

2.3.1 プラズマフォトンクスと高エネルギー密度新物質創生

兒玉了祐
電気電子情報工学専攻・教授
部門長

2.3.1.1 電子デバイス材料診断へ向けた高輝度電磁波発生プラズマフォトンクスデバイス開発

プラズマフォトンクスデバイスとは、超高強度レーザーにより生成される高エネルギー密度状態を利用することで通常の光学系や制御デバイスでは取り扱うことが困難である超高強度光や高密度荷電粒子ビームなどの直接制御を行うデバイスである[1]。具体的には、(1)高エネルギー密度電子ビーム制御プラズマデバイスの開発、(2)光制御・光分散プラズマデバイスの開発、(3)電磁波発生プラズマデバイスの開発を設定して研究を進め最終的には、電子デバイス材料診断への応用を目指し、高エネルギー密度プラズマデバイスを利用した電磁波源実現の開発研究を行っている。以下、本年度の具体的な成果を示す。

(1) プラズマを利用して超高強度レーザー生成高エネルギー密度電子ビームを制御するための物理機構の詳細が明らかになった[2-4]。(2) 光制御プラズマデバイスに関しては、プラズマミラーによる集光[5]、相対論プラズマを利用した時間変調パルス生成とこれによる電子加速を明らかにした[6]。また周期性を持ったプラズマによるプラズマ分散素子の可能性を評価した[7]。さらに電磁誘導透過を利用した超臨界密度プラズマ複素屈折率制御および高輝度テラヘルツ放射の可能性に関する理論的解析が行われた。(3) 電磁波発生プラズマデバイスに関しては、高密度相対論電子ビーム制御デバイスを利用した単色チェレンコフX線発生に関する数値評価とこれを実証するためのX線分光器、分布計測器の整備を行った。また高輝度テラヘルツ放射デバイスを目的に、超高強度レーザー生成高エネルギー密度電子をグレーディング構造に伝搬させることで可視域の高輝度スミスパーセル放射が可能であることを世界で初めて実証した。放射の波長は周期構造に依存するため、テラヘルツ領域の新しい波長可変光源となる可能性がある[8]。ワイヤーデバイスで制御された10TW レーザー励起相対論電子ビームをマイクロパルスパワー高磁場で偏向しコヒーレントなGWクラスのテラヘルツ波を発生できる可能性がある。これを実証するため、マイクロ光源であるマイクロシンクロトロン放射デバイスに適応できるレーザー同期した20テスラの磁場をマイクロパルスパワーで実現した。

- [1] R. Kodama et al., Nature 432, 1005 (2004).
- [2] J. S. Green et al., Nature Phys. 3, 853 (2007).
- [3] M. Nakatsutsumi et al., New J. Phys. 10, 043046 (2008).
- [4] H. Nakamura, Phys. Rev. Letts. 100, 165001 (2008)
- [5] M. Nakatsutsumi et al., Phys. Plasmas 14, 050701-1 (2007)
- [6] H. Nakamura et al., Phys. Rev. Letts., in press 2008
- [7] 近藤公伯, 兒玉了祐, プラズマ・核融合学会誌 84, 199 (2008)
- [8] Z. Jin et al., Journal of Physics, in press 2008

2.3.1.2 革新的電子デバイス材料探索

多様化する社会の要請に応え得る全く新しい電子デバイスを創造するために、全く新しい金属性物質の発現やプロセスの開発を行っている。平成19年度では、既往研究では実現されていない物質状態、すなわち極超高压であるが温度の低い状態領域を探索可能にする新しい圧縮技術の開発を行った[1]。

高強度レーザー実験用のフラットダイヤモンドアンビルセルによって、室温下で1GPaを越える圧縮が実現された。この状態から動的圧縮を適用すれば、従来の物質圧縮状態に比べて温度が約半分程度に抑えられることがわかった[2]。レーザー実験では、輝度温度計測に初めて成功し、実際に温度が抑制されていることを示した。

レーザーにより膨張させたプラズマの衝突（プラズマロード）によって、等エントロピー的（極限的な低温動圧縮状態）圧縮状態を実証した。速度干渉計による物質速度履歴から、約20GPaの圧力まで物質が圧縮されたことが確認され、また放射温度計からはこの圧縮過程が1000 K領域に留まっていることが示されている[5]。このような条件下で圧縮されたシリコンを回収し、SPring-8によるX線回折構造解析にかけると、従来の動圧縮技術では確認されなかったシリコンのメタステーブル相の生成が示唆された[6]。

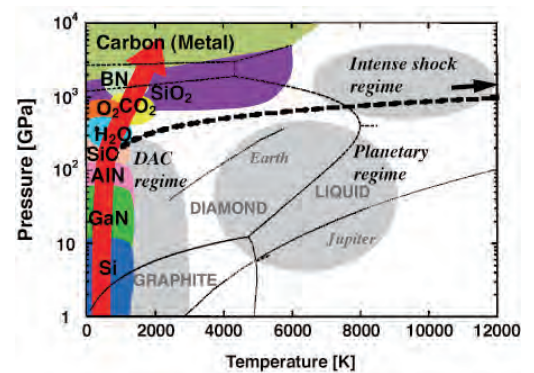
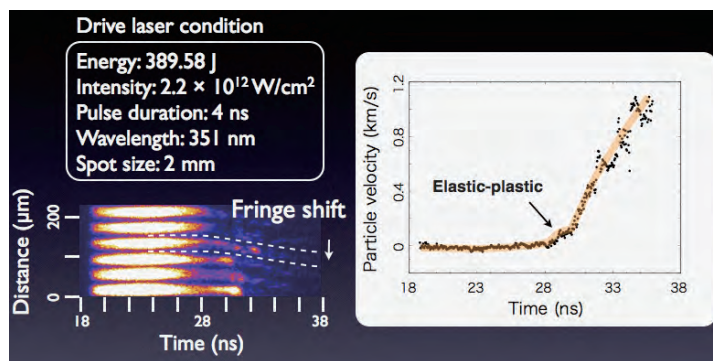
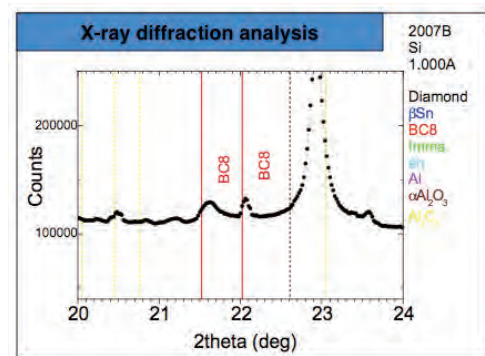
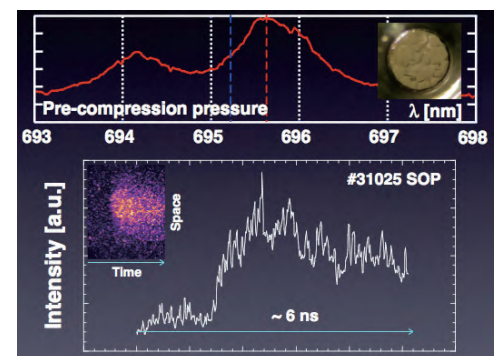


図 2.3.1.1 従来技術では到達できないパラメータ領域に未知の（金属）物質相が存在する。



また、比較的高温で超電導化されている金属水素におけるイオン間ポテンシャルに起因する特異な現象を理論的に初めて明らかにした[5]。

[1] 尾崎典雅ら，高圧力の科学と技術，第17巻 304 (2007)。

[2] Review of Scientific Instruments, in preparation.

[3] The Review of High Pressure Science and Technology, in preparation.

[4] N. Ozaki et al., Nature Material, in preparation.

[5] K. Shibata and R. Kodama, Journal of Phys Cond. Matter 20, 075231 (2008)。