

水素分子振動回転状態を考慮した中性粒子輸送コードによる RF プラズマの水素原子・分子発光線解析

H α line shape analysis for RF hydrogen plasmas using a neutral particle transport code with rovibrationally resolved CR model of molecular hydrogen

早川立起¹, 澤田圭司¹, 谷口秀夫¹, 前田晋之介¹,
大内健¹, 田中智尋¹, 秋山真範¹, 江角直道²

HAYAKAWA Ritsuki¹, SAWADA Keiji¹, TANIGUCHI Hideo¹, MAEDA Shinnosuke¹,
OUCHI Ken¹, TANAKA Tomohiro¹, AKIYAMA Masanori¹, EZUMI Naomichi²

信大工¹, 筑波大プラズマ研²
Shinshu Univ.¹, Univ. Tsukuba.²

我々は電子・振動・回転状態を区別した水素分子衝突輻射モデルの開発を進めており、同時に、それを組み込んだ中性粒子輸送コードの開発を進めている。プラズマ中の水素原子の速度分布は、原子が分子から生成されるため、分子の振動回転ポピュレーション分布に依存し、また、原子が分子に衝突する際の原子のエネルギー変化も分子の振動回転ポピュレーション分布に依存する。我々は中性粒子輸送コードへのこれらの組み込みを進めている。計算機コード検証のため、信州大のRFプラズマで水素原子バルマー α 発光線プロファイルを計測し、計算結果と比較した。

RFプラズマ実験装置の概略図を Fig. 1 に示す。

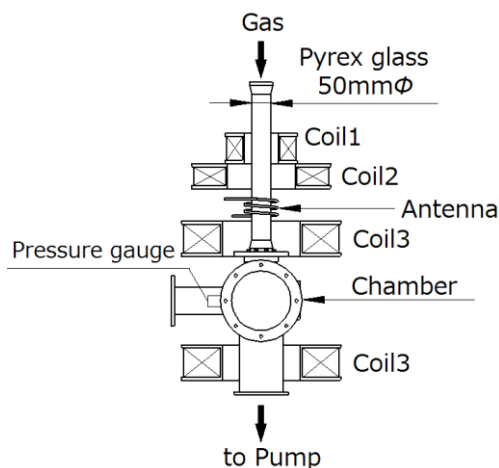


Fig. 1 装置概略図

装置はガラス管とステンレス製のチャンバーよりなる。高周波電源よりガラス管部のループアンテナに 13.56 MHz の高周波電力を印加してプラズマを生成した。アンテナ出力 500 W、水素ガス圧 0.006 torr でプラズマを生成し、水素原子バルマー α 発光線プロファイルを計測した。分光計測はアンテナ部とチャンバー部の2カ所で行った。計算により得られたバルマー α 発光線(チャンバ

一部)と分光計測により得られたバルマー α 発光線の比較を Fig. 2 に示す。

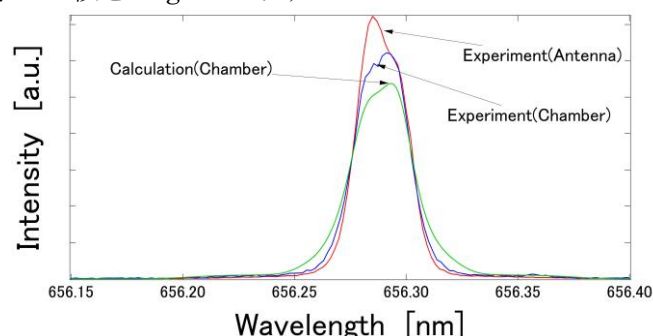


Fig. 2 バルマー α 発光線プロファイル

発光線プロファイルは、分光器による装置幅と、粒子がもつ速度分布によるドップラー広がり、ゼーマン効果による。水銀ランプを用いて計測された装置幅(半値全幅)は 0.012 nm である。アンテナ部では 0.08 T、チャンバー部では 0.02 T の磁場がコイルにより生成されている。

発光線強度について、チャンバー部での計測と計算結果では発光線プロファイルの長波長側で大きく、アンテナ部では短波長側が大きくなっている。計算は発光上準位(主量子数 3)の 18 の準位のポピュレーションを等しいとしている。アンテナ部ではチャンバー部に比べ電子密度・温度が高く、また、水素原子が多く水素分子が少ない。アンテナ部では上準位(主量子数 3) 18 の準位のポピュレーションについて等重率が成り立っていないのではないと思われる。Figure 2 の計算では、水素原子が水素分子と衝突した際の、分子の振動回転励起に伴う原子のエネルギーロスがまだ考慮されていない。計算と実験を比較すると計算のスペクトルのほうが広がっており、この効果の組み込みの必要性を示唆している。学会ではこれらについて説明する予定である。