

有機分子結晶のTHz FELパルスによる アブレーションのダイナミクス

永井正也, 芦田昌明, 川瀬啓悟^A, 入澤明典^A,
加藤龍好^A, 磯山悟朗^A, 冬木正紀^B, 青木順^C, 豊田岐聡^C

阪大院基礎工, 阪大産研^A, 畿央大^B, 阪大院理^C

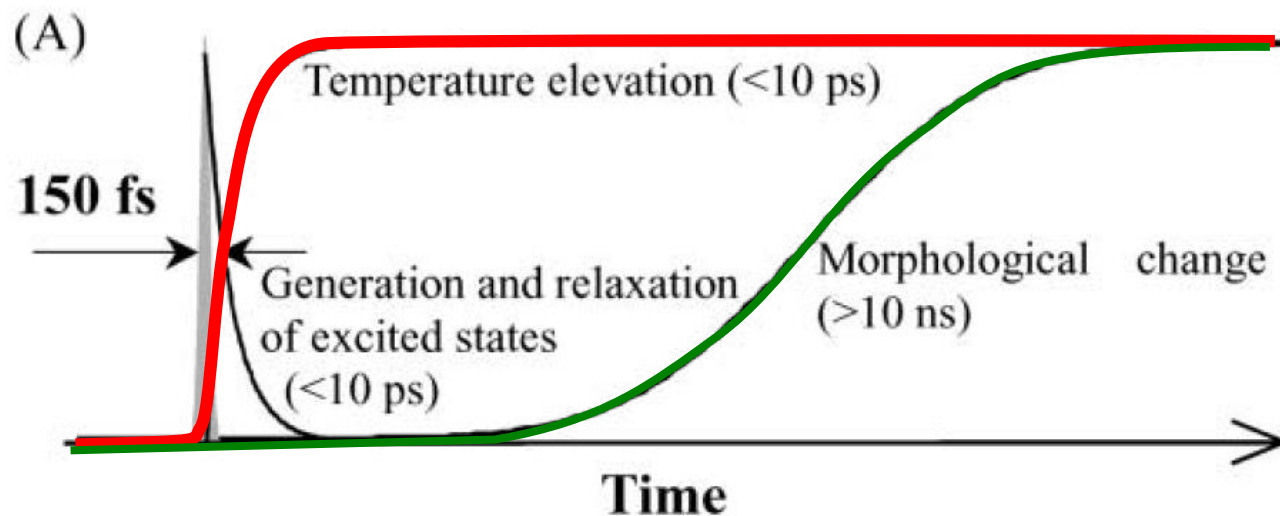




分子固体のアブレーションダイナミクス

UV fs excitation

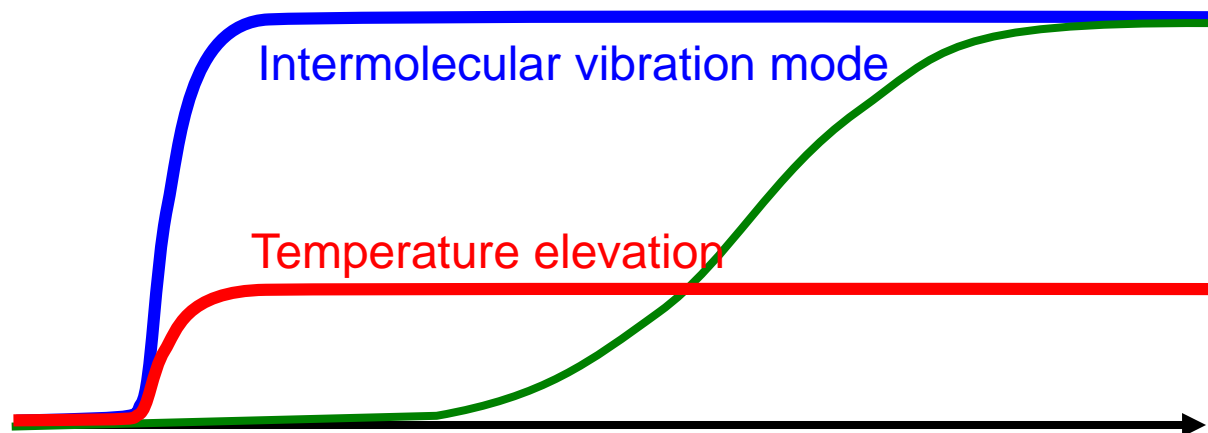
Photothermal effects



増原宏 2012年 光物性研究会講演資料より

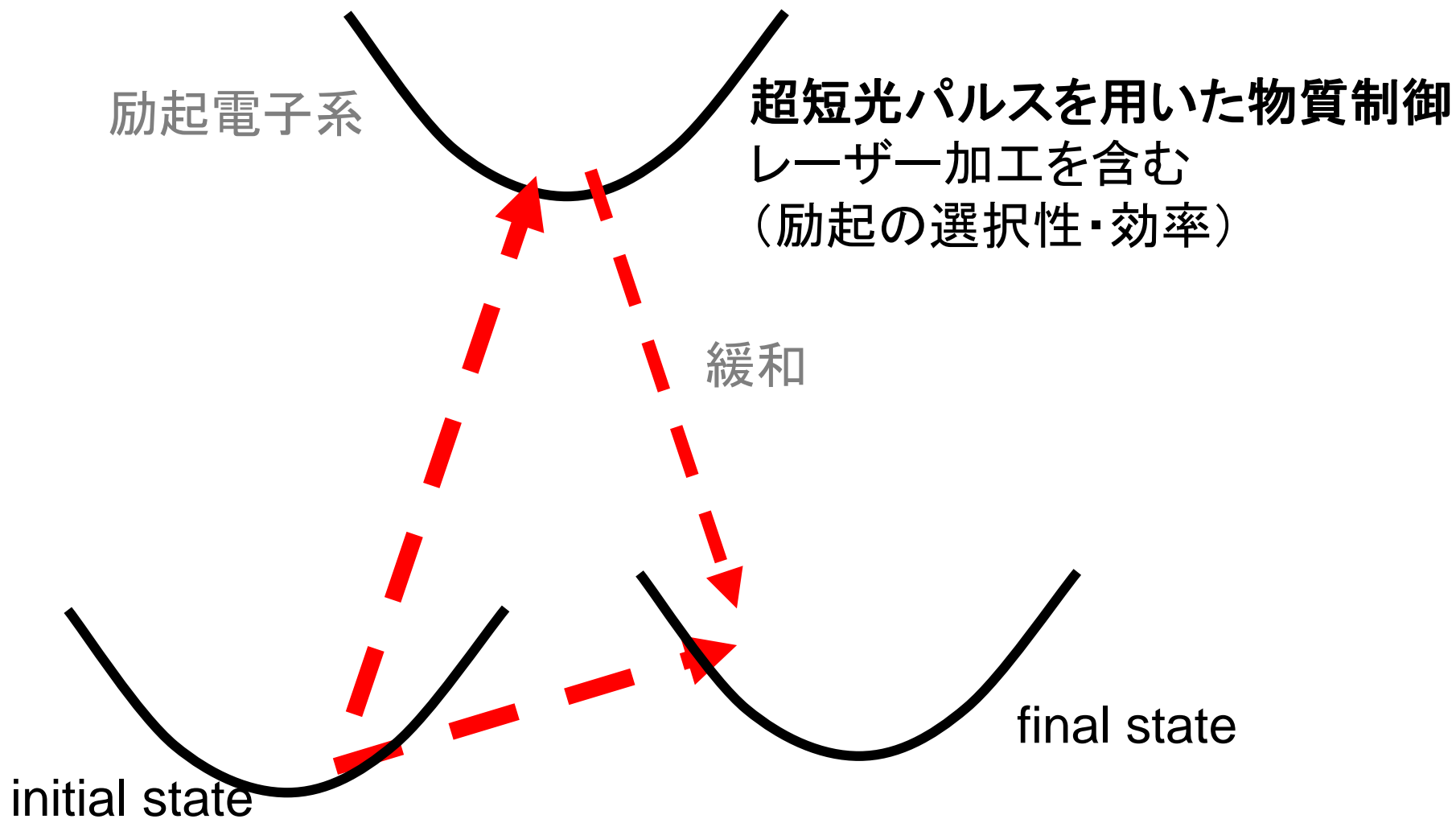
THz ps excitation

Non-thermal effects?





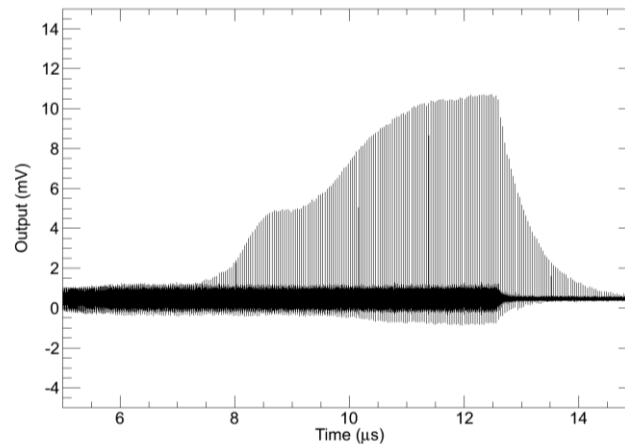
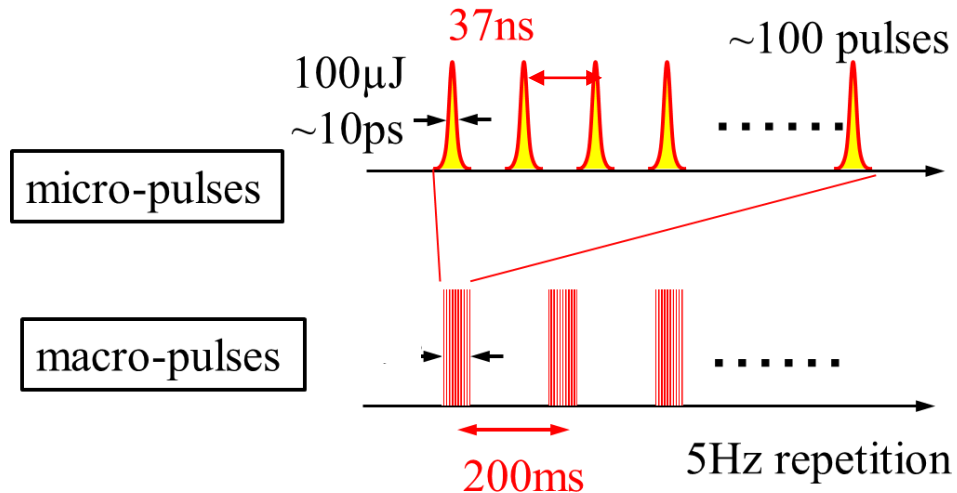
高強度低エネルギーピコ秒パルスを用いた物質制御



ピコ秒の電場パルスを用いた方が
より効率よく物質を操作できるのではないか？



阪大産業科学研究所におけるTHz-FEL



ショットキー検出器による
パルス列測定

周波数レンジ: 3THz-9THz

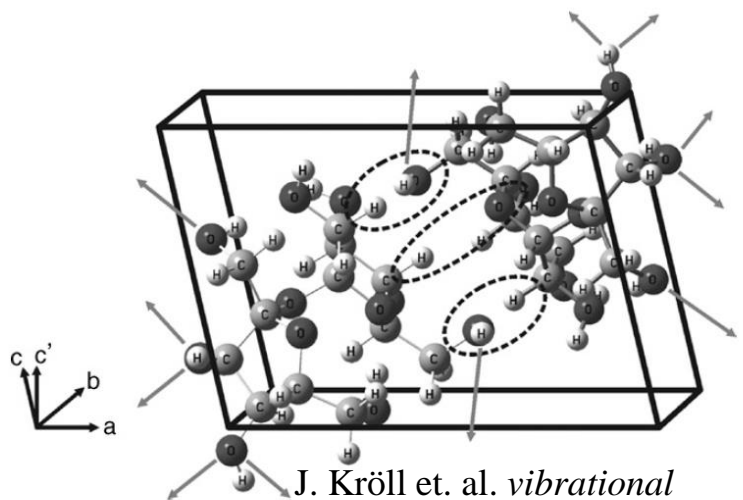
回折限界で集光すると

電場強度 10MV/cm

磁場強度 3T



分子間振動を介した有機結晶のエアロゾル化



J. Kröll et. al. *vibrational spectroscopy* **43**, 2, 2007, 324

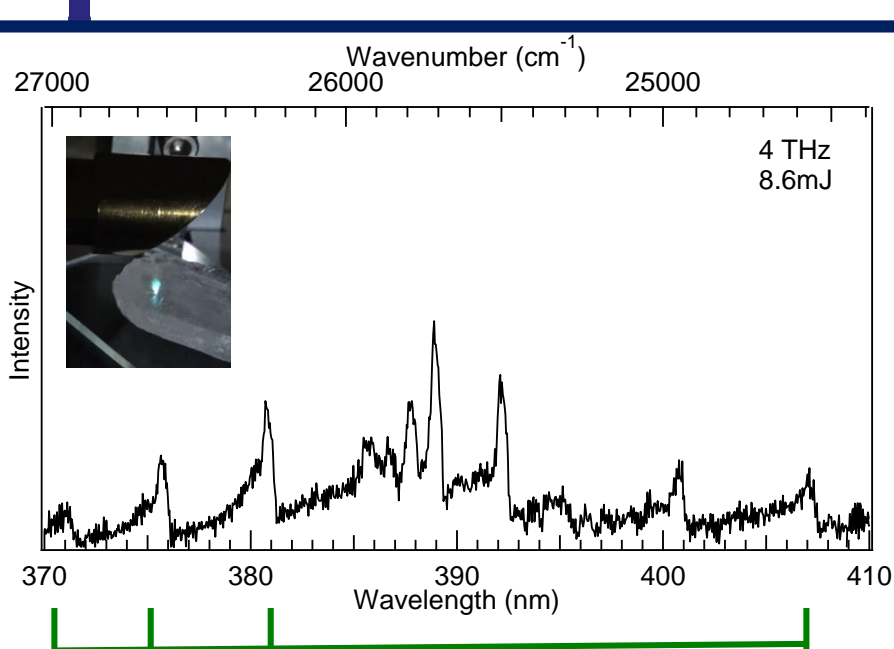
1mJ ショ糖単結晶
非発光で微粒子が飛び散る

8mJ 程度で発光する
(緑色発光→ 青白い発光へ)



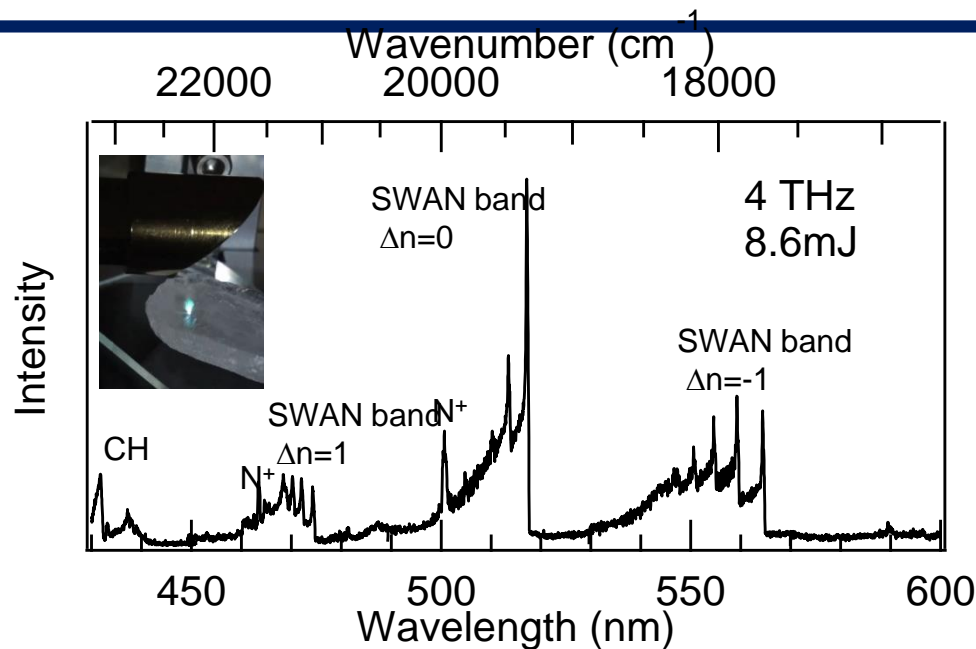


紫外発光と緑色発光の時間分解測定



N₂ Second positive system

N₂ Second positive system
5000K 100ns の寿命



C₂ ラジカルの発光

C₂ラジカルの準位の分布と再吸収
を考慮したスペクトル解析を行うと
発光帯は約5000K 10^{-3} mol/m^2 と
推定



窒素の発光 = 電子放出

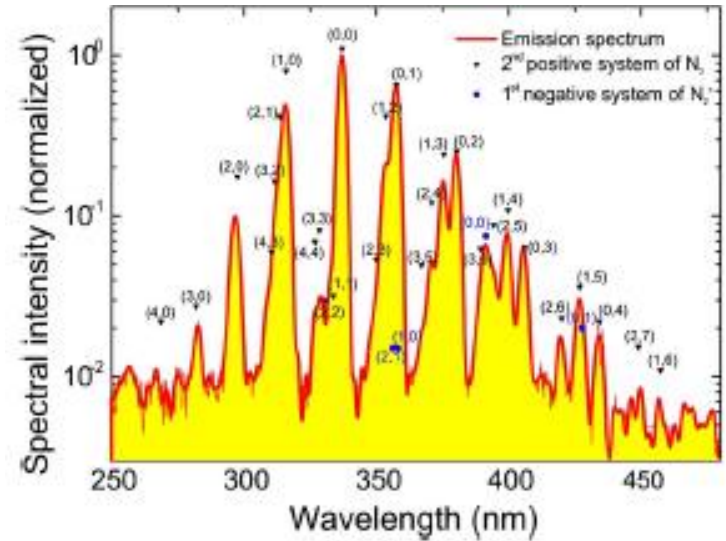
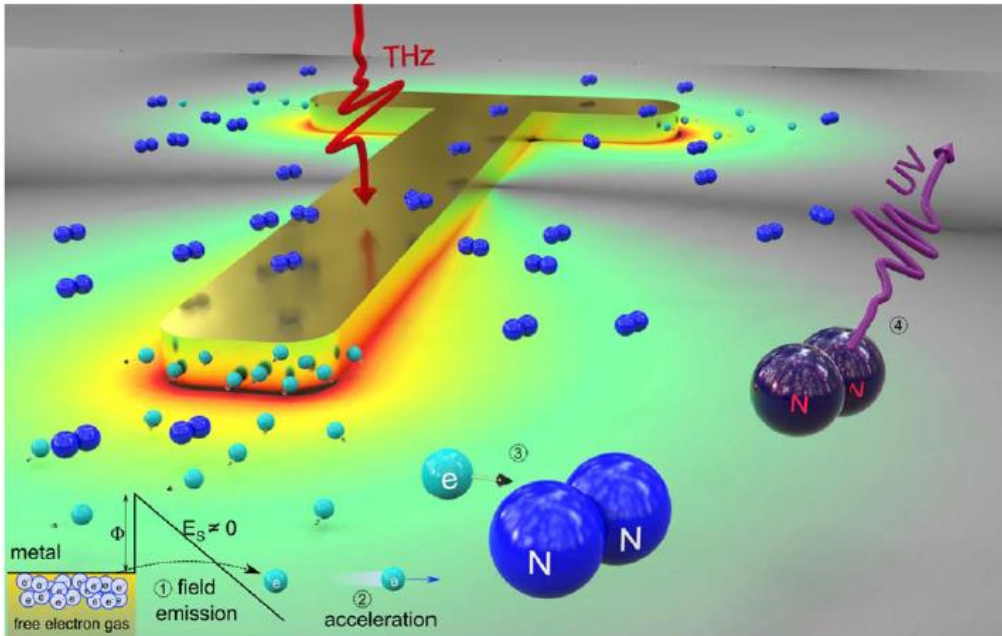
Research Article

Vol. 2, No. 2 / February 2015 / Optica 116

optica

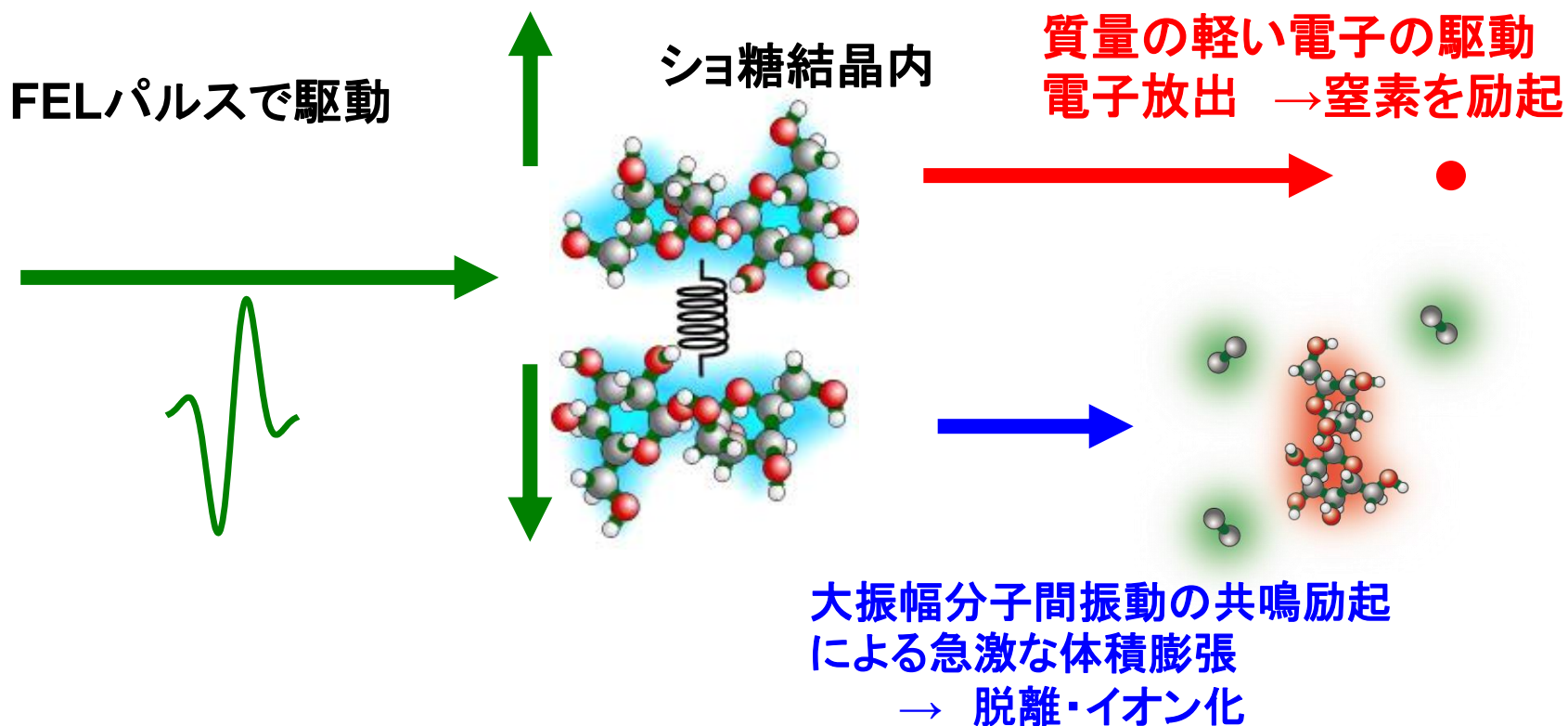
Nitrogen plasma formation through terahertz-induced ultrafast electron field emission

KRZYSZTOF IWASZCZUK,* MAKSIM ZALCOVSKIJ, ANDREW C. STRIKWERDA, AND PETER U. JEPSEN





電子放出 vs 分子脱離



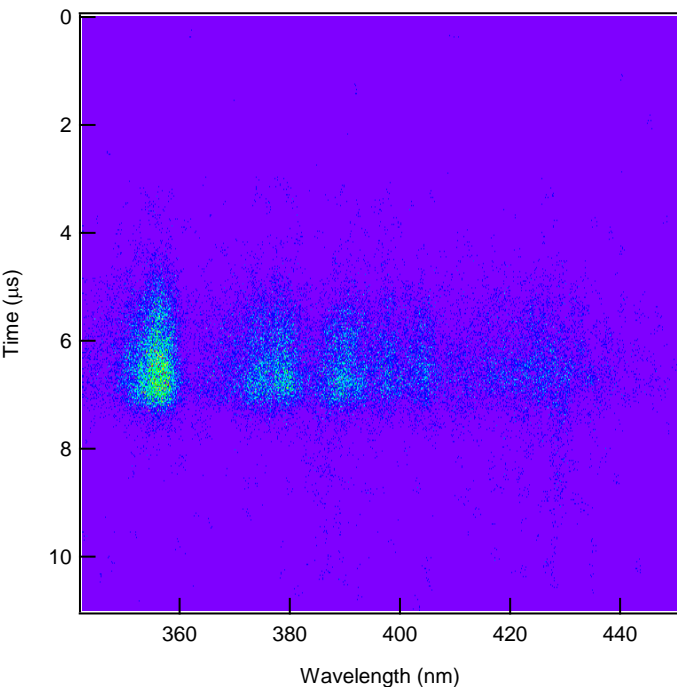
電子駆動による電子放出と脱離イオン化はどの時間で起きているか？

本研究では発光の時間分解測定と飛行時間型質量分析の結果からそのダイナミクスについて議論する。

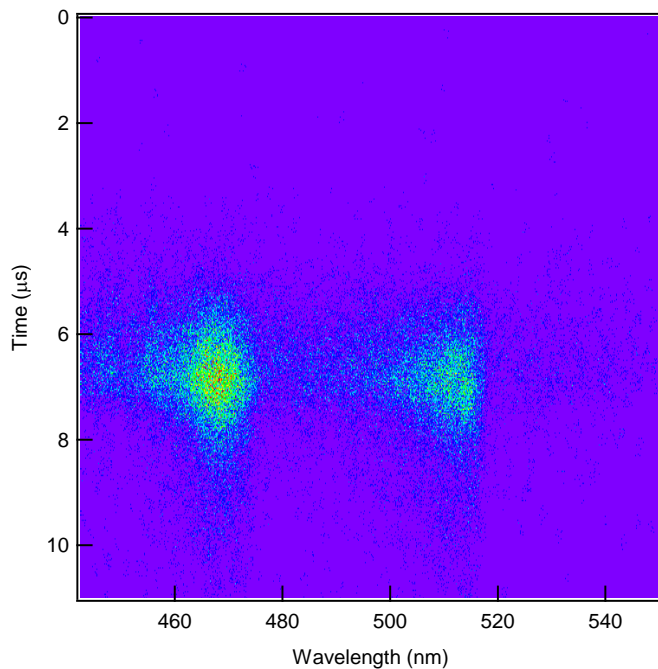


紫外発光と緑色発光の時間分解測定

窒素の発光

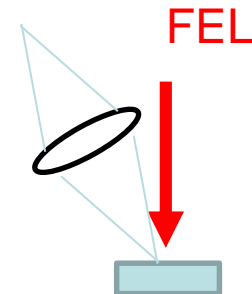


C₂ラジカルの発光



マクロパルスの
時間幅

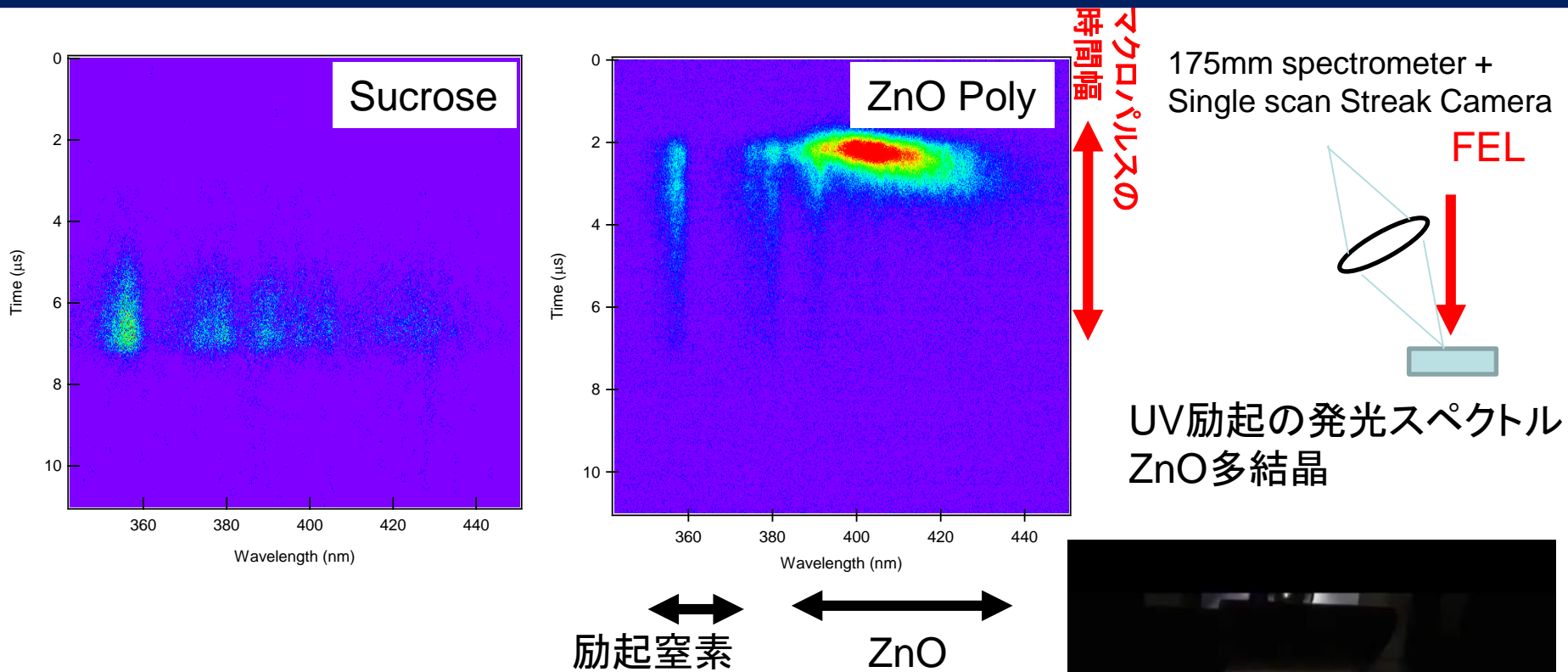
175mm spectrometer +
Single scan Streak Camera



アブレーションが見られる弱励起では窒素の発光が見られない
C₂ラジカルの生成と窒素の発光との間に強い相関
強度が強いマクロパルスの後半部に発光



電子放出が見られる ZnO多結晶による参照実験



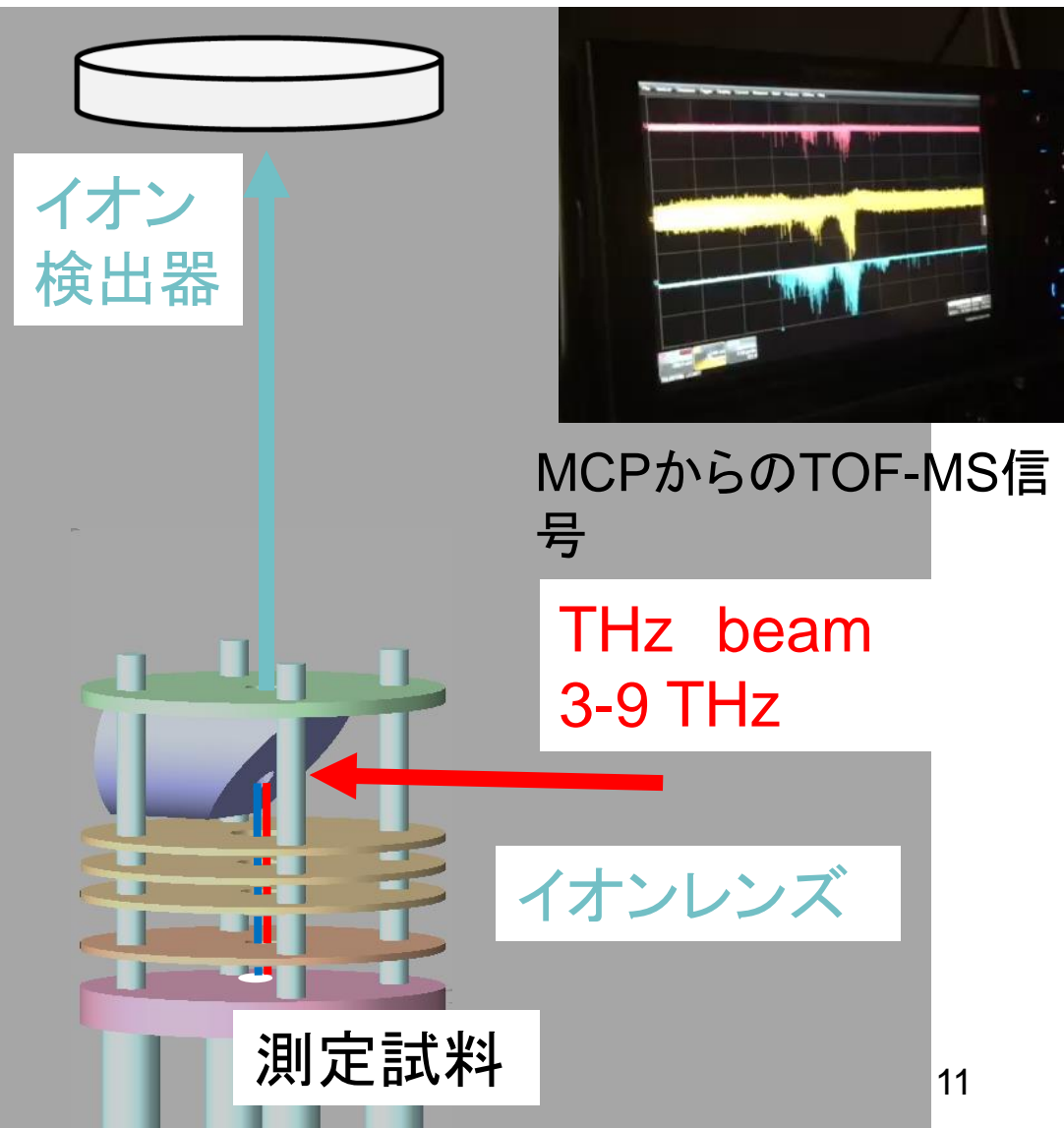
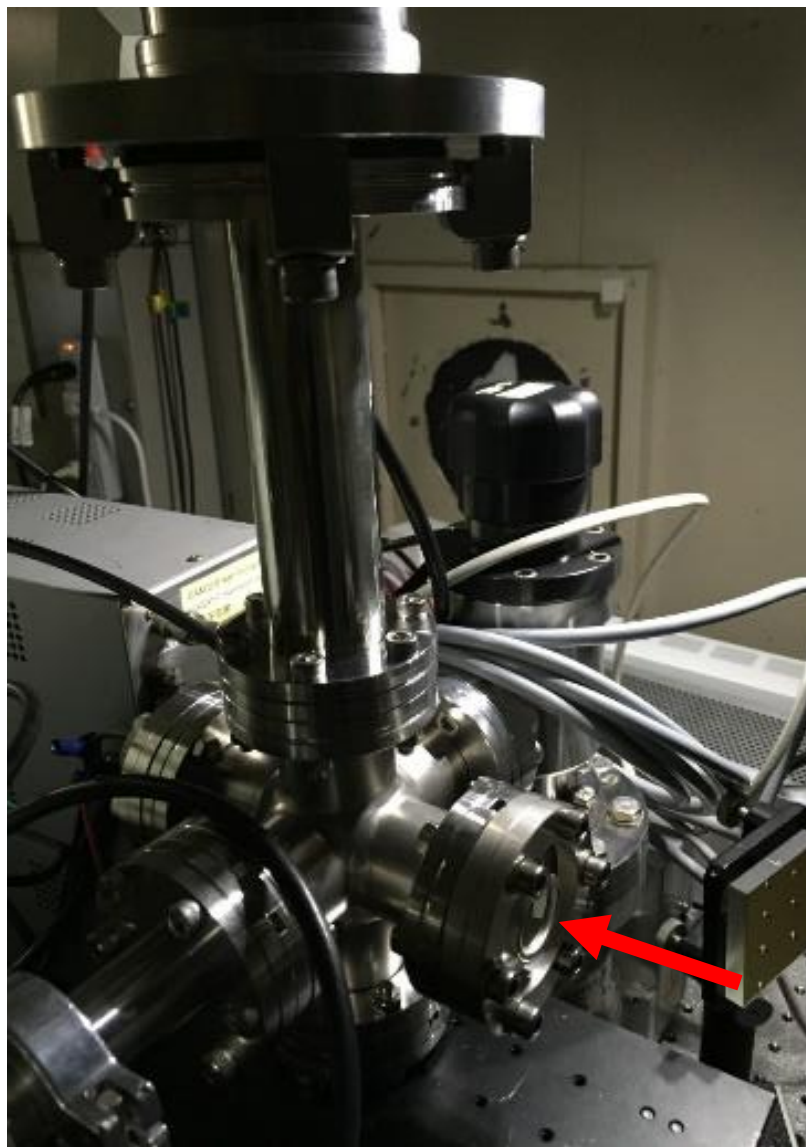
半導体から電子放出はパルスの前面で生じている
インパクトイオン化と電界電子放出
→ 試料のチャージアップによって発光が抑制



明らかに有機結晶の発光とは異なる

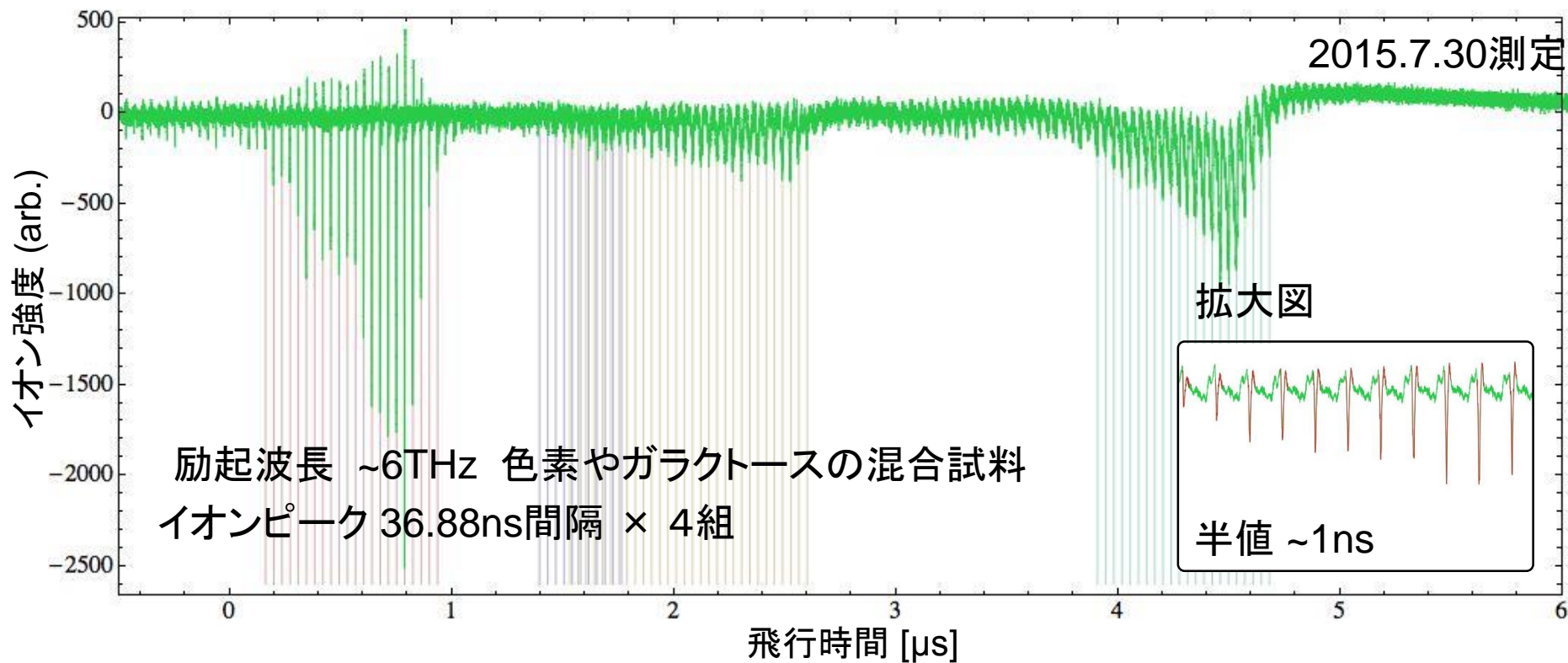


飛行時間型質量分析によるイオンの検出



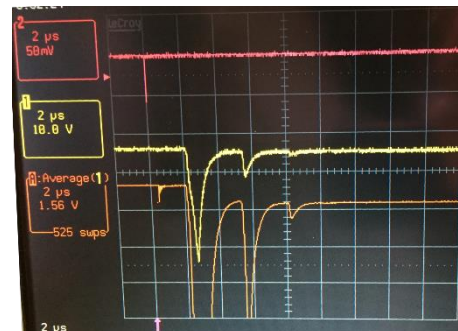


イオン信号の波形



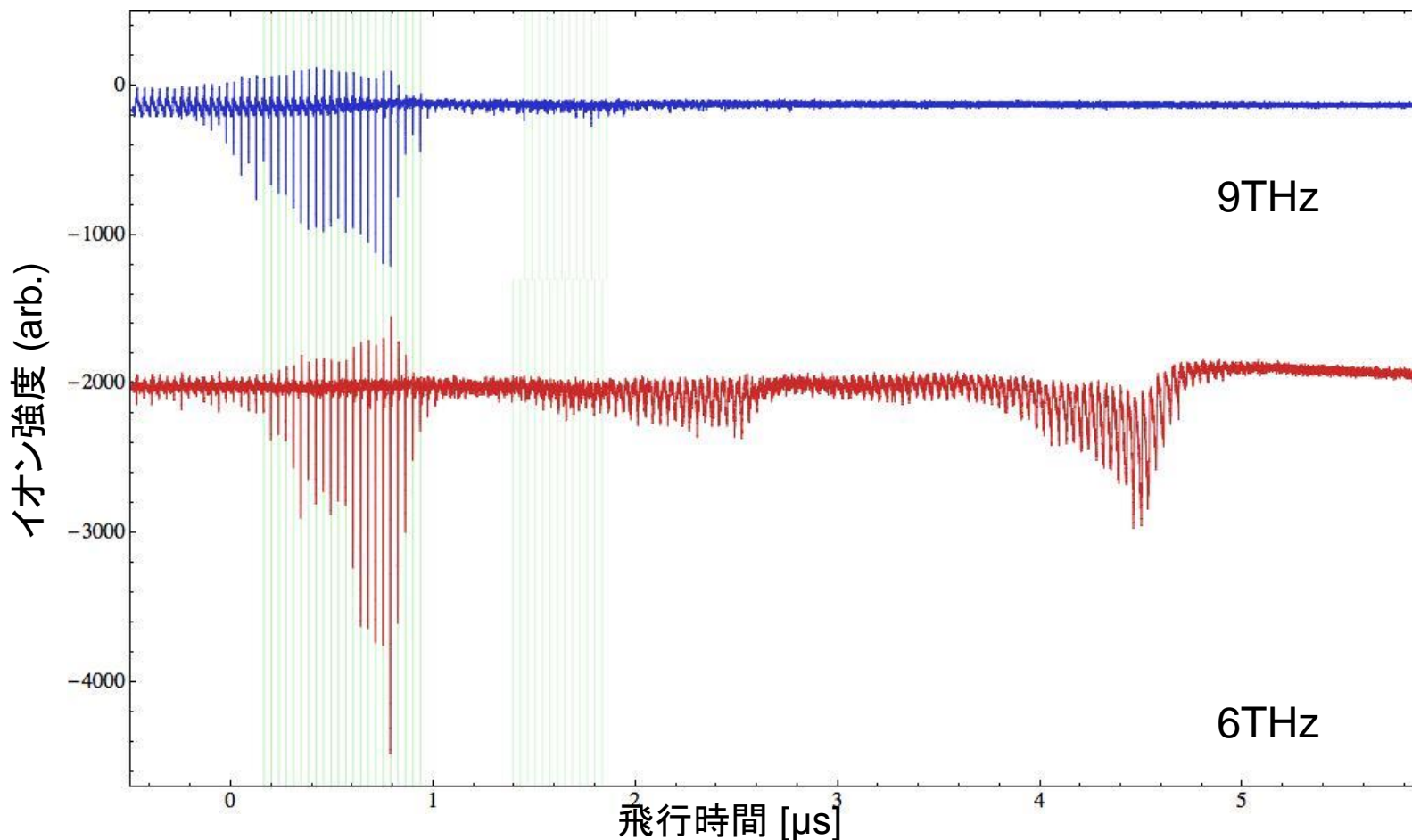
UV-LDI と整合するイオン信号が
マイクロパルスごとに見られる
UV励起によるイオン信号と対応

UV-LDIによるイオン波形





イオン信号の波形の励起周波数依存性



高周波数側でイオン化が顕著に起こる

→ 電子放出の後の脱離イオン化するのではないことを示唆



THz FELから出力された10MV/cmを超えるピコ秒のパルス幅のTHzパルスを物質に照射した際に見られるアブレーションのダイナミクスを調べるため、発光の時間分解測定と飛行時間型質量分析を行った。

発光の時間分解測定から、励起用マイクロパルスの強度に応じた窒素の発光およびスワンバンドの発光が見られた。この結果、電子放出と脱離イオン化後に生じたC₂ラジカルの生成との間には強い相関がある。

飛行時間型質量分析によってFEL照射による脱離イオンの直接観測を行った。その結果、THz FEL照射後早い時間で脱離イオン化が生じており、また励起周波数依存性から脱離は分子間振動を介して行われていることが分かった。