

時間分解反射率の振動から探る高分子材料の フェムト秒レーザーアブレーションにおける非熱効果の研究

Non-thermal effect on femtosecond laser ablation of polymers extracted from oscillation of time-resolved reflectivity

○熊田 高之、赤木 浩、板倉 隆二、乙部 智仁、横山 淳(原子力機構・関西研)

○Takayuki Kumada, Hiroshi Akagi, Ryuji Itakura, Tomohito Otobe, Atsushi Yokoyama (JAEA KPSI)

E-mail: kumada.takayuki@jaea.go.jp

フェムト秒レーザーアブレーションにおいては、高密度電子励起に伴って生じる圧力波により物質を機械的に引きちぎるといった、いわゆる非熱効果の寄与が指摘されている。この非熱効果は、熱耐性の低いソフトマターの精密加工技術開発において特に重要になると考えられる。そこで我々は、高感度時間分解反射率測定装置[1]を立ち上げ、ソフトマターの一つである高分子材料における非熱効果の寄与を実証するとともに、そのダイナミクスに言及した。

実験は、チタンサファイヤレーザー($\Delta t = 60$ fs, 10 Hz)によるポンプ光 (*s-pol.*, $\lambda_{\text{pump}} = 795$ nm) を透明高分子 (PET, PC, PVC, PMMA) に照射した後、ブリュスター角で入射したプローブ光 (*p-pol.*, $\lambda_{\text{probe}} = 795$ nm, 398 nm) を用いて時間分解反射率を測定した。試料はショット毎に新しい照射面がくるように移動させ、各遅延時刻において 100 ショット程度の積算測定を行った。

図 1 に PET の時間分解反射率を示す。ブレイクダウンに伴って 100 倍程度に上昇した反射率は振動を伴いながら減衰した。振動はアブレーション閾値以上で発生しナノ秒にわたって持続すること、周期が λ_{probe} に正比例すること、周期毎の極小値が励起前の反射率にまで減少することから、この振動はアブレーションによって生成した剥離膜と試料表面で反射したプローブ光同士が、反射面間の距離変化に伴い正負干渉が繰り返された結果であると考えられる。膜状剥離 (Spallation) は非熱効果に特有の現象であり[2]、本結果からソフトマターのアブレーションにおける非熱効果の寄与が実証された。

振動周期から求まる剥離膜の飛行速度は、すべての高分子に共通し、ポンプ光のフルエンスの増加に伴い 6 km/s から 11 km/s まで上昇した。飛行速度のフルエンス依存性は、高分子の衝撃波速度の圧力依存性と類似しており、石英の結果[1]や理論式[2]とあわせその相関が示唆される。

[1] Kumada et al., J. Appl. Phys. **115**, 103504 (2014).

[2] Anisimov et al., Appl. Phys. A **69**, 617 (1999).

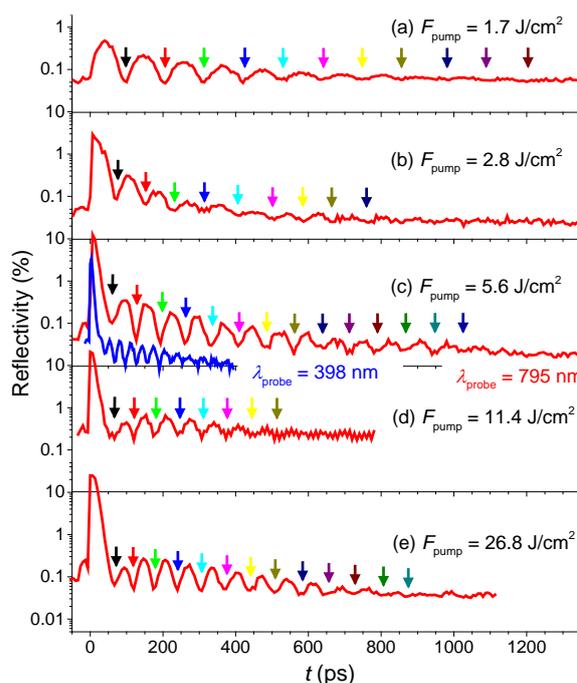


図 1. PET の時間分解反射率