

高強度レーザーを制御する ガスオプティクスの最前線

電気通信大学レーザー新世代研究センター
特任教授 米田仁紀

2026年5月12日

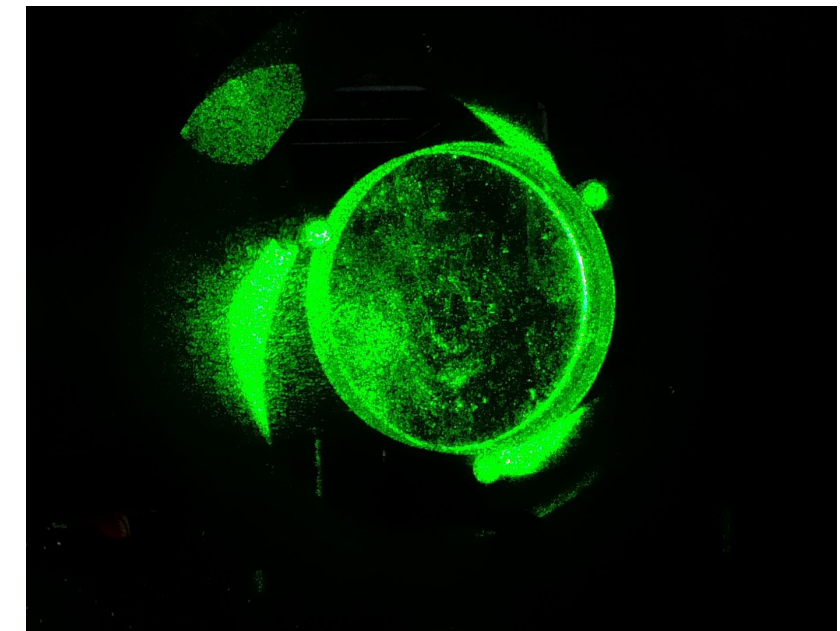
ミラー、レンズなどの光学素子は“ガラス”が必要

なぜ？

1. 表面がきれい。
2. 空気に比べ高い屈折率。
3. 固体を変えると色々な屈折率を選べる。
4. 薄膜(コーティング)技術がある。
5. 機能材料もある。

しかし、

1. 破壊が起きるといつも取り換えが必要。
2. 減反射コーティングが必須
3. 破壊閾値が実は小さい。
4. 表面汚染の問題があってクリーニングも必須。
5. 薄膜(コーティング)技術がある。
6. 機能材料もある。



なぜ他の相は光学素子とならない？

1. 液体光学素子は固体に似た光学特性、表面張力を利用した自己修復力・自由変形性がある。=>一部で採用(メンブレン光学素子など)
2. 気体は、密度が固体の1/1000。屈折率差が 10^{-4} 程度。
=>大気光学などスケールの大きなもの
=>Aerodynamic windowなど、特殊なもの

他にも

1. クリアな境界を持たない。
2. 気体は乱流になりやすい。
3. 一定形状を保てない。

=>だから、光学素子なんてとんでもない。

しかし、気体は高出力レーザーには適している。

1. 光学破壊閾値が高い。
2. 光学破壊は永久ダメージにならない。
3. 空気・真空との屈折率差が小さい。(減反射コーティングがいらない)
4. 空気から作れば原材料が低コスト

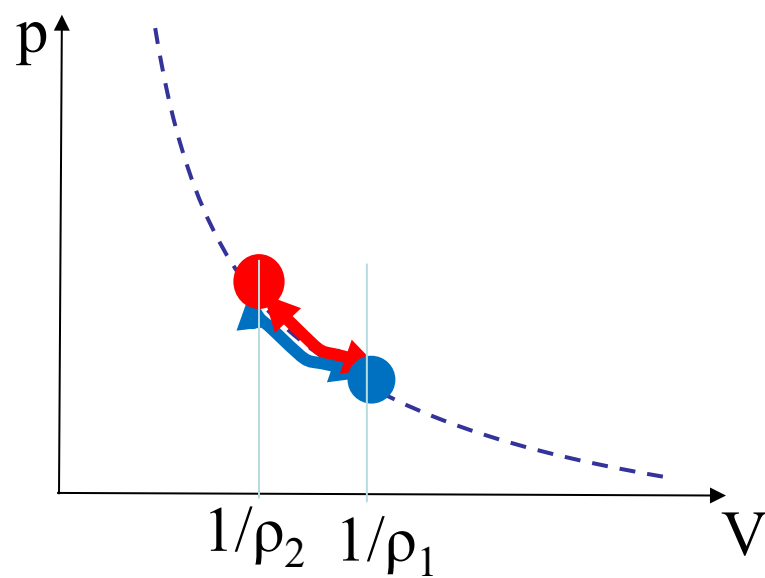
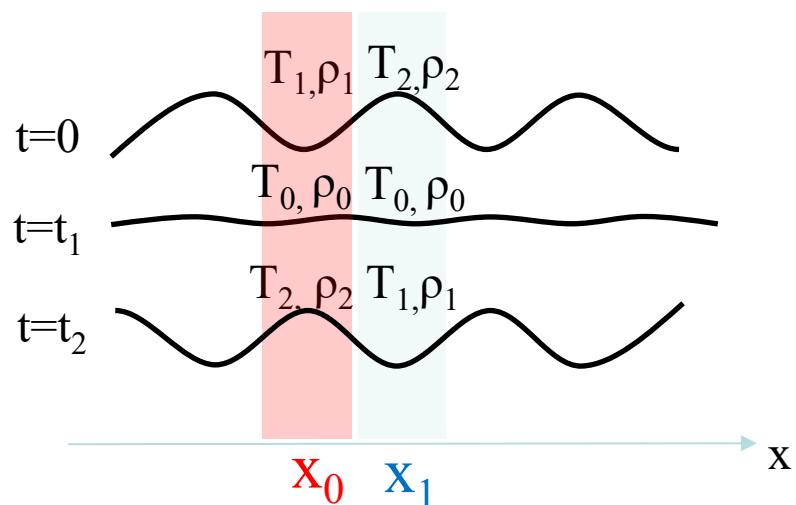
ただし、大きな屈折率差を生じさせられればの話

例:ファイバーブラッグ回折格子 $\Delta n : |n_1 - 1| = 10^{-2 \sim 3}$

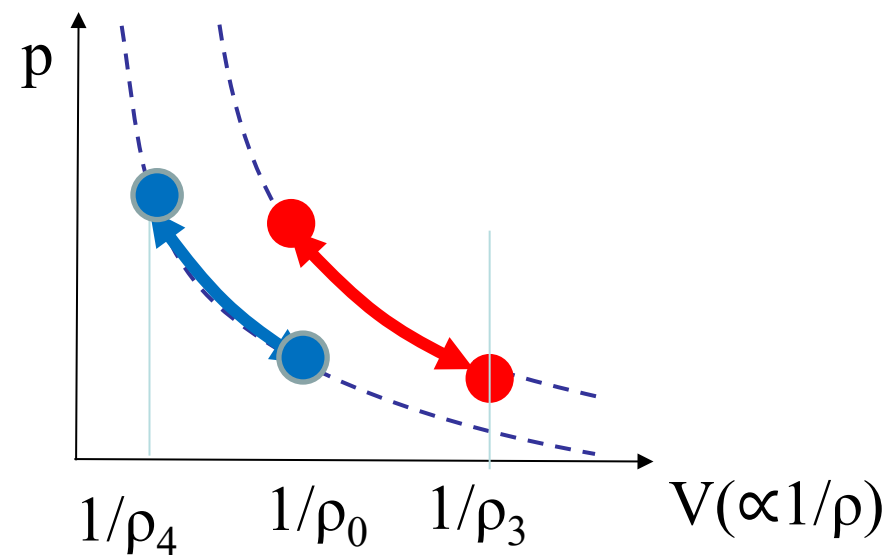
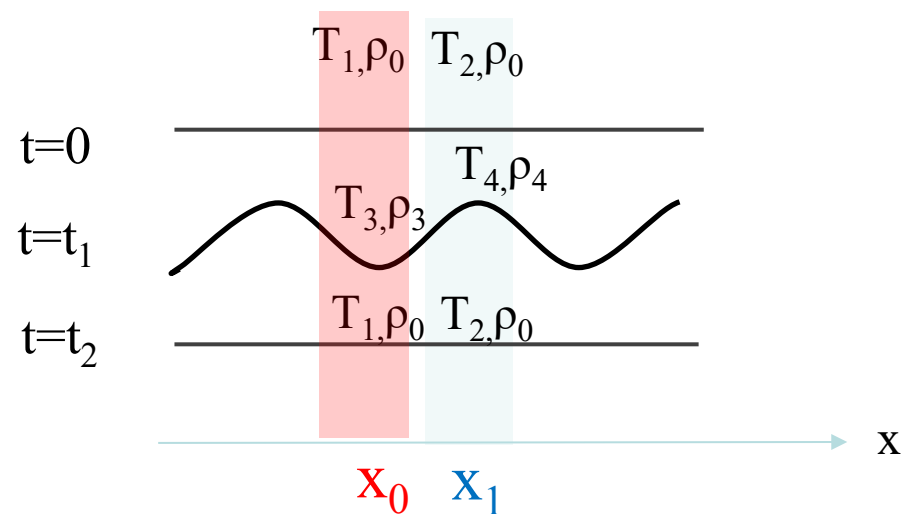
一般的な気体の屈折率 $\Delta n : |n_1 - 1| < 10^{-4}$

新しく見つかった大気圧中の大振幅波

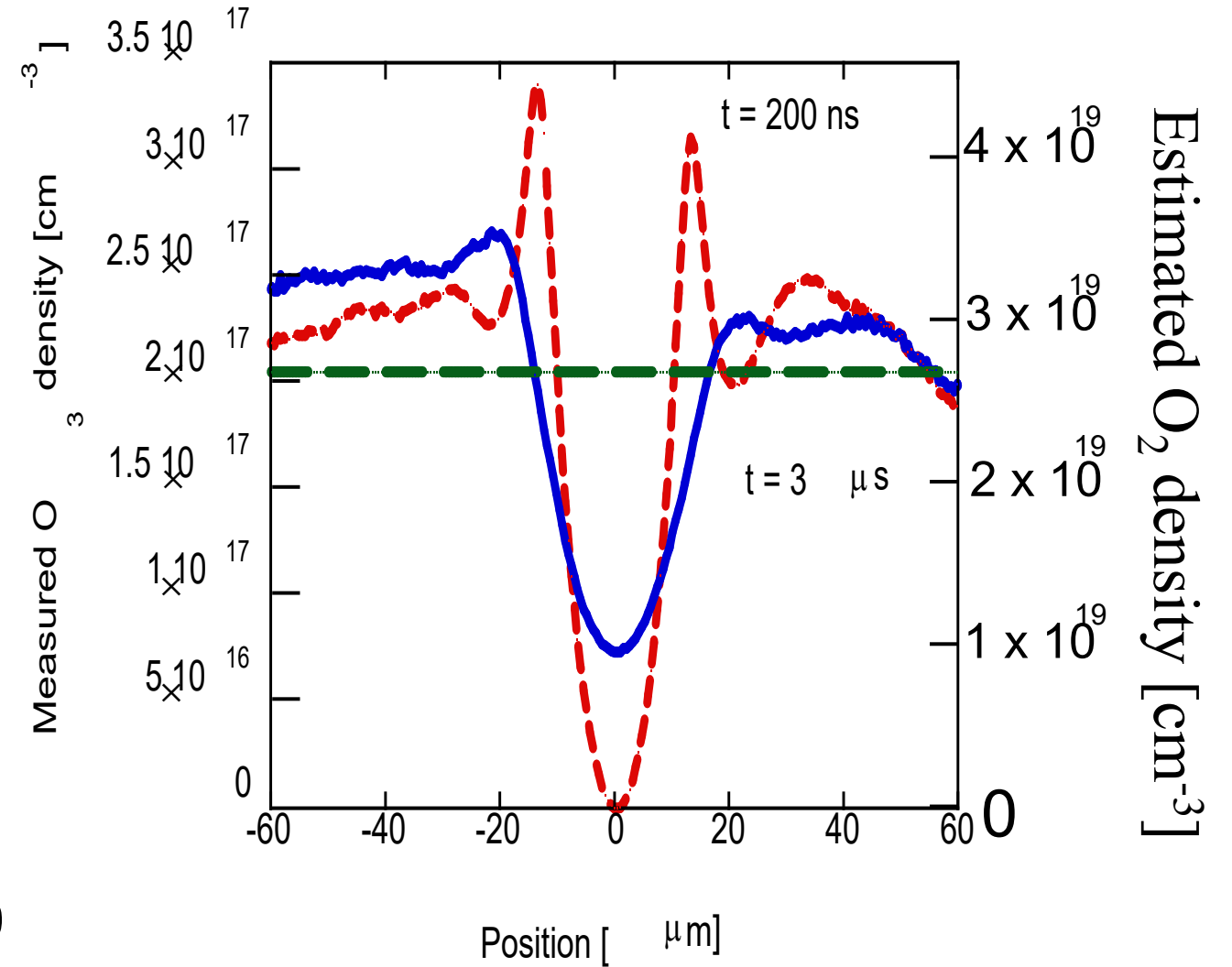
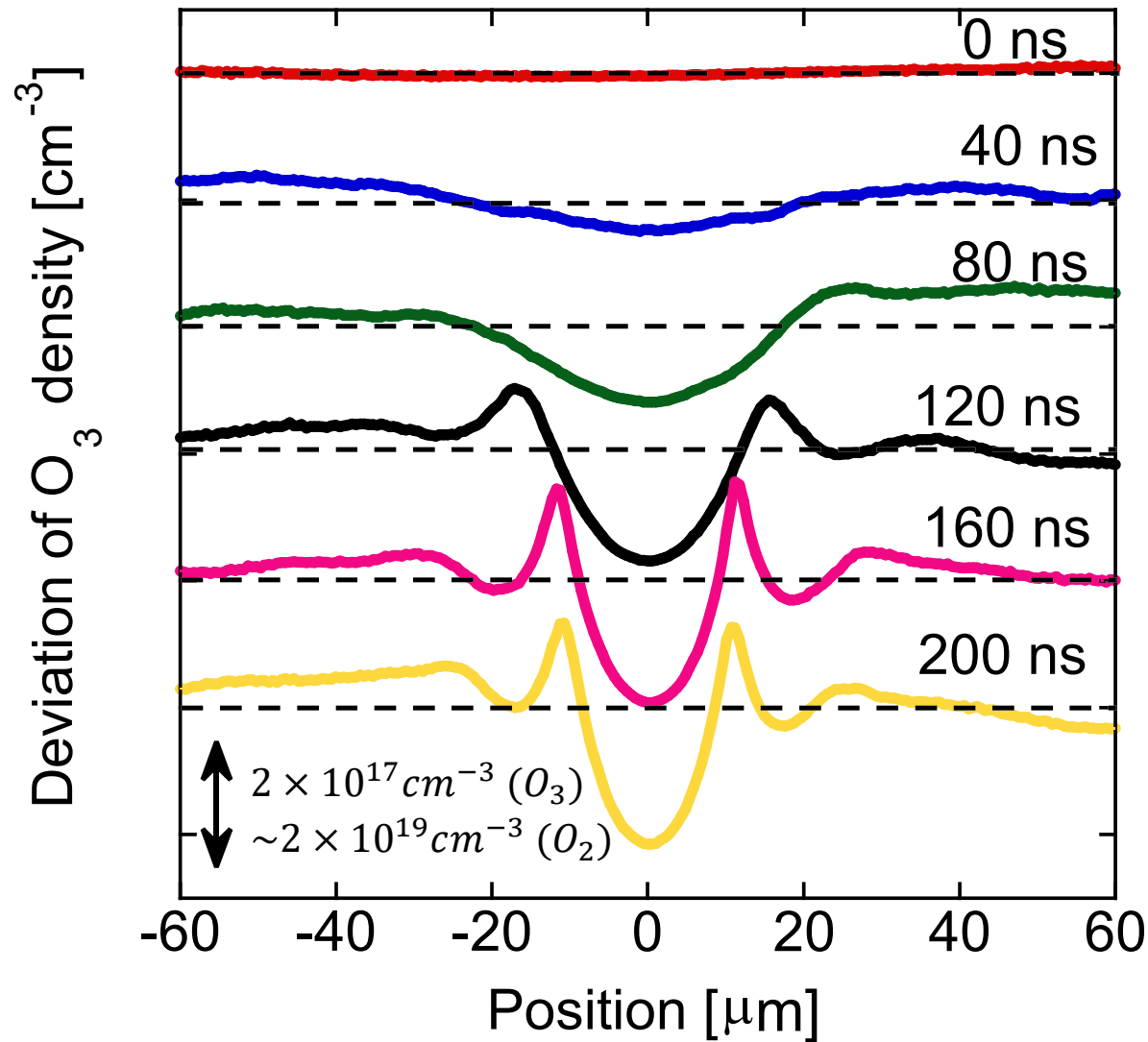
通常音波



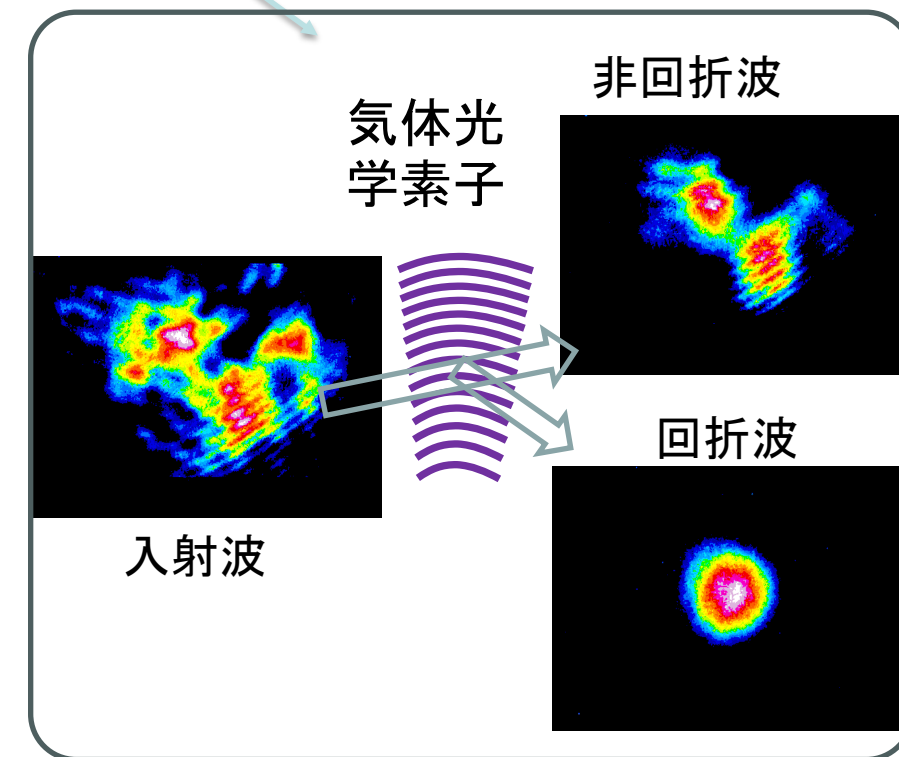
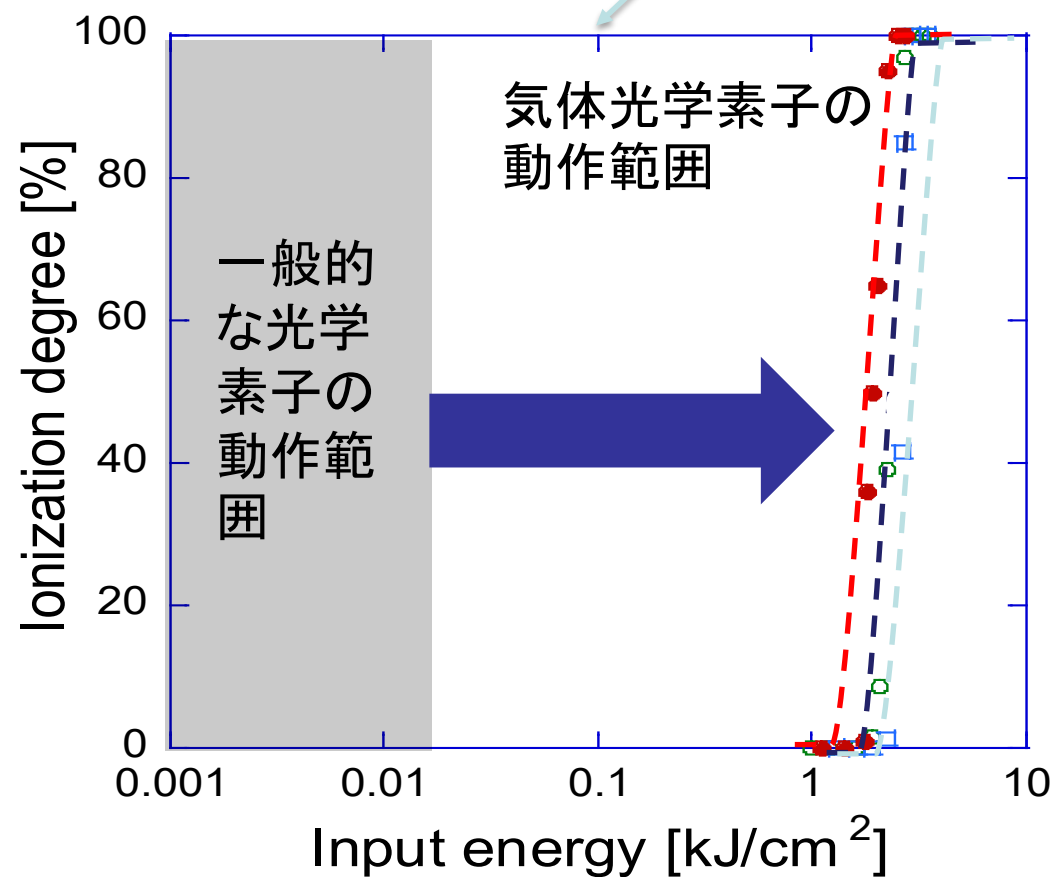
複合波(音波+第2音波)



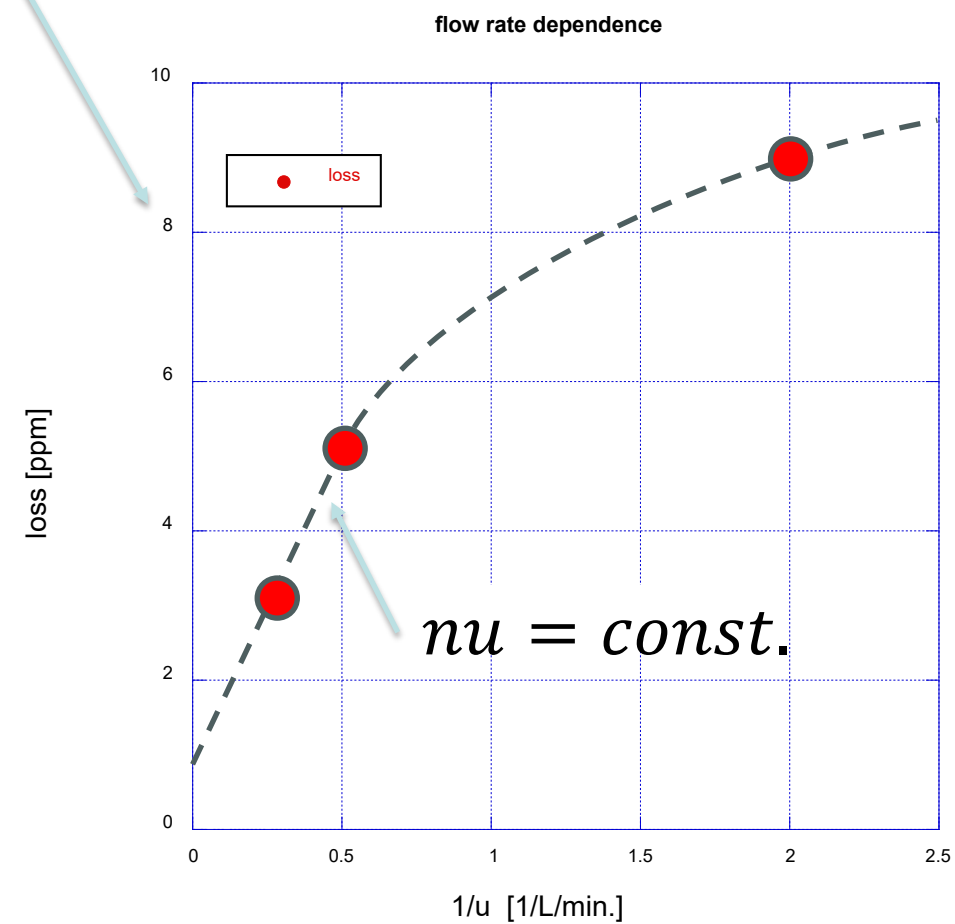
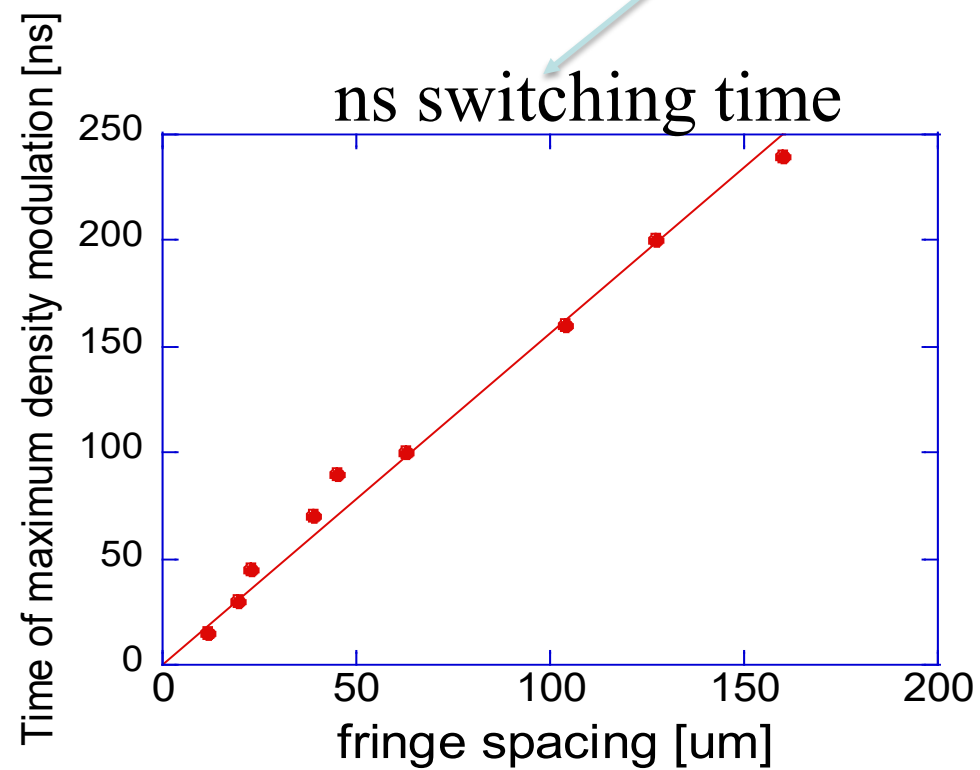
大気中にほぼ0-1の密度波を形成



強い、安い、きれい

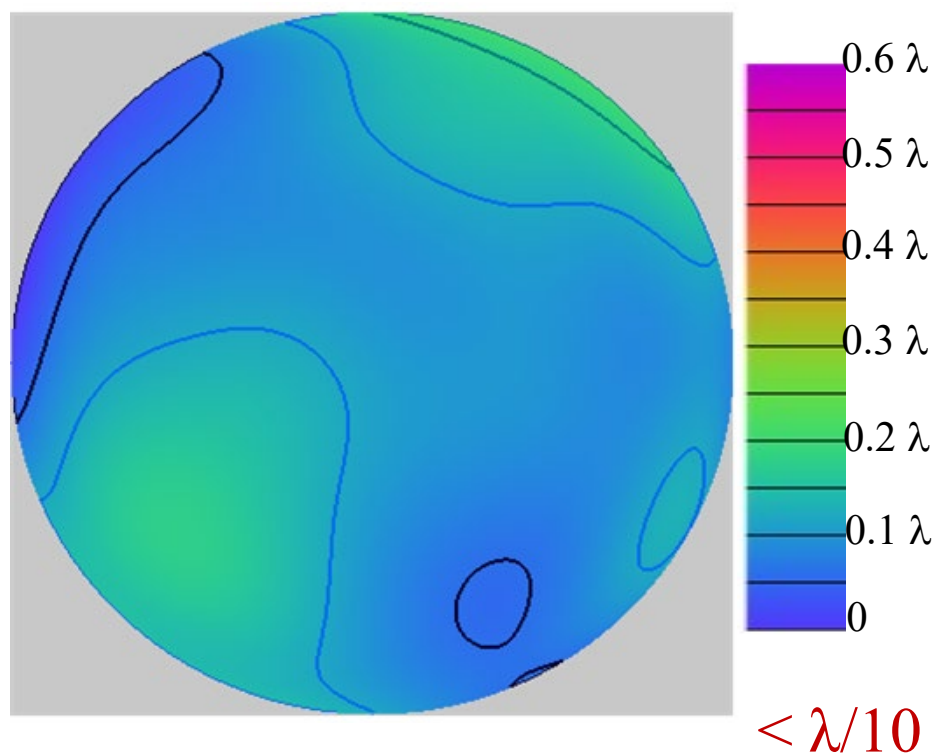


速い、超低損失

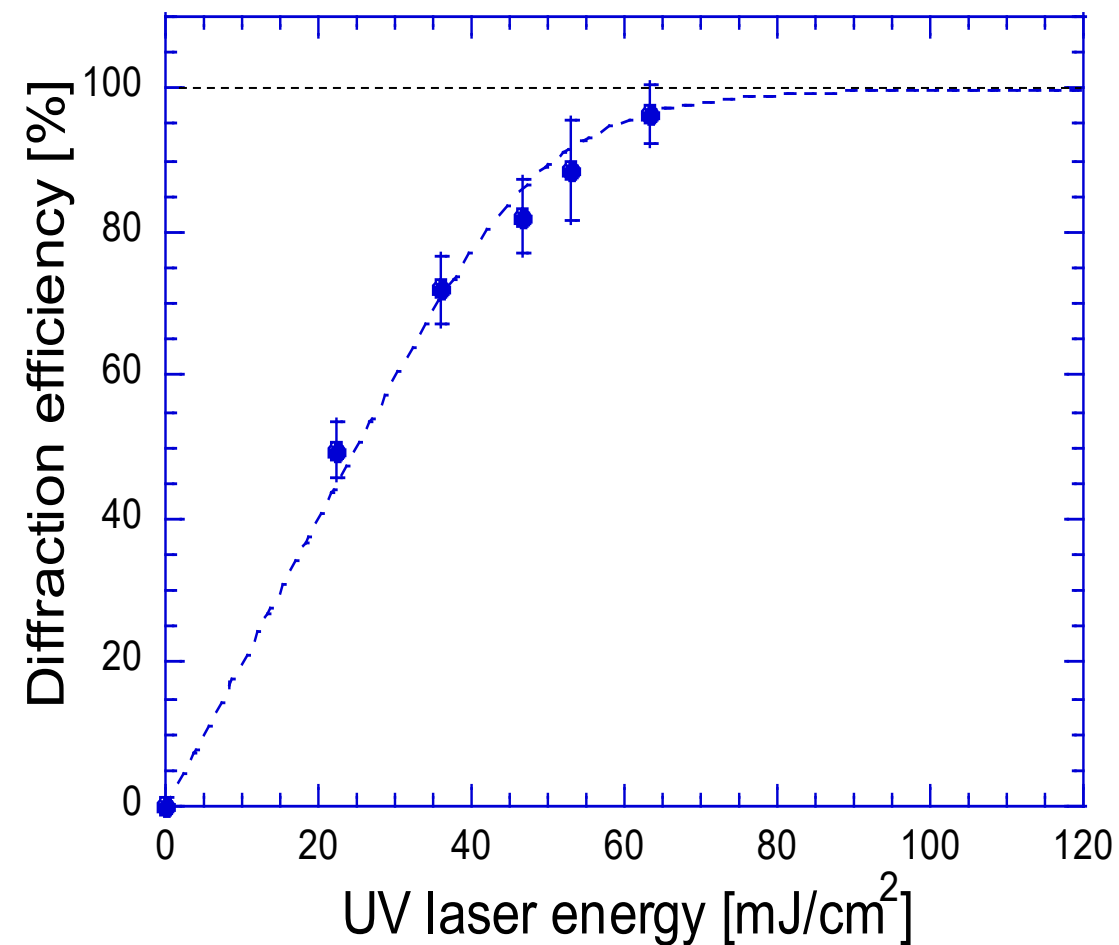


ガスなのに

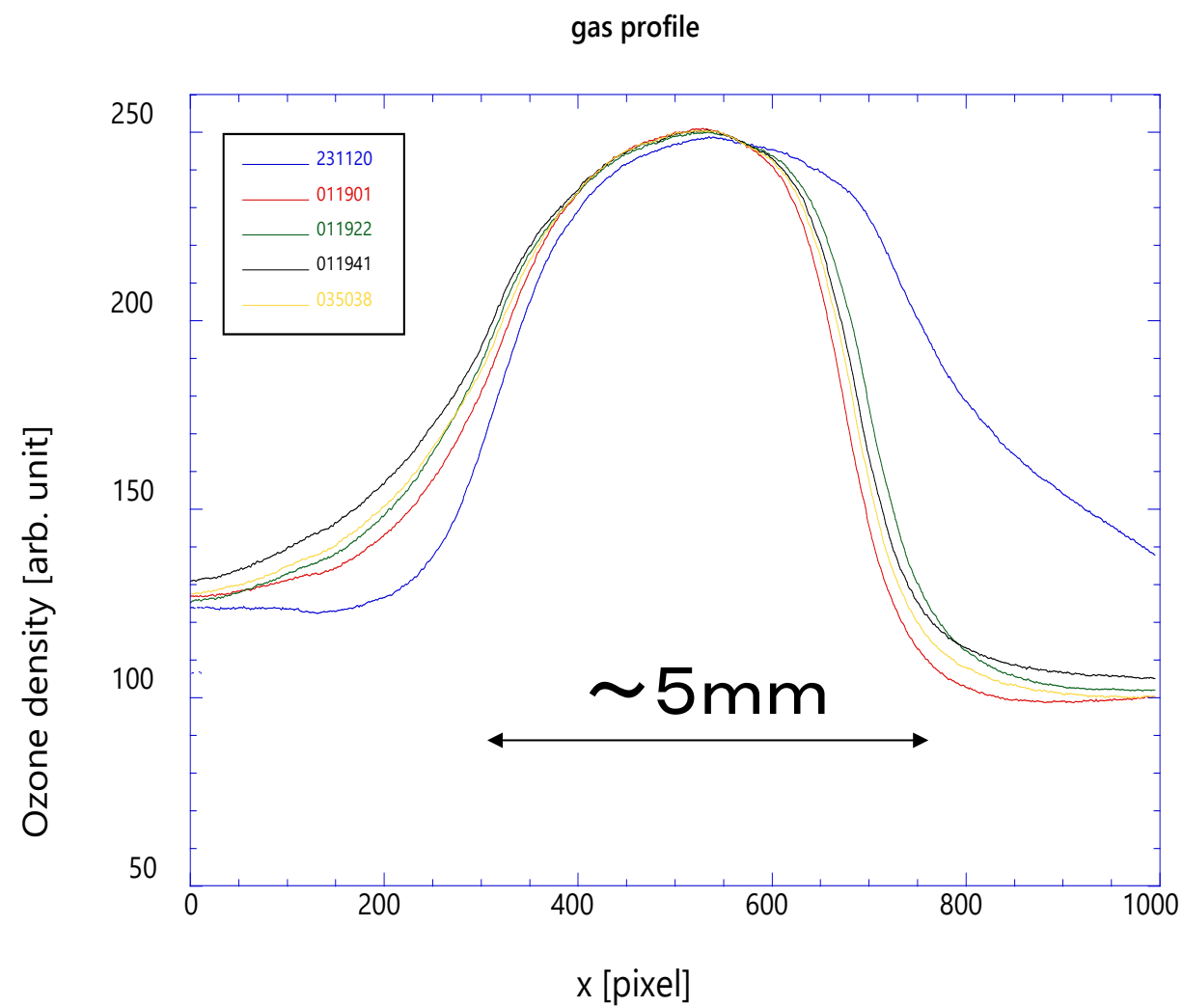
$\lambda/10$ 以上の波面生成
(at $I=1.6 \text{ kJ/cm}^2$)



$>96\%$ の回折効率をわずか 60 mJ/cm^2 で制御

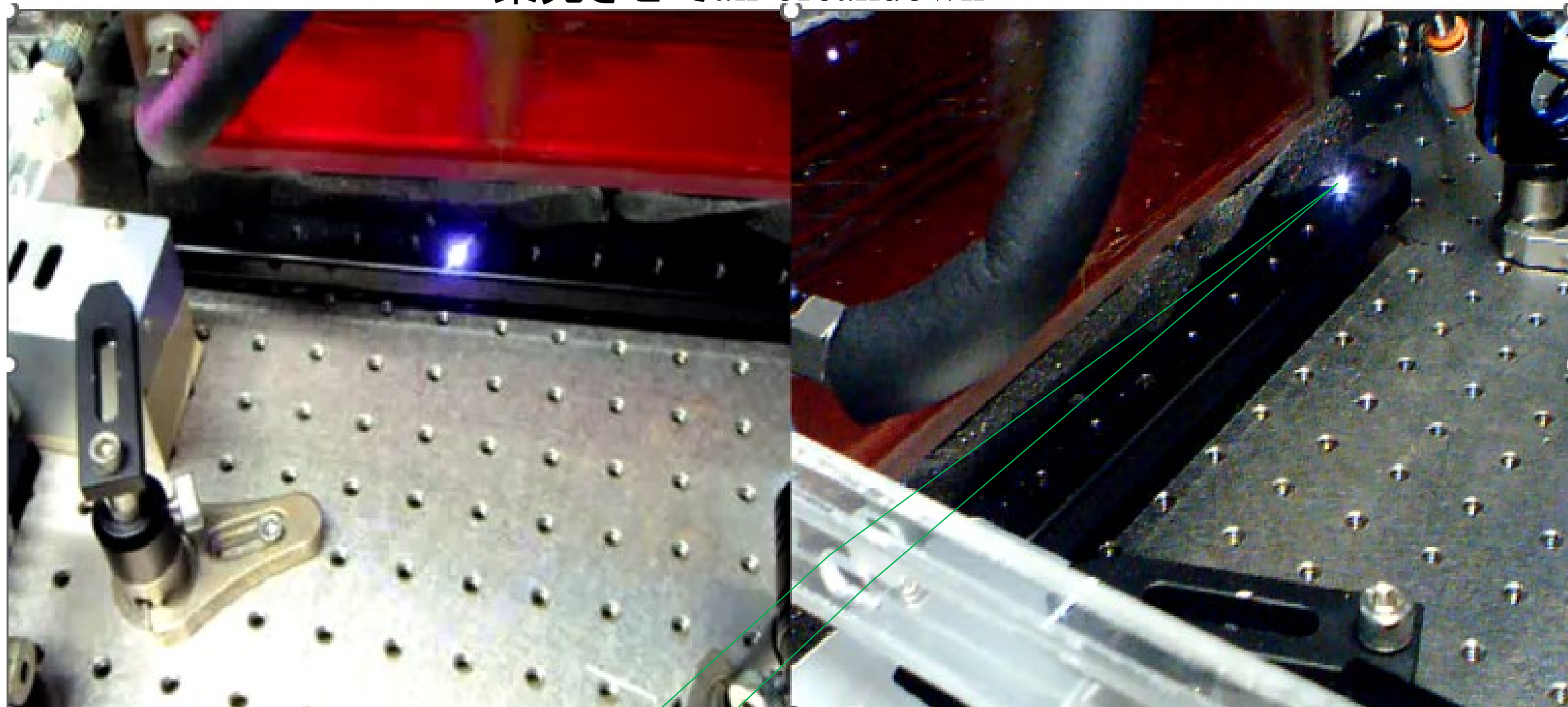


ガスなのに



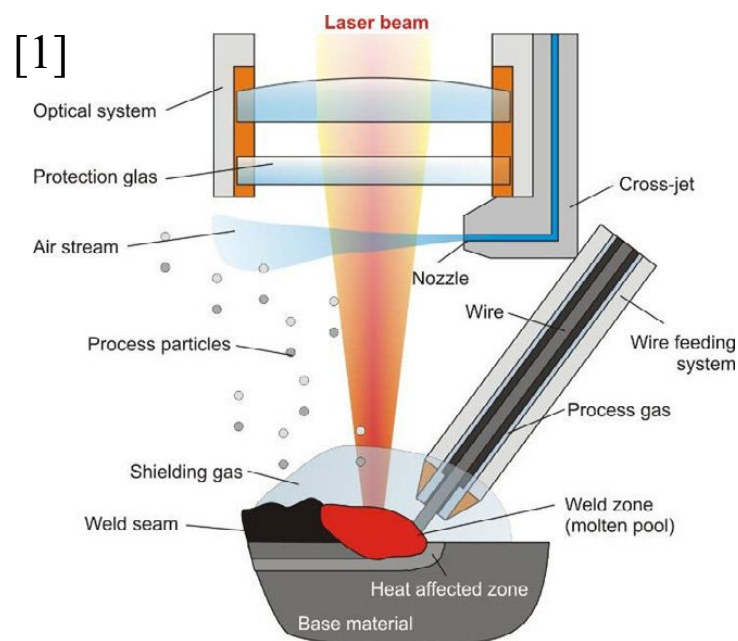
ガスなのに

集光させてair breakdown



社会実装へ

レーザー照射部で融解したデブリが
光学素子に付着、損傷の原因に

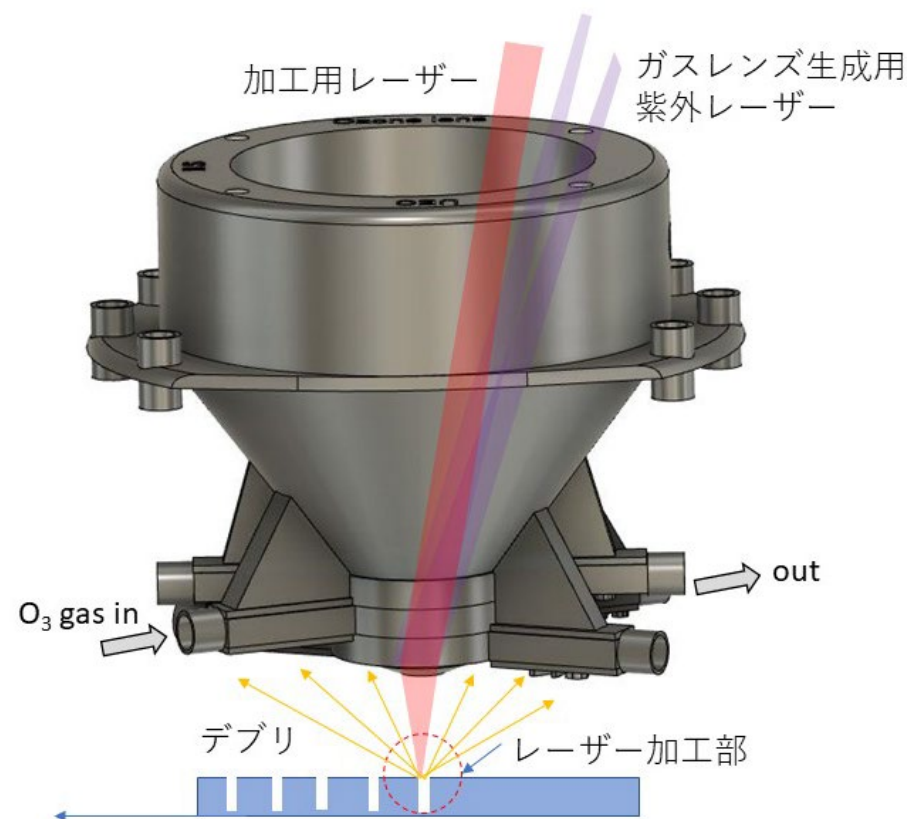


デブリシールドガラス、低圧ガス、液層利用、磁場印加...

デブリの根本的な解決法になっていない。

- ・ レーザー装置の定期的なメンテナンスが必須。
- ・ レーザーの高繰り返し化に伴い、ダウンタイム(装置停止時間)が増加、生産効率が低下。

紫外レーザーで書き込むガス光学素子で、
ダメージフリー、メンテナンス不要に



300 μ m の素子で、1Jを100 μ JのUVで制御

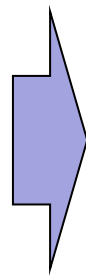
[1] Flexible scanner-based laser surface treatment - Scientific Figure on ResearchGate.

社会実装へ

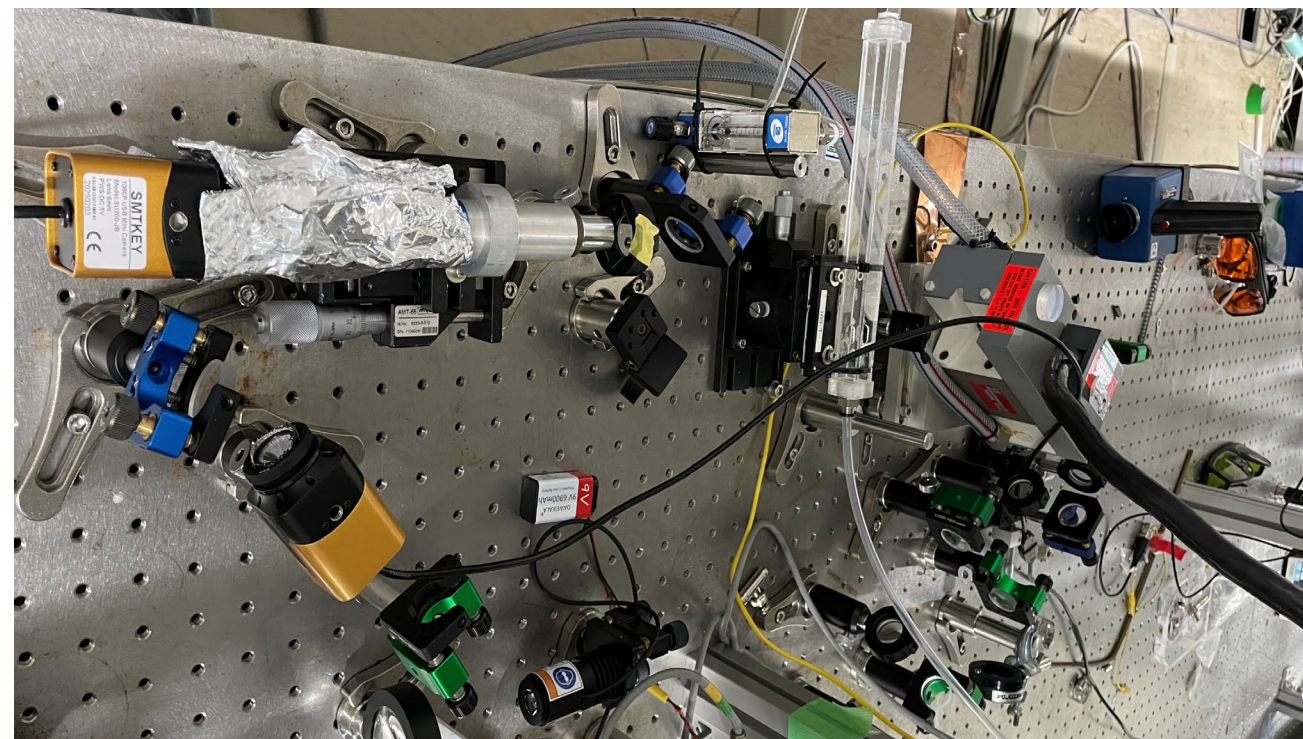
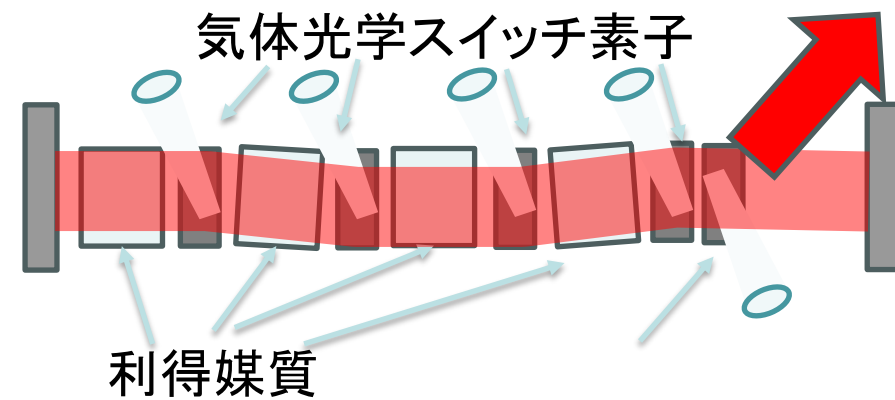
小口径
Good 空間モード



大口径
Bad 空間モード

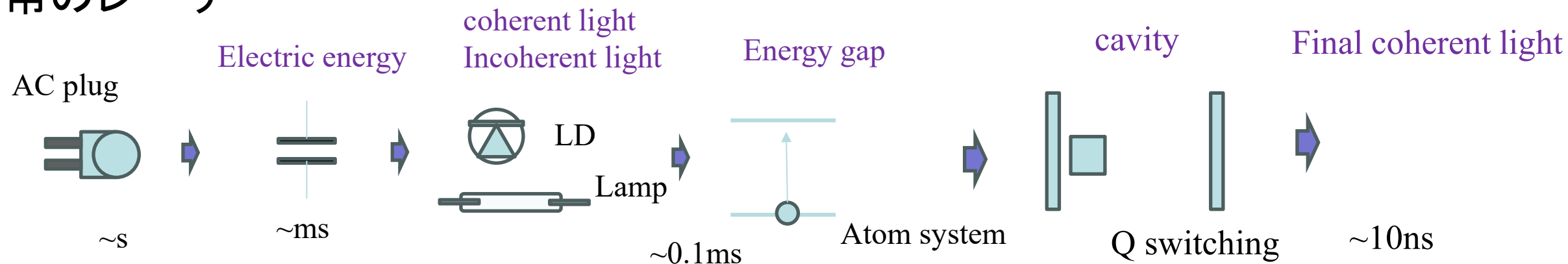


大口径単一モード発振器

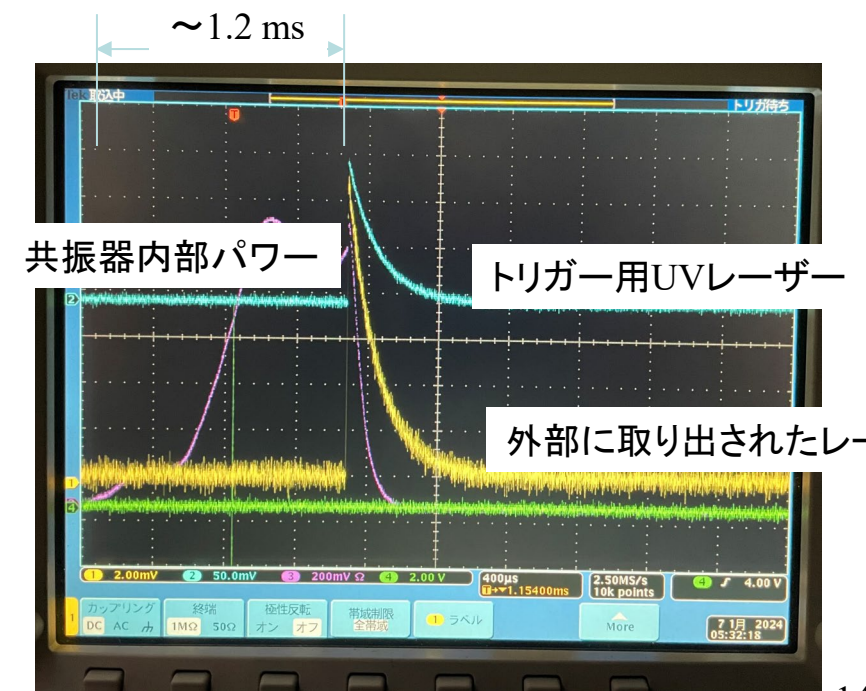
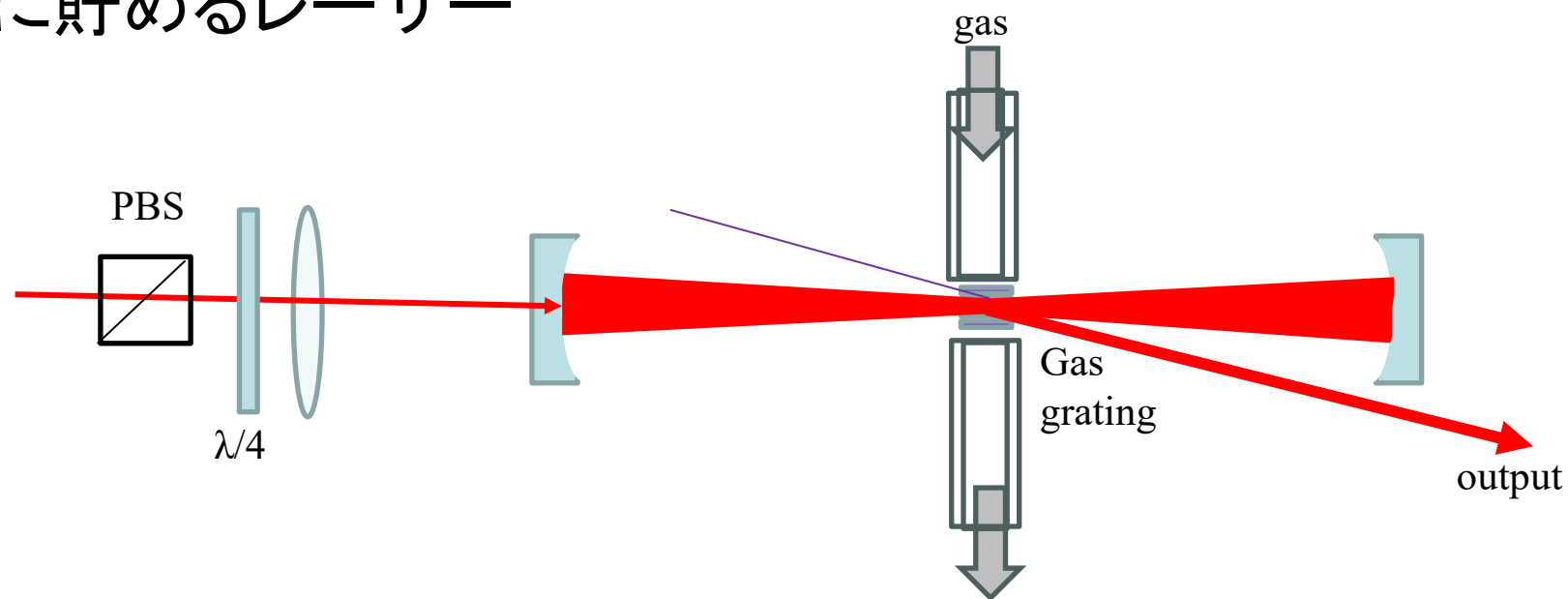


社会実装へ

通常のレーザー



空間に貯めるレーザー



社会実装への道筋

時期	取り組む課題や明らかにしたい原理等	社会実装への取り組みについて
基礎研究	・気体光学の要素物理過程研究 (2006~)	CREST
要素技術開発	・大振幅密度波形成技術の開発 (2014~)	科研費
社会実装向け研究	・レーザー加工、レーザー加速用気体光学素子の開発 (2018~)	JST未来社会創造事業 QLEAP 科研費
現在	・企業化に向けて取り組み ・気体光学素子の特許戦略	NEDOフロンティアプログラム NEDOスタートアップ JST-ASTEP 科研費など
1年後	・気体光学素子に関するコンソーシアム構築	要素・設計・カスタマイズの総合的な企業連合
1年後	・スタートアップ企業化	デモ機販売
3年後	・コンソーシアムによる製品化	製品展開

企業への期待

- 酸素発生、オゾン発生、流れ制御、紫外レーザー、光空間変調などの要素技術は、国内企業のシーズが対応できるところが多々ある。
- レーザー核融合、レーザー加速、先進レーザー加工など国家基幹研究に対して、日本チームが必要。
- デブリが飛び散る応用の具体的な社会事例の情報があれば、それにカスタマイズした製品を産出できる。

企業への貢献

- 本技術はピュアな日本発技術。しかし、米国、中国をはじめ後続が出始めている。この状況で日本固有技術の展開フェーズに参加できる。
- 気体光学素子製造チームへの参加：既存する企業技術が新しい気体光学素子内に導入される。
- 気体光学素子応用ユーザ：高出力レーザーの使用で困難な課題を解決できる。

本技術に関する知的財産権

Qスイッチパルスレーザー発生方法及びQスイッチパルスレーザー発生装置	米田 仁紀、道根 百合奈	国立大学法人電気通信大学	特願2026-001988		
レーザー光の真空内回折方法及び真空内気体光学素子	米田 仁紀、道根 百合奈	国立大学法人電気通信大学	特願2026-032242		
パルスレーザー光発生方法及びパルスレーザー光発生装置	米田仁紀、道根百合奈	国立大学法人電気通信大学	特願2024-044686	特開2025-144824	
レーザー光の回折集光方法及び回折集光光学素子装置	米田仁紀、道根百合奈	国立大学法人電気通信大学	特願2019-237955	特開2021-105693	特許第7360159号
レーザー光の回折方法及び回折光学素子装置	米田仁紀	国立大学法人電気通信大学	特願2011-273663	特開2013-125139	特許第5936110号

産学連携の経歴

これまで

- ダイヤモンド光伝導素子開発
- 超高精度ミラー開発
- 高耐力ミラー開発（4社）
- 先進レーザー加工
- ガラス利用
- 光学材料評価
- 光学機器開発
- 新素材複合金属研究
- 赤外AIカメラ開発

など

お問い合わせ先

国立大学法人 電気通信大学大学
産学官連携センター
産学官連携ワンストップサービス

TEL: 042-443-5725

FAX: 042-443-5937

e-mail: onestop@sangaku.uec.ac.jp