

Návrh bakalářské práce

Charakterizace záření X produkovaného uniklými (nespoutanými, "runaway") elektrony na tokamaku Golem

Abstrakt:

Tokamak je zařízení pro studium plazmatu. Plazma je takové skupenství látky, ve kterém její atomy jsou ionizovány. Plazma tedy obsahuje volné elektrony a ionty. Elektrony mohou být za vhodných podmínek v tokamaku urychlovány po kruhových drahách, a to až na energii 1 MeV. Odstředivou silou se tyto elektrony dostávají na stále větší a větší orbity, až v jeden okamžik narazí na stěnu tokamaku. Zde vlivem brzdících sil produkují záření X, které je dvojí povahy – čárové a spojité. Čárové spektrum odpovídá charakteristickému záření, neboť je charakteristické pro každý prvek (používá se k prvkové analýze). Jelikož tokamak je složen z konstrukčních materiálů (např. ocel, mosaz), energie charakteristického záření jsou velmi nízké (jednotky keV). Toto záření je silně absorbováno stěnou tokamaku a ven se dostává jen zanedbatelná část. Spojité spektrum je spektrum brzdného záření. Energie fotonů brzdného záření mohou nabývat hodnot od 0 keV po kinetickou energii primárních elektronů. Typická hodnota se pohybuje ve stovkách keV. Toto je již dost pronikavé záření, aby prošlo stěnou tokamaku. Fotony brzdného záření nesou informaci o původních energiích elektronů. Je zde tedy požadavek na měření a analýzu spekter energií a časů vzniku fotonů brzdného záření s cílem alespoň odhadnout parametry primárních elektronů (zejména spektrum jejich energií, rozložení v čase a případně směry letu).

Prvotními experimenty bylo zjištěno, že brzděné záření je intenzivní, ale krátkodobé. Vysoký tok fotonů způsobuje, že klasické detektory nejsou schopny registrovat každý foton zvlášť. Signály generované fotony jsou tzv. slité (na sebe navršené). Jedním z možných řešení je snížení detekční účinnosti tím, že se sníží objem detektoru. Jelikož záblesk brzdného záření je krátkodobý, je vhodné mít těchto detektorů co nejvíce, aby bylo možné registrovat co nejvíce fotonů z jednoho záblesku pro statistickou analýzu. Odtud lze jednoduše dospět k závěru, že vhodným detektorem pro registraci brzdného záření na tokamaku je pixelový detektor původně určený k zobrazovacím aplikacím (pixel je zkratka od picture element).

Moderní pixelové detektory mají velmi malý objem a lze tak očekávat, že jeden pixel bude povětšinou registrovat buď žádný, nebo právě jeden foton. Tím, že pixelů (tj. elementárních detektorů) je velmi mnoho (desetitisíce až miliony), lze z jednoho záblesku registrovat tisíce (případně i více) fotonů pro statistické zpracování.

Cílem tohoto projektu je připravit přístrojové zázemí (čítající jak polovodičové pixelové detektory, tak rychlé scintilační detektory) a metodiku pro sběr a analýzu dat pro charakterizaci brzdného záření produkovaného uniklými elektrony na tokamaku. Metodika by měla též zahrnovat statistickou analýzu parametrů primárních elektronů.

Zadání:

1. Naučte se měřit s pixelovými a rychlými scintilačními detektory. Obeznamte se s fyzikou těchto detektorů.
2. Nastudujte si fyziku záření X a připravte si vlastní programové nástroje pro numerické výpočty absorpčních a emisních spekter tohoto záření.
3. Změřte záření X generované uniklými elektrony na tokamaku a pokuste se o fyzikální interpretaci naměřených dat pomocí svých programových nástrojů.
4. Diskutujte zjištěná fakta s odborníky.

Literatura:

1. GERNDT, J., PRŮŠA, P.: „*Detektory ionizujícího záření*“, ČVUT, 2011.
2. G.F. Knoll: „*Radiation Detection and Measurement*“, John Wiley & Sons, Inc., 2000.
3. D.M. Paganin: „*Coherent X-Ray Optics*“, Oxford University Press, 2006.