

VII. 2 ガンマ6グループ

河辺隆也

【1】プラズマ型中性子源の概念設計研究

次期ミラー型核融合実験装置の候補の一つとして「ミラー型プラズマ中性子源」がここへ来て脚光を浴びるようになった。これは、トカマク型閉じこめ装置によりD T核融合の臨界達成がここ1～2年の内に実現する見通しがついてきた為で、実験炉計画とともに核融合炉材料照射研究計画を進める必要が認識されるようになった。ミラー型中性子源の概念設計研究は我々のグループを中心に米国、ロシアと共同研究を進めてきた。本年度はスロッシングイオン分布を中心に研究を進めている。

また、この中性子源が建設された時点では、核融合炉材料の照射試験ばかりではなく、星の中で行われているような元素の生成過程を実験することも検討している。

(1) ミラー型プラズマ中性子源に置けるスロッシングイオン分布の研究

従来概念設計を行ったプラズマ型中性子源F E Fにスロッシングイオンを加えたときの核融合反応による中性子発生の増倍効果、および軸方向分布について、Fokker-Plank方程式を用いたシミュレーションコードをつくり、シミュレーションを行い、スロッシングイオン生成の最適値を求めた。

(2) 上記のシミュレーションコードを利用して、ロシア・ノボシビルスク市の原子核物理学研究所との共同研究を行った。そこで実験が進められているガスダイナミックトラップ(GDT)結果に対して我々のシミュレーション結果とを比較し、良い一致を見た。次年度の核融合・プラズマ物理学に関するヨーロッパ国際会議で日・露連名で報告された。

【2】ミラー型磁場中のプラズマの基礎研究

極小ミラー型閉じこめ装置ガンマ6 Aを用いてプラズマの閉じ込めとミラー型閉じこめ装置内のプラズマの不安定性の基礎研究を行っている。

(1) 水平入射プラズマの閉じこめ

Fokker-Plankシミュレーション・コードを用いて軸方向から入射されたプラズマがミラー中心に閉じこめられる過程を解明した。また、実験との比較を行った。

【3】プラズマと固体表面との相互作用実験

プラズマが固体表面に照射されたときに起こる物理現象の解明は固体表面の物理学を明らかにすると言う物理学上の重要性ばかりではなく、現代のハイテクの各分野(核融合、超高真空、半導体製造、新機能性固体表面改質等)で非常に重要な課題である。私のグループではこの課題に以前より取り組んでおり、ここにきて金属材料技術研究所との共同研究を進めている。

(1) プラズマ放電洗浄の研究

グローモードプラズマ源を用いたグロー放電洗浄（特許）によりプラズマ電位を下げまた放電維持ガス圧力を下げることが達成した。

a) 水素プラズマの固体表面へのトラッピングの研究

グローモードプラズマ源を用いたグロー放電洗浄時の水素プラズマが真空容器壁内にトラップされる現象を物理的に解明した。

b) 放電洗浄時の水発生機構の研究

水素ガスを用いた放電洗浄で観測される水が壁から放出されたのかまたは水素プラズマと酸素との化学反応で出来たのかを解明するための、重水素を用いて放電洗浄を行い、その機構を解明した。

(2) グラファイトへのプラズマ照射の実験研究

グラファイトは核融合炉材料として重要であるが、その表面へのプラズマ照射効果を明らかにすることが要請されている。我々は金属材料技術研究所との共同研究によりリアルタイムのエリプソメーター測定により屈折率の時間的変化を解明した。

(3) シリコン表面に於けるプラズマ酸化

シリコンの表面へのプラズマ酸化を解明する為に我々は金属材料技術研究所との共同研究によりリアルタイムのエリプソメーター測定により格子の乱れの熱緩和現象を解明した。

【4】カオス現象の研究

プラズマ放電特性におけるカオスを研究し、従来ではみられないタイプのカオスを観測した。

<論文>

1. K. G. Nakamura, E. Asari, M. Kitajima, T. Kawabe: The energy dependence of Lattice damage in graphite induced by low Energy He ion irradiation", Journal Nuclear Material, 1992.
2. E. Asari, K. G. Nakamura, M. Kitajima, T. Kawabe: Low Energy He* Irradiation Effect on Graphite Surface, Proceeding of International Symposium of Material Chemistry 92, 571 (1992).
3. T. Fukunaga, J. Nukaga, H. Yamaguchi, T. Hayashi, M. Fukazawa, T. Kawabe, A. Kagatsume: Trapping of Hydrogen Gas in Lattice Defect in Glow Discharge Cleaning. Proceeding of International Symposium of Material Chemistry 92, 582 (1992).
4. H. Kuroki, H. Shinno, K. G. Nakamura, M. Kitajima, T. Kawabe: Plasma

Oxidation Process of Silicon and Plasma Characteristics. Proceeding of International Symposium of Material Chemistry 92 (1992).

5. T. Kawabe, H. Yamaguchi, N. Mizuno, H. Sagawa, N. Tachikawa, S. Hirayama: Neutron and plasma irradiations of fusion reactor materials using fusion plasma neutron sources. Journal of Nuclear Materials, Vol. 191-194 1387-1391 (1992).
6. H. Kuroki, H. Shinno, K. G. Nakamura, M. Kitajima, and T. Kawabe: Plasma density dependence of the oxidation rate of Si by in situ during process rapid ellipsometry. J. Appl. Phys. 71 (10), 15 (1992).
7. N. Nakamura, E. Asari, M. Kitajima and T. Kawabe: "The energy dependence of lattice damage in graphite induced by low energy He-ion irradiation", J. Nucl. Matter. 187, 294 (1992).
8. E. Asari, M. Kitajima, K. G. Nakamura and T. Kawabe: Thermal relaxation of ion-irradiation damage in graphite. Phy. Rev. B 47. 11143 (1993).
9. 浅利栄治、北島正弘、中村一隆、河辺隆也：照射によるグラファイト格子乱れの熱緩和。表面科学 第14巻、第5号、301 (1993).
10. E. Asari, I. Kamioka, K. G. Nakamura, T. Kawabe, W. A. Lewis and M. Kitajima: Lattice disordering in graphite under rare-gas ion irradiation studied by Raman spectroscopy", Phys. Rev. B.49 (1994). (in press)
11. N. Mizuno, T. Kawabe, H. Yamaguchi, S. Hirayama: Fokker-Plank Simulation of Sloshing Ions in Mirror Plasma. Proceeding of International Conference on Plasma Physics, Innsbruck, Austria, June 27-July 3, vol. I 699 (1992).
12. M. Kitajima, E. Asari, H. Kuroki, M. Nakamura: " " : Proceeding of 1992 International Conference on Plasma Physics, Innsbruck, 29 June - 3 July, vol. III, page 2155-2158 (1992).
13. T. Kawabe: International Mirror Based Neutron Source: IEA Workshop on neutron source, Karlsruhe, Germany, September 1992.
14. H. Kuroki, K. G. Nakamura, M. Kitajima, and T. Kawabe: Silicon wafer orientation dependence in the initial plasma oxidation processes. Solid

State Communication.

15. 水野信夫、山口広行、河辺隆也：プラズマ核融合型中性子源のフォッカープランクシミュレーション，日本大学文理学部紀要，(1992).

<学位>

1. 浅利栄治：Study on kinetics of defect creation and annihilation in graphite under He^+ irradiation by Raman spectroscopy, ラマン分光法による He^+ 照射下でのグラファイトの欠陥生成と消滅の速度論的研究
物理学研究科修士課程論文
2. 林 剛：放電プラズマ中のカオスの現象
物理学研究科修士課程論文
3. 黒木 博：Initial oxidation process of Si surface in an oxygen plasma by in situ during process rapid ellipsometry その場高速偏光解析による酸素プラズマ中でのシリコン表面の初期酸化過程.
理工学研究科修士課程
4. 林 明典：ミラープラズマにおける微視的不安定性の特性
理工学研究科修士課程
5. 深沢元晴：グローモードプラズマ源を用いた放電洗浄
理工学研究科修士課程
6. 原田裕史：ミラープラズマ中の不安定性の安定化
理工学研究科修士課程

<招待講演>

1. T. Kawabe: Plasma based Fusion Neutron Sources and Plasma Application. 6th Latin-American Workshop on Plasma Physics, Mexico City, Mexico, July 22-30, (1992).
2. T. Kawabe: Mirror Based Neutron Source. IEA Exective Committee Meeting, Tokyo, Japan, October, 1992.

<一般講演>

1. 水野信夫、山口広行、河辺隆也、平山省一：核融合プラズマ中性子源 F E F - II のパラメトリックスタディⅢ. (社)プラズマ・核融合学会第9回年会予稿集, 123 (1992).

2. 福永隆志、額賀 淳、山口広行、林 剛、深沢元靖、恵本和法、加賀爪明子、河辺隆也：放電洗浄に置けるがすトラッピングV. プラズマ・核融合学会第9回年会予稿集(1992).
3. 原田裕史、林 明典、木村嘉男、水野信夫、河辺隆也：GAMMA-6Aにおける水平入射によるミラープラズマの閉じこめII. (社)プラズマ・核融合学会第9回年会予稿集(1992).
4. 浅利栄治、北島正弘、中村一隆、河辺隆也：Heイオン照射下でのグラファイトのラマン測定(II)昇温効果. 応用物理学会(1992).
5. 深沢元春、林 剛、額賀 淳、河辺隆也：グローモードプラズマ源を用いた放電洗浄. プラズマ・核融合学会第9回秋期講演会予稿集(1992).
6. 林 剛、和田哲行、河辺隆也：放電プラズマにおけるカオス現象. プラズマ・核融合学会、第9回秋期講演会予稿集(1992).
7. 水野信夫、山口広行、河辺隆也、A. A. Ivanov：GDTにおけるスロッシングイオンの分布. プラズマ・核融合学会、第9回秋期講演会予稿集(1992).
8. 林 明典、原田裕史、木村嘉男、水野信夫、河辺隆也：GAMMA 6Aにおける水平入射によるミラープラズマ閉じこめIII. プラズマ・核融合学会、第9回秋期講演会予稿集
9. 山口広之、河辺隆也、水野信夫、平山省一、A. A. Ivanov：核融合プラズマ中性子源FEF-IIのパラメトリックスタディIV. プラズマ・核融合学会、第9回秋期講演会予稿集

水野信夫、山口広行、河辺隆也、平山省一、A. A. Ivanov：ミラー形核融合プラズマ中性子源のフォッカープランクシミュレーション. プラズマ核融合学会、平成5年春期学会予稿集

山口広行、河辺隆也、水野信夫、平山省一、A. A. Ivanov. 核融合プラズマ型中性子源FEF-IIのパラメトリックスタディV. プラズマ核融合学会、平成5年春期学会予稿集.

水野信夫、山口広行、河辺隆也、平山省一：ミラー形核融合プラズマ中性子源のフォッカープランクシミュレーション. 日本物理学会、平成5年春期学会予稿集.