

Ⅵ-2 ガンマ6グループ

助教授 河辺隆也

大学院生 12名

共同研究者 北島正弘(金属材料技術研究所)

水野伸夫(日本大学文理学部物理学教室)

【1】プラズマ型中性子源の概念設計研究

昨年よりも増して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DT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日本では10年前より我々のグループを中心にして米国、ロシアとも引き続いて共同研究を進めてきた。本年度もスロッシングイオン分布を中心にして研究を進めている。

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

本年度は電子温度依存性を中心にしてプラズマ型中性子源FEF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を行い、スロッシングイオン生成の最適値を求めた。

本年度の特筆すべき事は、クーロン大角散乱をシミュレーションに入れるために新たにコードを開発し、実際の中性子源に対して計算が出来るようになった。

アルファ粒子の効果についてもフォッカープランクシミュレーションコードをあらたにつくり、評価した。

(2) GDTのスロッシング・イオン分布実験との対応

本年度は新たに衝突が非常に多いプラズマに対するシミュレーションコードを開発した。そして、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。本年度も径方向も考慮に入れたコードにより評価した。

(3) パラメトリックスタディ

以上の物理的な考察に基づいてミラー型中性子源(FEF-II)の物理設計パラメーターを求め、トレードオフ曲線から最適値を求めた。

【2】ミラー型磁場中のプラズマの基礎研究

(1) 水平入射プラズマの閉じこめと不安定性

イオン・サイクロトロン周波数領域(ICRF)の高周波をミラー磁場軸方向から入射され閉じ込められたプラズマに対する影響を実験により解明した。

特にミラー磁場中プラズマの特徴的な不安定性であるDCLCモードについてシミュレーションコードを開発し、不安定性が間欠的に発生する機構を明らかにした。

【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) 超高真空領域の放電洗浄の研究

文部省科研費により新たに超高真空領域の放電洗浄装置を製作したので、それを用いた実験を開始した。

(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. Tohrisawa, H. Yamaguchi, T. Kawabe, N. Mizuno, S. Hirayama,
"Optimal Plasma Parameters in Mirror Based Neutron Source FEF-II"
Proceeding of 1995 European Plasma Society, Bournemouth, UK,
Jul. 3-8, 1995
2. N. Mizuno, T. Kawabe, A.A.Ivanov, and Yu. A. Tsidulko.
"Radial Distribution of Sloshing Ions in GDT"
Proceeding of 1995 European Physical Society, Bournemouth, UK,
Jul. 3-8, 1995
3. I. Mogi, Y. Yabumoto, G. Kanai, and T. Kawabe,
"Characteristics of Plasma in RF Electrodeless Discharge"
Proceedings of 7th International Conference on Light Source, Kyoto,
Japan, Aug.27-Sep.1, 1995
4. K. Tohrisawa, H. Yamaguchi, T. Kawabe, N. Mizuno, S. Hirayama,
"Optimal Plasma Parameters in Mirror Based Neutron Source FEF-II"
Proceeding of 1995 European Plasma Society, Bournemouth, UK,

Jul. 3-8, 1995

5. I. Kamioka, K.G.Nakamura, T. Kawabe and M. Kitajima:
"An ellipsometric study of the effects of DC bias of the plasma oxidation of silicon"
Solid State Commun., 97, 6, pp. 531-534(1996)
6. I. Kamioka, K.G.Nakamura, T. Kawabe and M. Kitajima:
"Initial Plasma Oxidation Kinetic of Silicon: DC Bias Effects"
Proceeding of IVC/ICSS, Yokohama, Sep. 27-31, 1995.
7. 上岡 功、北島正弘、河辺隆也、中村一隆、菱田俊一
「シリコンのプラズマ酸化における酸素イオンの効果」
表面科学、第16巻、8号、504-509頁、1995年
8. Yoshinori Kobayashi, Isao Kojima, Shunichi Hishita, Takenori Suzuki
Eiji Asari, and Masahiro Kitajima:
"Damage-depth profiling of an ion-irradiated polymer by monoenergetic positron beams"
Phys.Rev.B52,2,823(1995)
9. 上岡功、北島正弘、河辺隆也、中村一隆、菱田俊一
「シリコンのプラズマ酸化における酸素イオンの効果」
表面科学第16巻 第8号、pp. 32-37 (1995).
10. M.Kitajima, I. Kamioka, K.G.Nakamura, and S. Hishita,
"Oxidation rate and surface-potential variations of silicon during plasma oxidation"
Phys. Rev. B53, 7, pp.3993-3999 (1996).
11. Kazutaka G. Nakamura, Isao Kamioka, and Masahiro Kitajima,
"Dynamics of SiO desorption in reactive scattering of O₂ with a silicon surface"
J. Phys. Chem. 104, 9, pp. 3403-4 (1996).
12. I. Kamioka, K.G. Nakamura, M. Kitajima, and T. Kawabe,
"Molecular Beam Reactive Scattering of O₂ on a High Temperature Ge Surface"
Proc. Int. Symp. on Material Chemistry in Nuclear Environment,
pp. 439-443 (1996).
13. K.G. Nakamura, I. Kamioka, and M. Kitajima,
"Dynamics of SiO Desorption in Reactive Scattering of Pulse Oxygen Molecular Beam with a Silicon Surface"
Proc. Int. Symp. on Material Chemistry in Nuclear Environment, pp.

445-451 (1996).

14. I. Kamioka, M. Kitajima, T. Kurashina, K.G. Nakamura, T. Kawabe, Ch. Gerber, and J.K. Gimzewski,

"Initial Plasma Oxidation Kinetics of Silicon and Surface Potential Change"

Proc. Int. Symp. on Material Chemistry in Nuclear Environment, pp. 551-557 (1996).

15. I. Kamioka, K.G. Nakamura, T. Kawabe and M. Kitajima,

"Initial Plasma Oxidation Kinetics of Silicon : DC bias Effects"
Thin Solid Films, in press.

<著書>

1. 小沼通二、河辺隆也

「現代物理学、第6章 プラズマの物理－改訂版－」,
放送大学教育振興会, 1994.

<学位論文>

浅利栄治 : 「 Creation and annihilation defects graphite under
ion-irradiation studied by real-time Raman measurement 」
大学院博士課程物理学研究科博士論文、1996年3月。

通沢健一 : 「ミラープラズマのシミュレーションコードの開発
－ 大角散乱コードと Fokker-Plank コード －」

大学院修士課程理工学研究科修士論文、1996年3月。

<学会口頭発表>

1. 山口広行、水野伸夫、河辺隆也

『GAMMA-6AにおけるDCLC不安定性のシミュレーション』
日本物理学会、大阪府立大学、1995年

2. 林 剛、河辺隆也

『グロー放電で観測される不規則振動現象』
日本物理学会、大阪府立大学、1995年

3. 山口広行、河辺隆也、水野伸夫

『DCLCモードの励起減衰現象について』
日本物理学会、金沢大学、1996年

4. 林 剛、河辺隆也

『グロー放電で観測される不規則振動の研究』
日本物理学会、金沢大学、1996年

5. I. Kamioka, K.G. Nakamura, T. Kawabe and M. Kitajima,
"Initial Plasma Oxidation Kinetics of Silicon : DC bias Effects"
13th International Vacuum Congress/9th International Conference on
Solid Surface, Yokohama, Sep. 25 - 29, 1995.
6. 上岡功、北島正弘、中村一隆、
「Ge(100) 表面での O₂ 分子線反応性散乱」
第15回表面科学講演大会、早稲田大、平成7年11月28日 - 11月30日。
7. I. Kamioka, K.G. Nakamura, M. Kitajima, and T. Kawabe,
"Molecular Beam Reactive Scattering of O₂ on a High Temperature Ge
Surface"
International Symposium on Material Chemistry in Nuclear Environment,
Mar. 14 - 15, 1996.
8. K.G. Nakamura, I. Kamioka, and M. Kitajima,
"Dynamics of SiO Desorption in Reactive Scattering of Pulse Oxygen
Molecular Beam with a Silicon Surface"
International Symposium on Material Chemistry in Nuclear Environment,
Mar. 14 - 15, 1996.
9. I. Kamioka, M. Kitajima, T. Kurashina, K.G. Nakamura, T. Kawabe, Ch.
Gerber, and J.K. Gimzewski,
"Initial Plasma Oxidation Kinetics of Silicon and Surface Potential
Change"
International Symposium on Material Chemistry in Nuclear Environment,
Mar. 14 - 15, 1996.