

課題名 (タイトル) :

不安定核生成における熱負荷と放射線損傷計算

利用者氏名 : 大西 哲哉

理研での所属研究室名 : 本所 仁科加速器研究センター実験装置開発室 RI・電子散乱装置開発チーム

1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

仁科加速器研究センター SCRIT 電子散乱施設では、世界初の電子・不安定核散乱実験を目指している。基幹装置の一つとして、ウランの光核分裂反応を用いた不安定核イオン源が開発されている。このイオン源では、2000°C 近くに熱したウラン標的に電子ビームを照射することで、寿命の短い(数十ミリ秒から数十秒)不安定核を生成する。生成された不安定核は熱運動によって標的から引き出され、イオン化した後にビームとして活用される。

本研究ではシミュレーション計算を用いて、照射時の生成粒子やγ線等の発生場所及び軌跡を導出し、機器への熱負荷や放射線損傷の評価を目的とする。また、機器メンテナンスを考慮した遮蔽による対策も検討する。それに加えて、高温となっている標的及びイオン源全体を計算することにより、機器の熱分布やひずみ等を評価し、より効果的な標的や機器の設計を目的とする。また、得られた熱分布を検討することにより、不安定核の引き出し法の効率化を目指す。

2. 具体的な利用内容、計算方法

計算は、ウランの光核分裂反応による不安定核生成及び各種粒子の輸送計算と、高温時における各機器の熱負荷計算に分かれる。前者は、原子力科学研究所にて開発されている重イオン輸送総合コード Phits を使用し、MPI ライブラリを用いた並列計算でモンテカルロシミュレーションを行う。計算では、生成された不安定核だけでなく生成時に発生するγ線やその他の粒子の輸送計算を行い、様々な機器との反応過程を取り込んでいる。不安定核生成という統計事象を取り扱っているため、様々な核種の影響(放出する放射線や与えるエネルギー)及び局所分布などをみるためには計算回数(統計)を上げる必要がある。そのためクラスタシステムを利用した大規模計算を行っている。後者の計算には、有限要素計算コード ANSYS を用いたモデリ

ング計算を行い、各機器の熱分布やひずみなどを詳細に計算している。特にヒーターに電流を流し、電気-伝熱-機械の錬成計算を行うことで、より現実に近い計算を行う。より詳細な分布を得るために、大規模計算を行う必要がある。

3. 結果

本年度は、電子衝突型イオン源におけるカソード電極の新型モデル計算を行った。カソード電極は 2000°C 近くまで熱せられ、電子の放出源として用いられる。

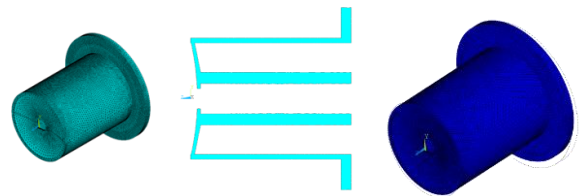


図 1: 新型カソード。左)モデリング図、中)断面図、右) 2000°C 一様分布時の変位(一例)

図 1 は新型カソードを示したもので、電子放出面を曲面にすることで、イオン取りだし口付近に電子を収束させ、より効率的にイオンを取り出しできるようにしたものである。高温時における曲面の歪み等を評価し(図 1 右は計算の一例)、実機の製作を行った。

また、供給元素の種類を増やすため、イオン化方式として表面イオン化方式を採用したイオン源の設計を始めた。この方式では特に高温時の挙動が重要となるため、詳細に計算を行っていく予定である。

4. まとめ

今年度は、イオン源の性能向上のため新型カソード電極設計を行った。その結果を基に実機製作・評価を行った。

5. 今後の計画・展望

来年度も引き続きイオン源の性能向上を目指す。特に、新イオン化方式のイオン源設計を行う。輸送計算については、使用しているコードの改善があったので、それらを反映した計算を行っていく予定である。