

Posudek oponenta bakalářské práce

Pro: Daniela Švorce
studenta FJFI ČVUT. Katedra fyziky, obor: Fyzika a technika termojaderné fúze

Název práce: PlasmaLab – Rezonanční dutina

Oponent: Ing. Michal Farník
Datum vypracování: 19.8.2022

Posudek:

Práce se zabývá problematikou šíření mikrovln v rezonátoru a výpočtu hustoty plazmatu z měření posunu rezonančních frekvencí. Hustota plazmatu je jedním z nejdůležitějších a nejčastěji měřených parametrů a její přesné stanovení je tedy důležitým úkolem.

V první části autor předkládá přehled o šíření elektromagnetických vln v rezonátorech. Popisuje definici mikrovlnné dutiny a poté přechází k popisu rezonančních frekvencí v dutinách s kruhovým průřezem včetně vizualizace některých z nich. Krátce se také zmíní o Besselových funkcích, které jsou nezbytné pro detailní výpočet elektrických a magnetických polí daných rezonančních módů. Dále autor zakončuje kapitolu krátkým popisem plazmatu a permitivity v souvislosti s šířením elektromagnetických vln plazmatem, kde nakonec odvozuje vztah pro určení hustoty z posunu rezonanční frekvence. Osobně bych při tomto teoretickém úvodu ocenil širší vysvětlení módů v dalších typech dutin. Šíření elektromagnetických vln dutinami a vlnovody je nezbytnou součástí i dalších metod měření plazmatu např. u reflektometrie nebo elektronové cyklotronové emise.

V druhé části se autor věnuje popisu experimentální uspořádání, kde jsou detailně popsány součásti rezonanční dutiny. Dle jejích parametrů jsou vypočítány očekávané frekvence rezonančních módů.

V závěrečných částech se autor věnuje měření elektronové hustoty z posunu rezonančních frekvencí. Dobře se vypořádává se systematickými chybami měření pomocí referenčního měření před výbojem z plazmatem. Z posunu frekvencí v průběhu měření ve vakuu je možné pozorovat teplotní roztažnost materiálu dutiny. Základním problémem se ukázalo přiřazení měřených módů k teoreticky vypočítaným. Byly odstraněny pochybnosti o závadném signálu pocházejícím z okolí dutiny. Autor poté systematicky pracoval na zkvalitnění měření pomocí úpravy pozice a geometrie antén. Poloha antén s obvodem smyčky 1 cm v poloze v blízkosti stěny a v blízkosti dolní podstavy dutiny, nasměrovány do azimutálního směru již generuje dobře vypadající spektrum s úzkými píky a v těsné blízkosti teoretických hodnot. Poté autor přistupuje k opačnému přístupu a optimalizuje výkonu pro

mód TM_{010} na 1,3 GHz za pomoci návrhu antény o obvodu 2 cm umístěné do poloviny výšky dutiny. Tou jsou následně měřena finální spektra.

V závěrech autor poskytuje konzistentní popis měřených módů s přihlednutím na průběh elektrických a magnetických polí pomocí Besselových fcí a pravděpodobnost měření těchto módů. Výskyt TM módů se ukazuje být výrazně ovlivněn generující elektrodou, což se zdá být přijatelný závěr. Vliv impedance antén a kabelů mohou ovlivnit výskyt rezonančních frekvencí ve spektru. Měření elektronové hustoty má stále velkou chybu měření díky šířce píku a nehomogenitám plazmatu. Autor v souladu s literaturou popisuje závislost elektronové hustoty plazmatu na tlaku pracovního plynu.

Autor v celé práci postupuje systematicky a konzistentně, osvojil si základy vědecké práce i popis zjištěných souvislostí. Práce je na velice dobré úrovni. I přes drobné stylistické chyby navrhuji tuto bakalářskou práci ohodnotit známkou A – výborně.

Komentáře:

- Citace nejsou v textu správně seřazeny. Na str. 13 autor uvádí první citaci [5], citace [3] se objevuje před citací [2] atd.
- V části měření a zpracování dat by bylo lepší formátovat grafy za související text, tak aby bylo čtení výsledků pro čtenáře jednodušší.
- Všechna desetinná čísla jsou formátovány s mezerou za desetinnou čárkou.

Michal Farník

Otázky:

1. Optimalizovaný pík pro TM_{010} je stále poměrně široký v porovnání s píky v jiných spektrech (např. Obr. 3.24). Co je příčinou a nebylo by dobré anténu optimalizovat na jinou rezonanční frekvenci s ostrým píkem naměřeným v předchozích měřeních?
2. Provedla se i měření posunu rezonanční frekvence v závislosti na výkonu elektrody za konstantního tlaku? Jaká byla (resp. by byla předpokládaná) závislost?