

Termoluminiscenční dozimetrie

Barbora Anna Bajajová
Gymnázium Vyškov
barcaanna@seznam.cz

Vladimír Míč
Gymnázium Křenová
v.mic@centrum.cz

Alexander Slávik
Gymnázium, Brno-Řečkovice
slavik.alexander@seznam.cz

Igor Turčan
Gymnázium Vyškov
igorturcan@seznam.cz

Abstrakt

Cílem naší práce bylo vytvoření kalibrační křivky pomocí dozimetrů ozářených známými dávkami a následné zjištění dávky absorbované neznámým vzorkem pomocí této křivky. Zároveň jsme zkoumali vliv dlouhodobého fadingu na dozimetrie. K experimentům jsme využili LiF dozimetrie TLD-1000 a aparaturu Harshaw 4000.

1 Úvod

Některé látky mají tu vlastnost, že po vystavení ionizačnímu záření (IZ) a následném zahřátí emitují viditelné světlo. Tento jev se nazývá termoluminiscence (TL). Jeho využití je zejména v tzv. integrální (sčítací) dozimetrii.

Dozimetrie je věda zabývající se měřením veličin spojených s ionizujícím zářením. Její velký význam je v ochraně obyvatelstva, protože IZ je pro živé organismy škodlivé, či dokonce smrtící. Termoluminiscenční dozimetrie je metoda měření dávky ionizačního záření, založena na výše zmíněném jevu termoluminiscence. V současnosti je to jedna z nejvyužívanějších dozimetrických metod.

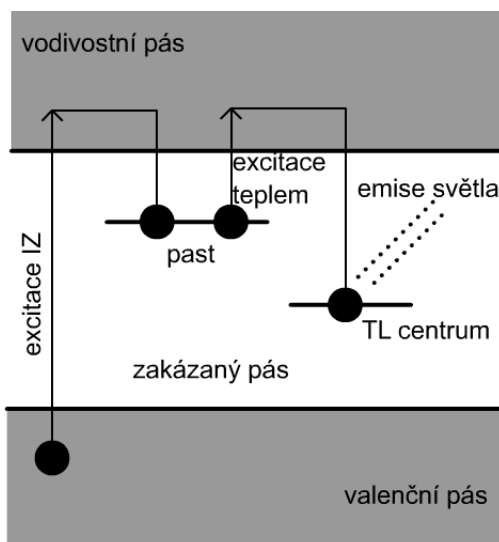
Cílem naší práce bylo vytvoření kalibrační křivky (tj. závislosti odezvy dozimetrů na absorbované dávce IZ) pomocí sad dozimetrů ozářených známými dávkami a stanovení absorbované dávky u neznámého vzorku.

2 Teorie

Jev termoluminiscence můžeme objasnit pomocí pásového modelu krystalu. Za standardních podmínek se elektrony nachází v tzv. valenčním pásu, odkud je lze excitovat do vodivostního pásu (mimo jiné) expozicí IZ. Mezi těmito dvěma pásy se nachází zakázaný pás, kde se v ideálním krystalu nemohou elektrony vyskytovat (z kvantově mechanických důvodů). V reálných krystalech se však nachází poruchy (příměsi, vakance ap.), které umožňují existenci energetických hladin v zakázaném pásu. Tyto hladiny mohou být dvojího typu:

- pasti – z těchto hladin nemohou elektrony přejít do stavu s nižší energií
- centra – z těchto hladin lze přejít do stavu s nižší energií.

Excitované elektrony mají samovolnou tendenci snižovat svoji energii, díky čemuž dochází k jejich sestupu do valenčního pásu, center a pastí. Dodáním tepla se elektrony v pastech opět excitují a dostanou do vodivostního pásu (pro „hlubší“ pasti je třeba dodat více tepla). Z vodivostního pásu se opětovně „propadají“, přičemž některé přejdou do tzv. termoluminiscenčních center, ve kterých rekombinují s děrami. Při tomto přechodu se emituje foton viditelného světla.



Obrázek 1: schéma termoluminiscenčního jevu.

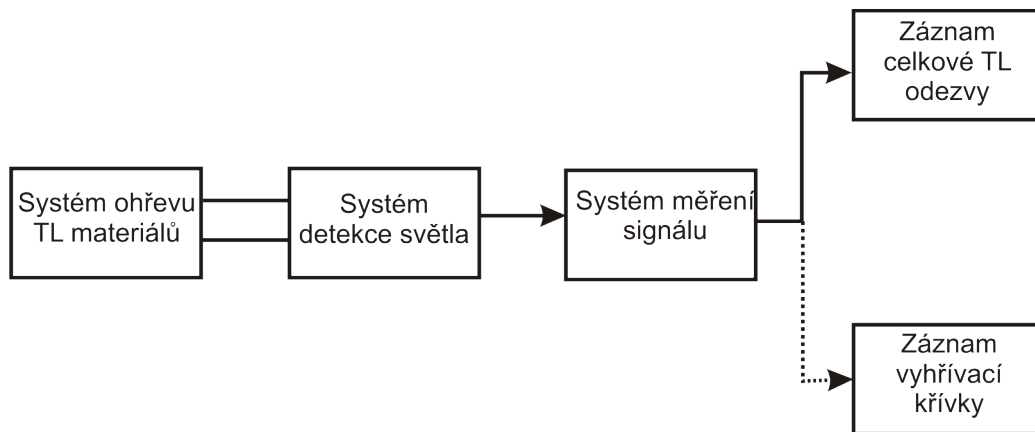
Při využití v dozimetrii měříme toto vyzářené světlo pomocí fotonásobičů, fotodiód či jiných prostředků. V rozsahu daném použitým materiálem dozimetru je závislost této odezvy přímo úměrná dávce absorbované dozimetrem.

Za pokojových teplot dochází k postupnému vyprazdňování elektronových pastí (zvláště těch „mělkých“), čemuž se říká fading. Proto se při analýze dozimetrů používá předohřev, kterým se vyprázdní pasti nejvíce podléhající fadingu. Díky fadingu je ve starších dozimetrech poměr odezvy k dávce menší.

3 Měření, výsledky

V první části měření jsme nejprve stanovovali kalibrační křivku, tedy závislost odezvy dozimetrů na absorbované dávce. Použili jsme tři sady po sedmi dozimetrech TLD-1000 z fluoridu litného ozářené dávkami 0,2, 0,4 a 0,6 Gy a jednu sadu neozářených dozimetrů. K měření odezvy byl použit přístroj Harshaw 4000, který pracuje následovně:

1. provede se předohřev k odstranění vlivu fadingu
2. dozimetr se postupně zahřívá a zaznamenává se intenzita světla vyzářovaného dozimetrem
3. určí se odezva jako celkový náboj vyvolaný TL na fotokatodě fotonásobiče.



Obrázek 2: schéma zpracování TL dozimetru.

Pro další zpracování jsme vypočetli průměrnou odezvu každé sady, vynesli závislost této odezvy na absorbované dávce do grafu a provedli lineární regresi. Dle předpokladu vykazovala naměřená data lineární závislost, dokonce velmi dobře. Získaná rovnice kalibrační křivky je

$$y = 2599,31D + 2,27,$$

kde y je odezva dozimetru ($[y] = \text{nC}$) a D dávka ($[D] = \text{Gy}$).

Díky znalosti kalibrační křivky jsme mohli určit dávku absorbovanou neznámým vzorkem, která byla zaznamenána opět v sedmi dozimetrech TLD-1000. Stejně jako u známých dávek jsme změřili odezvy dozimetrů a vypočítali průměrnou hodnotu. Z té jsme potom na základě známé lineární závislosti stanovili hodnotu neznámé dávky na $0,472 \pm 0,005 \text{ Gy}$.

Abychom zjistili vliv fadingu, změřili jsme odezvu dalších, čerstvě ozářených dozimetrů (předchozí sady byly ozařovány v listopadu r. 2008). Tyto nové sady jsme zpracovali pomocí lineární regrese, přičemž rovnice závislosti vyšla

$$y = 2999,08D - 9,65.$$

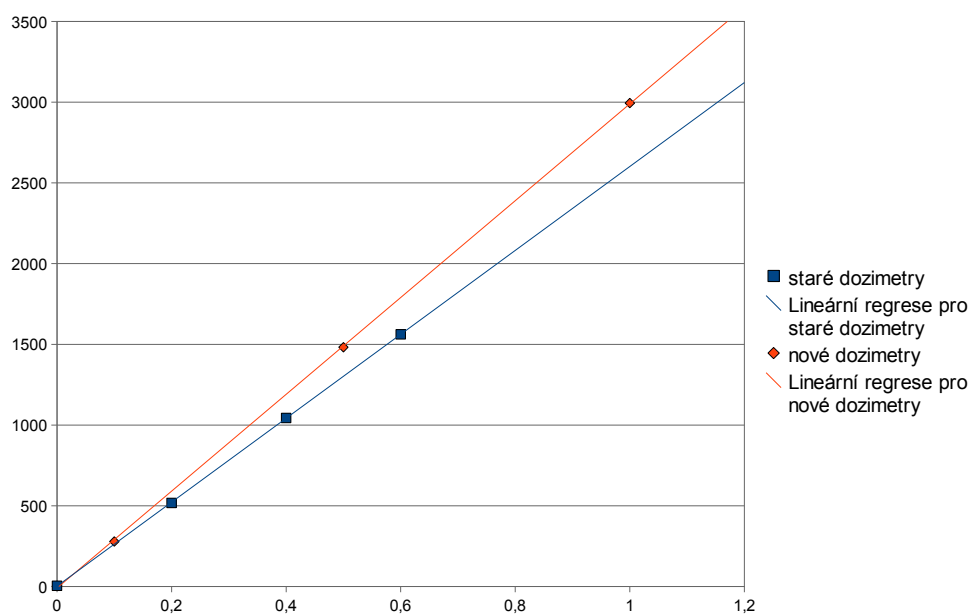
Ze zjištěného rozdílu je dobře patrné, že vliv fadingu při dlouhých časových intervalech nelze zanedbat.

4 Závěr

Na základě naměřených hodnot jsme stanovili kalibrační křivku, pomocí níž jsme následně určili dávku IZ absorbovanou neznámým vzorkem. Zároveň jsme prokázali vliv fadingu na odezvu dozimetrů při TL. Chyby v tomto měření mohly být způsobeny možným nerovnoměrným ozářením dozimetrů a vlivem fadingu (stáří vzorků).

Poděkování

Na tomto místě bychom chtěli poděkovat především Ing. Petru Průšovi, našemu supervisorovi, za zasloužení do problematiky termoluminiscenční dozimetrie a odborný dohled nad naším výzkumem a Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v Praze za poskytnutí prostor a vybavení nezbytného k provedení naší práce.



Obrázek 3: kalibrační křivky pro starou a novou sadu dozimetrů.

Reference

- [1] MUSÍLEK, Ladislav, ŠEDA, Josef, TROUSIL, Jaroslav. *Dozimetrie ionizujícího záření (integrující metody)*. 1. vyd. [s.l.] : [s.n.], 1992. 282 s.
- [2] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Dozimetrie* [online]. c2009 [citováno 16. 06. 2009]. Dostupný z WWW:
<<http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Dozimetrie&oldid=4075507>>