

課題名 (タイトル) :

不安定核生成における熱負荷及び放射線損傷計算

利用者氏名 : 大西 哲哉

所属 : 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では、世界初の電子-不安定核散乱実験の基幹装置として、不安定核イオン源が開発されている。このイオン源では、電子ビームをウラン標的に照射し、ウランの光核分裂反応を用いて不安定核生成を行う。標的は 2000°C まで加熱されており、熱運動を利用して生成された不安定核を引き出す。

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線などの発生場所及び軌跡を調査し、機器への熱負荷や損傷を評価する。そして遮蔽物による対策の検討を目的とする。さらに、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などを評価し、より効率的な標的や機器の設計を目的とする。

2. 具体的な利用内容、計算方法

計算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っている。計算ではウランの光核分裂反応による生成粒子を計算するだけでなく、生成粒子から発生するγ線の輸送計算を行い、様々な機器との反応過程を取り込んでいる。ここで不安定核の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 RICC のクラスタシステムを利用した大規模計算を行っている。

さらに機器の熱分布やひずみなどを詳細に検討するために、有限要素法計算コード ANSYS を用いたモデリング計算を行う。

3. 結果

昨年度製作した旧型ヒーターは放射の効果が計算よりも大きく、周りのチェンバーの温度上昇が大きかった。今年度は、実測値から放射率や熱伝導度を再設定し、計算を見直すと共に、新型ヒーターの設計・製作を行った。旧型ヒーターと新型ヒーターを用いた場合

の温度分布を図 1, 2 にそれぞれ示した。図中 a) は全体の温度分布、b) は周りのチェンバーの詳細温度分布を示している。どちらも 800A を流した場合の結果である。チェンバーの温度分布を比較すると、新型は最大 60°C 程度であり、旧型の半分程度の温度になっているのが分かる。また、標的の温度はどちらも 1300°C 程度だが、旧型はヒーター部が長いので、全体の消費電力が約 12kW に到達し、新型の 3.2kW よりもかなり大きい。変形度も比較したが、旧型・新型でそれほど大きくは変わらない結果が得られた。よって、新型ヒーターへの更新を行った。

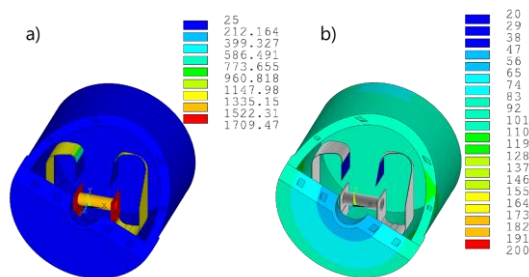


図 1 昨年製作した旧型ヒーターを用いた温度分布

a) 全体分布 b) チェンバー詳細分布

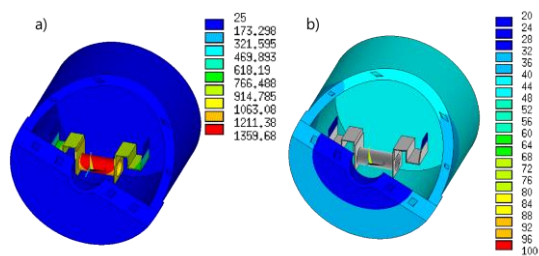


図 2 新型ヒーターを用いた温度分布

a) 全体分布 b) チェンバー詳細分布

4. まとめ

本年度は昨年度製作したヒーターを用いた測定を行い、その結果から放射率、熱伝導度などの定数を求めた。得られた定数を用い、再度ヒーターの設計・製作を行った。新型ヒーターを用いることで、周りのチェンバーへの放射が大幅に減少し、温度上昇を半分に抑えることができた。また、全体の消費電力を 1/4 程度に抑えつつ、標的温度を同程度にすることができた。これは、放射の影響をおさえ、標的に効率的に熱を流入することができたためである。

5. 今後の計画・展望

実測との比較を重ね、計算モデルの向上を目指したい。これにより、さらに複雑な形状や構造のイオン源の設計に生かせればと考えている。

一方、まだ照射ビームが大強度でないため問題にはなっていないが、そのうち大強度ビームを用いた実験を行う予定である。そのため、来年度は Phits を用いた計算を本格的に行っていききたい。