

レーザー誘起衝撃圧縮下におけるシリカガラスの中間距離構造ダイナミクス Intermediate-range structural dynamics of silica glass under laser-induced shock compression

一柳光平^{1*}, 川合伸明², 野澤俊介¹, 中村一隆³, 足立伸一¹

¹物質構造科学研究所 高エネルギー加速器研究機構, 〒305-0801 つくば市大穂 1-1

²パルスパワー科学研究所 熊本大学, 〒860-8555 中央区黒髪 2-39-1

³応用セラミックス研究所 東京工業大学, 〒226-8503 横浜市緑区長津田町 4259

Kouhei Ichiyanagi^{1*}, Nobuaki Kawai², Shunsuke Nozawa¹, Kazutaka G. Nakamura³
and Shin-ichi Adachi¹

¹Photon Factory, 1-1 Oho, Tsukuba, 305-0801, Japan

²Institute of Pulsed Power Science, Kumamoto University, 2-39-1 Kurokami, Chuo-ku, 860-855, Japan

³Materials and Structures Laboratory, Tokyo Institute of Technology, 4259 Nagatuta-cho, Midoriku, 266-8503, Japan

1 はじめに

ガラスや液体などに代表される衝撃圧縮下におけるアモルファス構造ダイナミクスの大部分は明らかにされていない。そのなかでアモルファス構造の標準物質の一つであるシリカガラスは、典型的な三次元ネットワーク構造を持つガラスであり、多くの工業製品に使われている。またシリカガラスは、ケイ酸塩としてマグマのアナログ物質の観点を持つことから、音速測定を中心に動的高圧下における物質ダイナミクスの研究が数多く行われてきた。

特に、これまで衝撃圧縮下におけるシリカガラスの構造ダイナミクスの研究は、自由表面速度測定による音速測定や、衝撃圧縮後の回収による物性評価により行われてきた。その場測定をするために、その我々は PF-AR の準単色 X 線パルスを用いてナノ秒レーザー誘起衝撃圧縮下におけるシリカガラスの時間分解 X 線散乱測定を行い、ガラス構造特有の非線形弾性応答を示す 9 GPa 以下の中間距離構造の直接観測を行ったので本稿で報告する。

2 実験方法

シングルショット型のナノ秒時間分解 X 線散乱測定は、PF-AR の NW14A ビームラインで行った。レーザー誘起衝撃波の発生には、Nd:YAG レーザー(強度 1 J/pulse, パルス幅 8 ns, 波長 1064 nm)を用いた。またプローブ X 線パルスには 15.6 keV, エネルギー幅が $\Delta E/E=4.6\%$ 、パルス幅 100 ps の準単色 X 線パルスを用いた[1]。サンプルは、70 μm 厚のシリカガラスに 18 μm 厚のアルミニウムを貼り、その上にプラズマを閉じ込める 25 μm 厚の PET フィルムを貼った(Fig.1(a))。アルミニウムはアブレーターとして用い、アブレーター表面に集光照射することでアルミニウム内に衝撃波を発生させ、アルミニウムから

シリカガラスに衝撃波が進展することでシリカガラスを衝撃圧縮した。

2 結果と考察

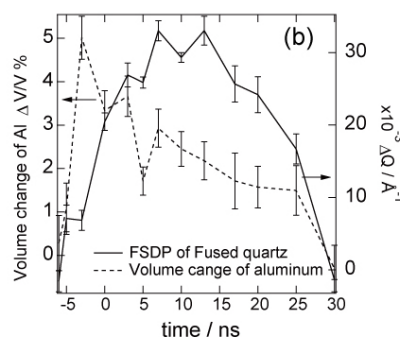
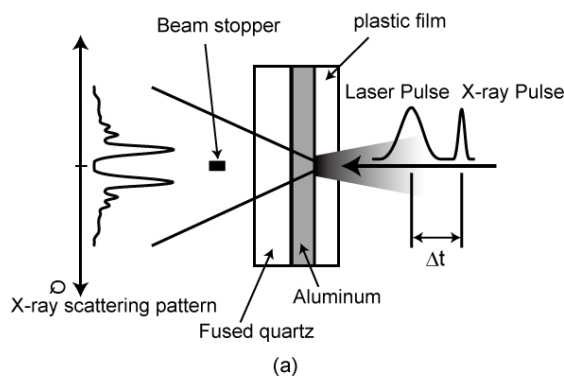


図 1 (a) 実験配置図と (b) アルミとシリカガラスの中間距離構造の時間変化

シリカガラスの中間距離構造を示すブロードな FSDP が約 1.5 \AA^{-1} に観測された。またアブレーターであるアルミニウムの回折ピークからアルミニウムの圧力を見積り、アルミニウムとシリカガラスのインピーダンスマッチング法により求めた[1]。平均最

大圧力は、3.5 GPa と見積られた。Fig.1(b)にアルミニウムの体積変化率と、FSDP の変化量の時間変化を示す。図 2 における 0 秒は、ナノ秒レーザーパルスの強度が 50%と 100 ps の X 線が重なったところである。レーザー誘起衝撃波は、レーザーの時間プロファイルに依存して約-5 ns からサンプル表面から照射裏面に向かいアルミニウムとシリカガラスを衝撃圧縮する。始めにアルミニウムが圧縮され、アルミニウム-シリカガラス界面に到達と同時にアルミニウムの圧力は低下し始める。対照的にシリカガラスの中間距離構造は衝撃圧縮され始め裏面に到達し 10 ns で全体が衝撃圧縮される。その後サンプル裏面での衝撃波面の反射とともに、衝撃圧力が解放することが分かった[1]。シングルショット型のナノ秒時間分解 X 線散乱測定によって観測したシリカガラスの中間距離構造の時間応答から明らかになった。

参考文献

- [1] K. Ichiyangi, T. Sato, S. Nozawa, K.H. Kim, J.H. Lee, J. Choi, A. Tomita, H. Ichikawa, S. Adachi, and S. Koshihara, *J. Synchrotron. Rad* **16**, 391 (2009).
- [2] K. Ichiyangi, N. Kawai, S. Nozawa, A. Tomita, M. Hoshino, K.G. Nakamura, S. Adachi, and Y.C. Sasaki, *Appl. Phys. Lett* **101**, 181901 (2012).

* kouhei.ichiyangi@kek.jp