ionizujícího záření 128
P1.1.1 Dozimetrické přístroje 128
P1.1.2 Radiometrické přístroje 129
P1.1.3 Spektrometrické přístroje 129
P1.1.4 Přístroje pro stanovení interakcí záření s hmotou 129
P1.2 Zdroje informací o záření 130
P1.3 Detektory 130
P1.3.1 Měření počtu impulzů 131
P1.4 Měření energetického rozlišení 136
P1.5 Korelační měření 139
P1.6 Identifikace částic 139

P2 ZÁKLADNÍ ELEKTRONICKÉ OBVODY DETEKTORŮ 141
P2.1 Signály na výstupu detektorů jaderného záření 142
P2.2 Vazba mezi jaderným detektorem a předzesilovačem 144
P2.3 Činnost polovodičového detektoru 149
P2.4 Úplné blokové schéma dvou elektronických zařízení 152
P2.4.1 Elektronický mikroculombmetr 152
P2.4.2 Monitor umělých radioaktivních aerosolů 154
P2.5 Vazba detektorů optického záření s elektronickými obvody 155
P2.5.1 Optoelektronické systémy 159

P3 VZNIK ZÁPORNÝCH VZDUŠNÝCH IONTŮ A PRINCIP ČINNOSTI KORÓNOVÉHO IONIZÁTORU VZDUCHU 161
P3.1 Ionizace ovzduší 162
P3.2 Šíření iontů prostředím 163
P3.3 Elektrické ionizátory vzduchu 164

P4 POZNÁMKY K NĚKTERÝM POUŽITÝM VÝRAZŮM . 169
P4.1 Energie mechanická 171
P4.2 Energie tepelná 171
P4.3 Energie akustická 172
P4.4 Energie světelná 172
P4.5 Energie elektrická 173
P4.6 Zásady při používání pojmu energie 175
P4.6.1 Intenzita 176
P4.6.2 Napětí 176
P4.6.3 Proud 176

LITERATURA 177

REJSTŘÍK 181

PŘEDMLUVA

Knížka byla napsána na základě poznámek, nahromaděných autorem během jeho celoživotní odborné činnosti. Znamená to, že kniha není psána jako ucelená odborná publikace ale spíše jako takzvaný sborník, ve kterém jednotlivé kapitoly a přílohy se vztahují k oblastem majícím více nebo méně vztah k problematice „záření".

V knížce jsou vědomě opomíjeny takové oblasti záření, které jsou buď podrobně popsány v řadě jiných publikací (na příklad oblast radiových vln), nebo naopak přesahují svojí specifičnosti zaměření této knížky (sborníku). Jedná se na příklad o vznik a působení některých druhů ionizujícího záření, vznikajících při urychlování nabitých částic nebo při činnosti jaderných reaktorů.

Knížka je dělena do kapitol a příloh. Přílohy volně navazují na problematiku obsaženou v jednotlivých kapitolách.

Autor se snažil důsledně uvádět literární prameny, na základě kterých vytvářel svůj odborný archiv. Ne všude se mu to však podařilo, tento nedostatek se týká především starších literárních pramenů (zvláště pak časopiseckých). Za tento nedostatek se původním autorům (ze kterých případně čerpal) dodatečně omlouvá.

Autor
v Praze a Slapech nad Vltavou
2005/2006