

Ⅵ-2 ガンマ6グループ

助教授 河辺隆也

大学院生 12名

【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。

(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。本年度は径方向も考慮に入れたコードを開発した。

(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解明した。

【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。来年度より実験を開始する。

(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. H. Kuroki, T. Kawabe, and M. Kitajima,

"Real-time Ellipsometric observation of refractive index change under ultra thin oxide film growth",

Solid State Communication, Vol. 88, No. 10, pp. 785-788(1993)

2. K. G. Nakamura, H. Kuroki, and M. Kitajima,

"Multiphoton ionization detection of a SiO molecule formed by O₂ oxidation of a silicon surface",

J. Appl. Phys., Vol. 75, No. 8, pp.4261-4263 (1994).

3. E. Asari, I. Kamioka, W.A. Lewis, T. Kawabe, K. G. Nakamura, and M. Kitajima,

"Ion mass effect on lattice disordering rate of graphite under low energy ion irradiation",

Nuclear Instruments and Methods in Physics Reserach, B91, pp.545-548 (1994).

4. 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",
Physical Review, B49, No. 2, pp.1011–1015 (1994).
5. T. Hirata, e. Asari, and M. Kitajima,
"Infrared and Raman spectroscopic studies of ZrO_2 polymorphs doped with Y_2O_3 or CeO_2 ",
Journal of Solid State Chemistry, Vol. 110, pp.201–207 (1994).
 6. T. Hirata, M. Kitajima, K. G. Nakamura, and E. Asari,
"Infrared and Raman Spectra of solid solutions $\text{Ti}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_2$ ($x \leq 0.1$)",
Journal of Physics and Chemistry of Solids, Vol. 55, No. 4, pp. 349–355 (1994).
 7. M. Kitajima, E. Asari, and K. G. Nakamura,
"Real-time observation of thermal relaxation of initial damage in graphite under ion irradiation",
J. Nuclear Materials, Vol. 212–215, pp. 139–142 (1994).
 8. N. Mizuno, K. Tohrisawa, H. Yamaguchi, T. Kawabe, A. a. Ivanov
and Yu. A. Tsidulko,
"Simulation of Fast Ions in Mirror confined Plasma by Combined Models"
Proceeding of 1994 International Conference on Plasma Physics, Foz do Iguacu
–PR–, Brazil, Oct. 31–Nov. 4, 1994.
 9. M. Kitajima, I. Kamioka, K. G. Nakamura, and T. Kawabe,
"Effects of DC bias on plasma oxidation rate of solid surface",
Proceeding of 1994 International Conference on Plasma Physics, Foz do Iguacu
–PR–, Brazil, Oct. 31–Nov. 4, 1994.
 10. K. G. Nakamura, M. Kitajima, and E. Asari,
"Real time Raman measurements of GaAs under low energy He^+ irradiation",
J. Material Science Letters, Vol. 13, pp. 1767–1768, (1994).
 11. 浅利栄治、中村一隆、河辺隆也、北島正弘、
「重水素イオン照射されたグラファイトの熱緩和」
表面科学、第 15 巻、第 10 号、660–663 頁、(1994)
 12. E. Asari, I. Kamioka, W. A. Lewis, T. Kawabe, K. G. Nakamura
and M. Kitajima:
"Ion mass effect on lattice disordering rate of graphite under low energy ion
irradiation"

13. 平山省一、河辺隆也

「核分裂炉から見た核融合炉開発」

原子力学会誌、第36巻、第6号、507～513頁

<著書>

1. 河辺隆也

「プラズマの科学」

日経サイエンス社、1994年

2. 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>

角屋誠浩：「ミラープラズマの不安定性－高周波電場との相互作用－」

大学院修士課程理工学研究科修士論文、1995年3月。

<学会口頭発表>

1. 通沢健一、山口広行、河辺隆也、水野伸夫、平山省一

『ミラー型中性子源F E F－Ⅱのパラメトリックスタディ－Ⅵ』

プラズマ核融合学会、中部大、平成6年3月25日

2. 平山省一、河辺隆也

『核融合炉開発におけるプラズマ中性子源の役割－核分裂炉開発の歴史と比較して－』

プラズマ核融合学会、中部大、平成6年3月25日

3. 水野伸夫、山口広行、通沢健一、河辺隆也、平山省一

『ミラー型核融合プラズマ中性子源の Fokker-Planck シミュレーションⅡ
－スロッシング・イオン分布の形成－』

日本物理学会、福岡工業大学、平成6年3月31日

4. 水野伸夫、山口広行、通沢健一、河辺隆也、GDTグループ

『ミラー型核融合プラズマ中性子源の Fokker-Planck シミュレーションⅢ
－GDT 実験との比較－』

日本物理学会、1994年秋の分科会、静岡大、

5. 通澤健一、山口広行、水野伸夫、河辺隆也、
『核融合プラズマ型中性子源 F E F - II のパラメトリックスタディー VI』
プラズマ・核融合学会、宇都宮大学、1994 年
6. 黒木博、中村一隆、北島正弘、河辺隆也、
「生成脱離 SiO 分子の多光子イオン化検出による Si 表面酸化の研究」
日本物理学会、九州大、平成6年3月28日～31日
7. 北島正弘、黒木博、中村一隆、
「Si 表面酸化反応で生成した SiO の回転状態分布の測定」
応用物理学会、明治大、平成6年3月28日～31日
8. 北島正弘、浅利栄治、中村一隆、
「重イオン照射下でのグラファイトの熱緩和現象の観察」
日本原子力学会、筑波大、平成6年3月28日～31日
9. 中村一隆、黒木博、北島正弘、
「Si 表面酸化反応で生成脱離した SiO の振動回転分布」
化学反応討論会、都立大、平成6年5月31日～6月2日、
10. 上岡功、中村一隆、河辺隆也、北島正弘、
「シリコンのプラズマ酸化の試料バイアス効果」
日本物理学会、静岡大、平成9年2日～5日
11. 浅利栄治、中村一隆、河辺隆也、北島正弘、
「ラマン分光によるイオン照射グラファイトの熱緩和過程の研究」
プラズマ核融合学会、宇都宮大学、平成6年10月2日～5日
12. M. Kitajima, I. Kamioka and K. G. Nakamura,
"Real-Time Investigation of DC Bias Effects on Ultra Thin Silicon Oxide
Growth in an Oxygen Plasma",
41st National Symposium American Vacuum Society, Denver, USA, October
24-28, 1994.
13. N. Mizuno, K. Tohrisawa, H. Yamaguchi, T. Kawabe, A. a. Ivanov
and Yu. A. Tsidulko,
"Simulation of Fast Ions in Mirror confined Plasma by Combined Models"
Proceeding of 1994 International Conference on Plasma Physics, Foz do Iguacu
-PR-, Brazil, Oct. 31-Nov. 4, 1994.

14. M. Kitajima, I. Kamioka, K. G. Nakamura and T. Kawabe,
 "Effects of DC bias on plasma oxidation rate of solid surface",
 Proceeding of 1994 International Conference on Plasma Physics, Foz do Iguacu
 -PR-, Brazil, Oct. 31-Nov. 4, 1994.

15. 石岡邦江、浅利栄治、中村一隆、北島正弘、
 「イオン照射 GaAs 表面の実時間ラマン分光測定」
 第14回表面科学講演大会、早稲田大学、平成6年11月30日～12月2日

16. 上岡功、北島正弘、河辺隆也、中村一隆、
 「シリコンのプラズマ酸化における酸素イオンの効果」
 第14回表面科学講演大会、早稲田大学、平成6年11月30日～12月2日

17. 通澤健一、山口広行、河辺隆也、水野伸夫、
 『核融合プラズマ型中性子源F E F -Ⅱのパラメトリックスタディー Ⅶ』
 プラズマ・核融合学会、福岡工業大学、1995年

18. 角屋誠浩、大矢 克、山口広行、河辺隆也
 『DCLC不安定性への高周波電場の影響』
 プラズマ・核融合学会、福岡工業大学、1995年

19. 水野伸夫、山口広行、通澤健一、河辺隆也
 『GDTにおけるスロッシングイオンの分布Ⅲ -径方向分布-』
 プラズマ・核融合学会、福岡工業大学、1995年

<科研費>

河辺隆也

『グローモードプラズマ源を用いた放電洗浄法の研究』
 文部省科学研究費、平成6年度、試験研究 2,000,000 円（継続分）