



大学共同利用機関法人 自然科学研究機構

分子科学研究所

資料3
科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会
量子科学技術委員会 量子ビーム利用推進小委員会 (第31回)
令和元年8月23日

科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 量子科学技術委員会
量子ビーム利用推進小委員会 (第31回)

小型集積レーザー (TILA) の開発と TILAコンソーシアムの取組み

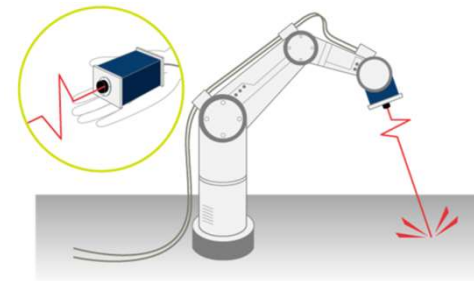
2019年8月23日

分子科学研究所 社会連携研究部門
プログラム・マネージャー

佐野 雄二

ご説明内容

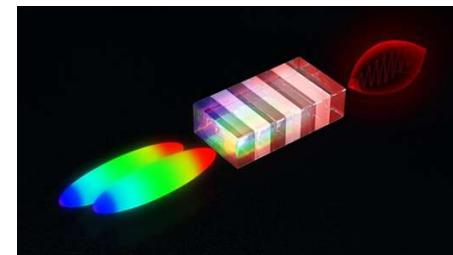
- 小型集積レーザー：
TILAの概要
- TILAコンソーシアムの
取組み
- 今後の展開：
最先端科学と産業応用



www.jst.go.jp/impact/sano/index.html



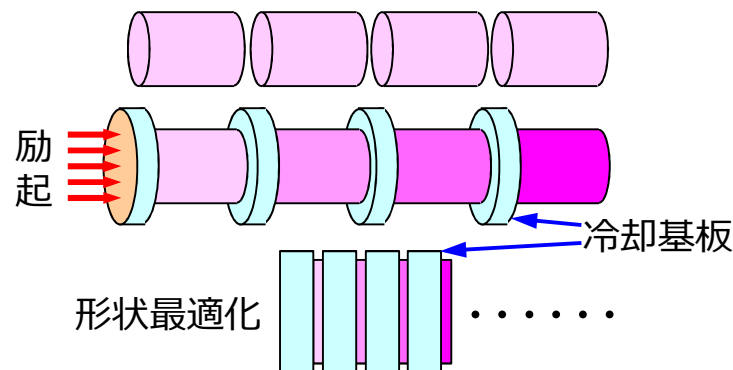
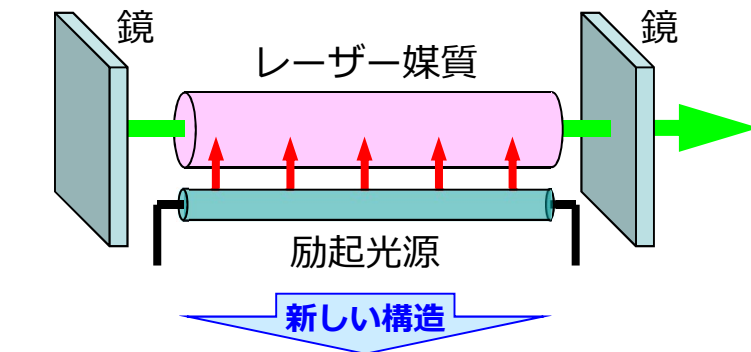
www.ims.ac.jp/news/2019/06/28_4377.html



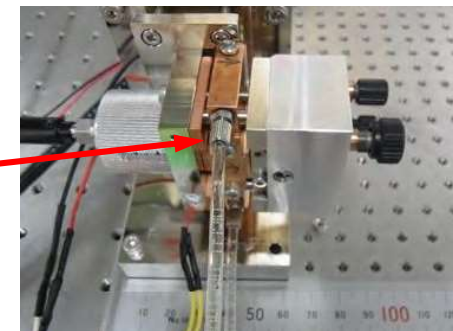
www.ims.ac.jp/news/2019/06/25_4374.html
ref. Nat. Commun. (2019) 10:2591

小型集積レーザー（TILA）の開発

- 理 念： 小型・高性能で安価なレーザーを最先端の研究開発と産業に広く展開
- 目 標： **手の平サイズ**でパルスエネルギー20mJを実現（従来 3mJ）
（波長 $1.06\mu\text{m}$, パルス時間幅 サブns, 重量 1kg以下）
- 課 題： 出力を上げると**レーザー媒質の過熱**により、破壊や性能低下が発生
- 解決策： **常温接合技術**を開発し、排熱と大出力化を両立する新しい構造を考案



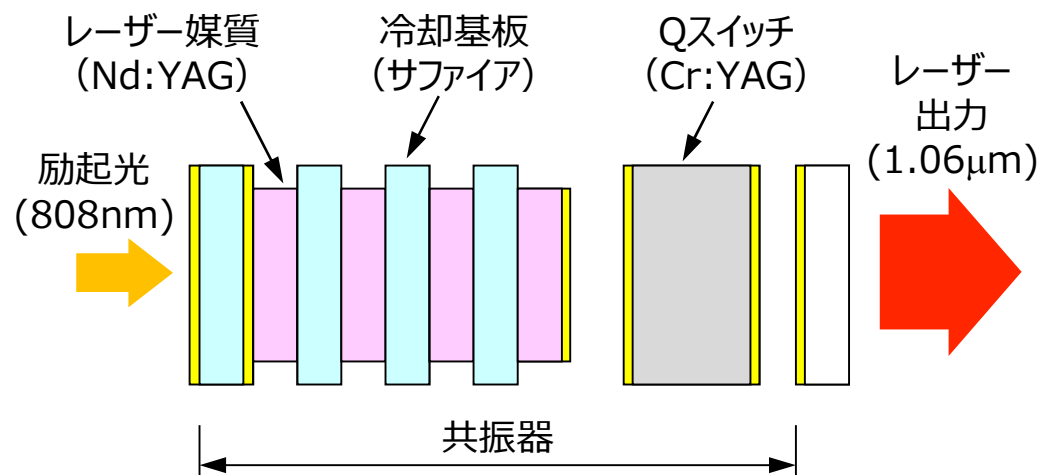
高出力化のためのDFC構造



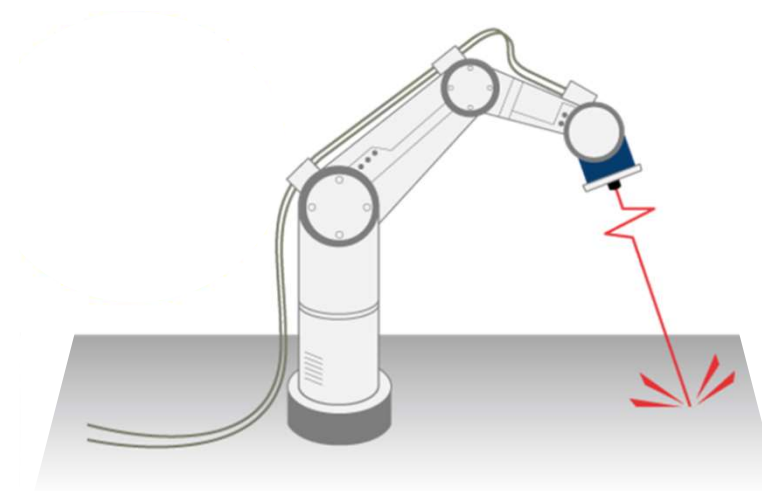
小型集積レーザー（TILA）

小型集積レーザー (TILA) の特徴

- DFC構造による排熱促進で、小型・高出力・高ビーム品質が可能
- 小型・軽量・一体構造で部品点数が少ないため、安定で信頼性が高い
- 共振器長が短いため、サブナノ秒パルスが得られ、縦モードも安定



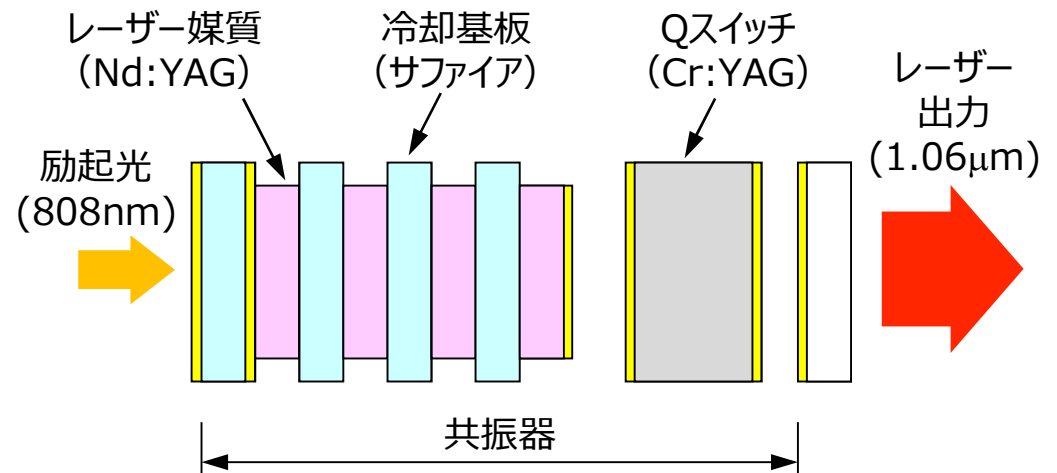
小型集積レーザー (TILA)



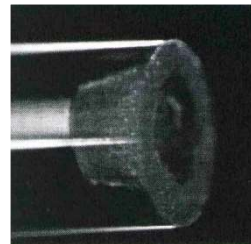
TILAによる直接加工のイメージ

小型集積レーザー (TILA) の特徴

- DFC構造による排熱促進で、小型・高出力・高ビーム品質が可能
- 小型・軽量・一体構造で部品点数が少ないため、安定で信頼性が高い
- 共振器長が短いため、サブナノ秒パルスが得られ、縦モードも安定

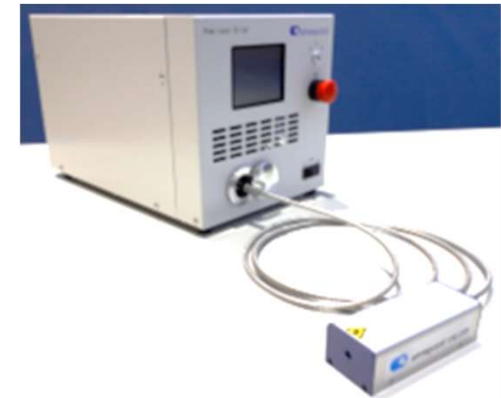


- ミラーやファイバーの損傷で、高出力パルスレーザーの伝送は困難
- 励起光を細いファイバーで伝送し、先端の小型集積レーザーを励起
- 複雑な伝送光学系が不要となり、信頼性向上・コスト低減が可能
- 大きな焦点裕度を得られ、複雑な構造物への対応も容易



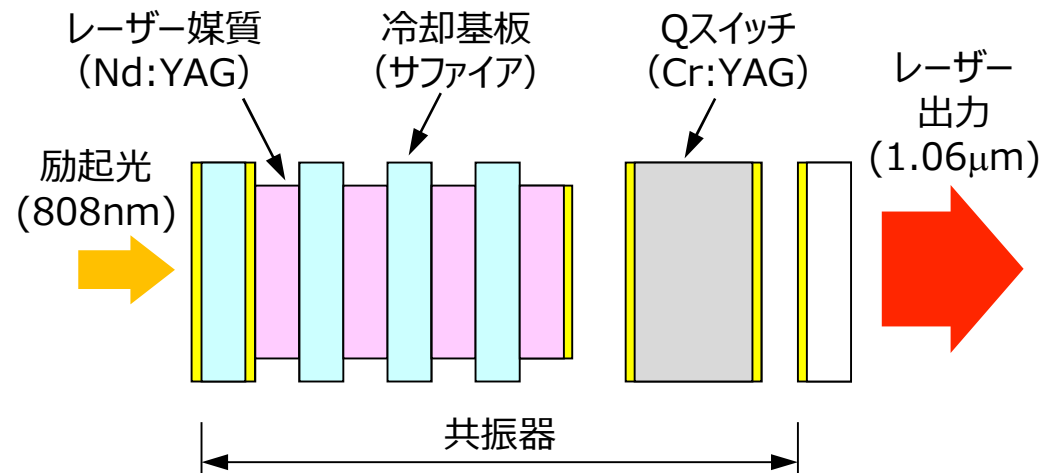
パルスレーザーによる伝送用光ファイバー端面の損傷

解決



小型集積レーザー (TILA) の特徴

- DFC構造による排熱促進で、小型・高出力・高ビーム品質が可能
- 小型・軽量・一体構造で部品点数が少ないため、安定で信頼性が高い
- 共振器長が短いため、サブナノ秒パルスが得られ、縦モードも安定



- ミラーやファイバーの損傷で、高出力パルスレーザーの伝送は困難
- 励起光を細いファイバーで伝送し、先端の小型集積レーザーを励起
- 複雑な伝送光学系が不要となり、信頼性向上・コスト低減が可能
- 大きな焦点裕度を得られ、複雑な構造物への対応も容易



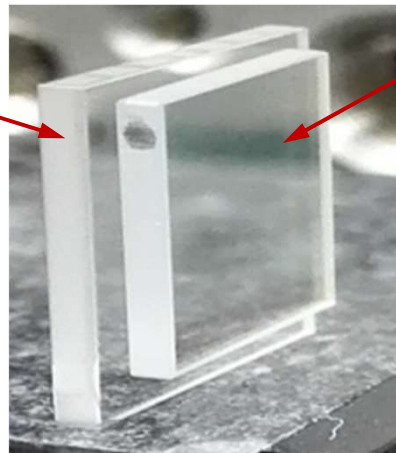
小型集積レーザーによる直接加工

レーザー媒質と透明冷却基板の常温接合

- 熱伝導率・熱膨張率が異なるNd:YAGとサファイアの**多層接合**に世界で初めて成功
- 界面バッファー層／コーティング層の形成にも成功（応力緩和・反射ロス低減）

透明冷却基板
(10x10x1mm)

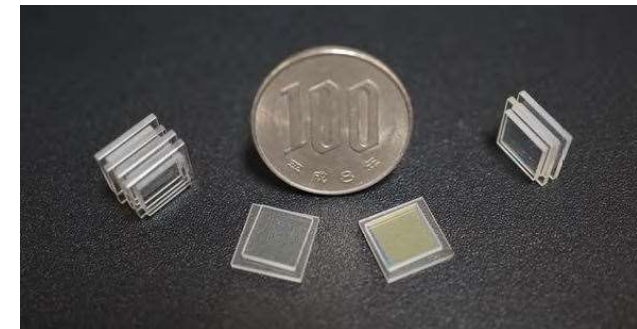
- ・ サファイア
- ・ YAG
- ・ ダイヤモンド



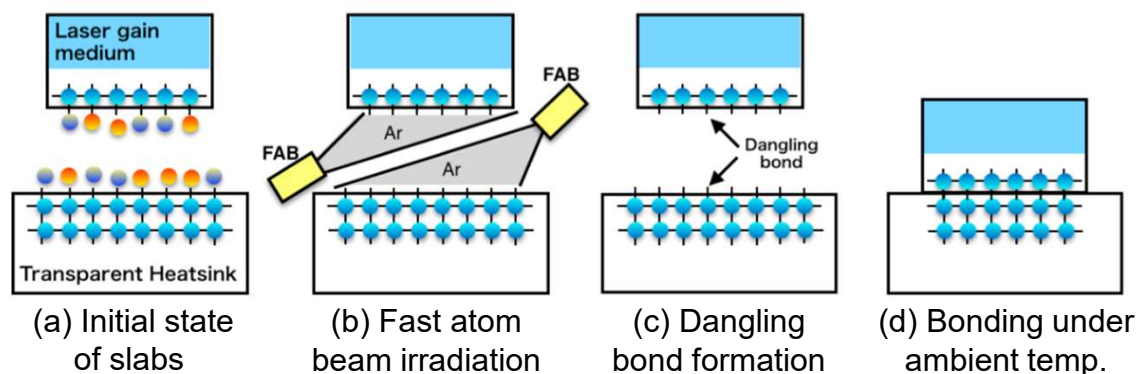
レーザー媒質
(8x8x1mm)

- ・ Nd:YAG
- ・ Yb:YAG
- ・ Cr:YAG

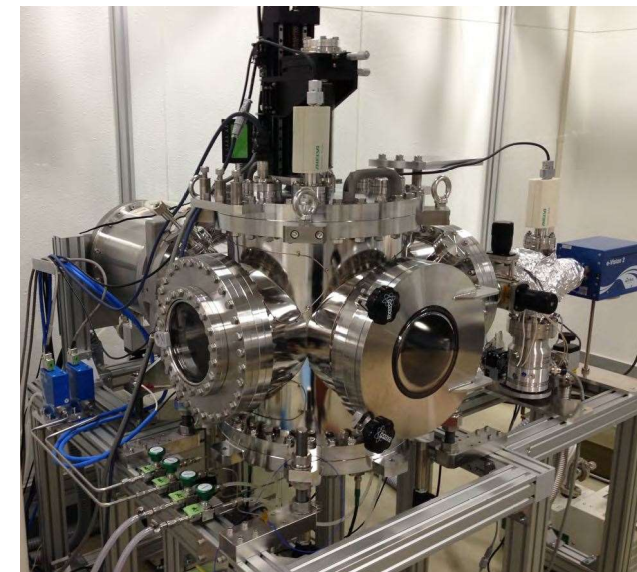
任意の結晶軸方
位で接合が可能



サファイアとNd:YAGの接合



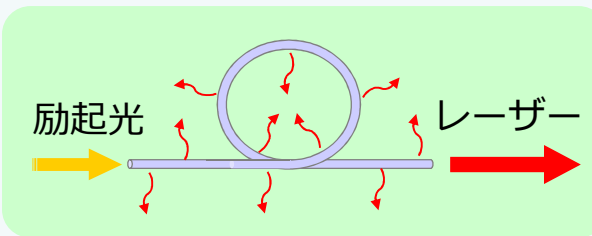
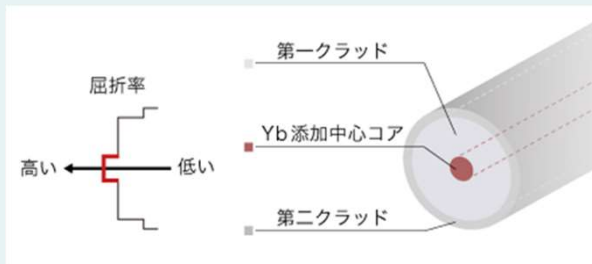
常温接合の基本工程



常温接合装置（分子研開発）

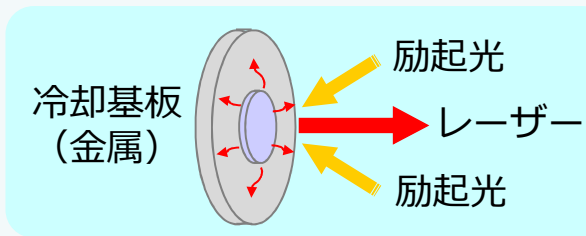
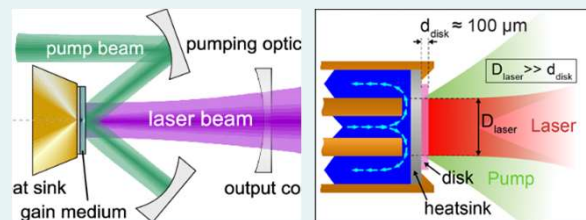
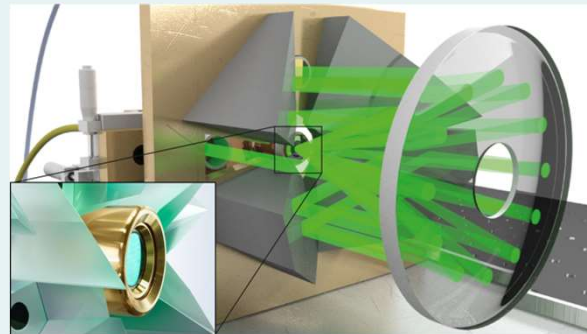
ファイバー／ディスクレーザーとの比較

ファイバーレーザー



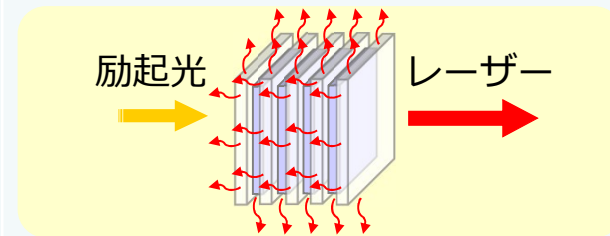
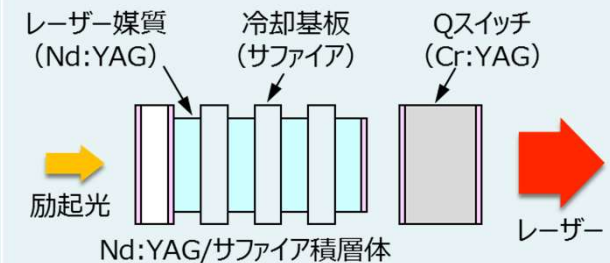
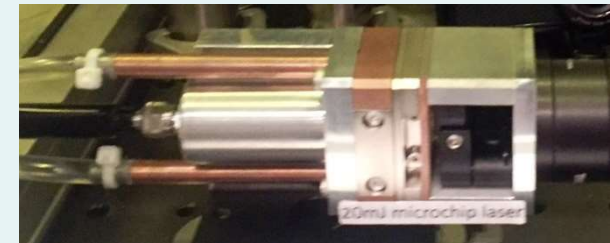
光学系の断面積が小さいため、高いピーク出力は不可。
(利得は高いが損傷に弱い)

ディスクレーザー



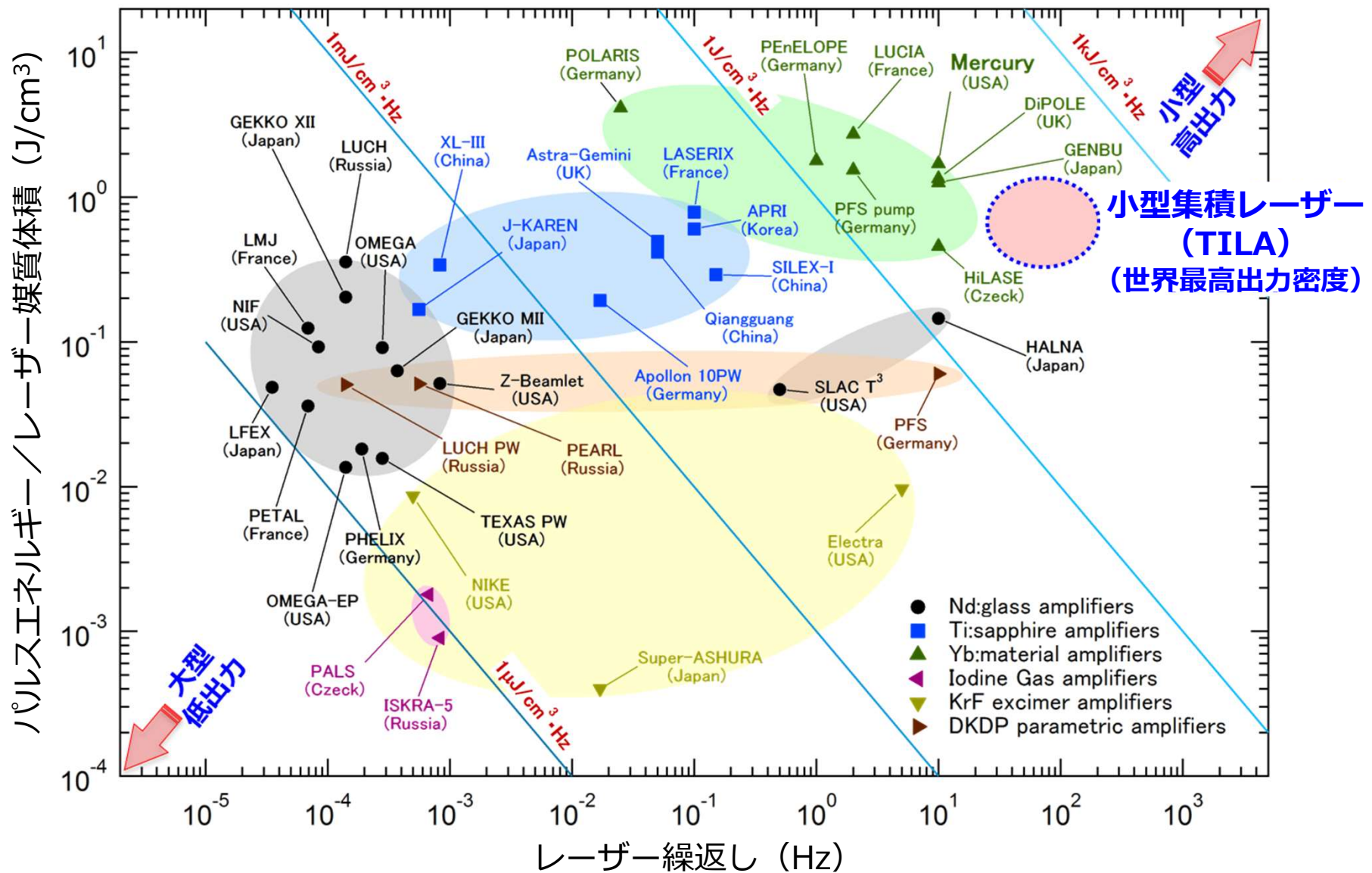
片側励起のため光学系が複雑。
寄生発振が起きやすい。
(損傷に強いが利得が低い)

TILA



大断面積で高ピーク出力が可能。
多層化で高利得化が容易。
(損傷に強く利得が高い)

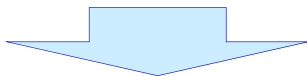
パルスレーザーのベンチマーク



TILAの応用：皮膚疾患（あざ・シミ）治療

- あざ・シミを除去するレーザー治療器は高額で、患者の費用負担が大きい
- ナノと比べてサブナノは治療効果大、皮膚負担小とされ、海外で製品化
- 安価で小型の国産治療器を開発し、**患者の負担を軽減**（市場：50億円）

レーザー治療の例

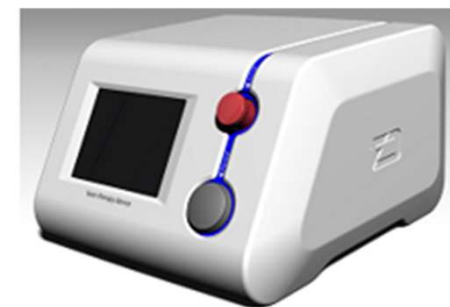


既存製品の例



- ・ 海外製
- ・ 高額（1~2千万円）
- ・ 大型
- ・ 移動すると光学系の再調整が必要

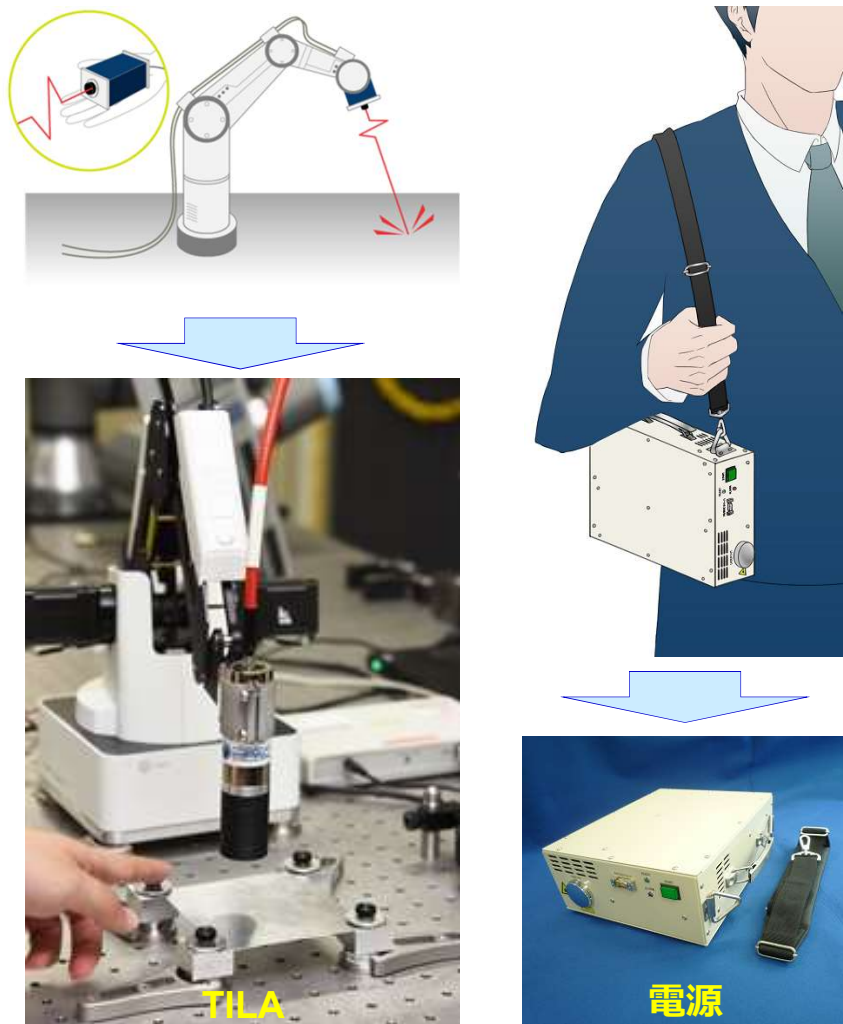
製品イメージ
(株) ユニタック



- ・ サブナノで負担小
- ・ 安価（数百万円）
- ・ 小型で移動可能

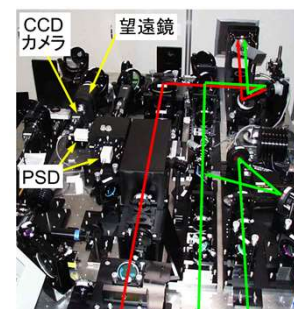
TILAの応用：インフラ点検・保守のイメージ

TILA（小型集積レーザー）の概念

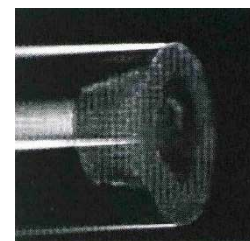


レーザーピーニングによる予防保全

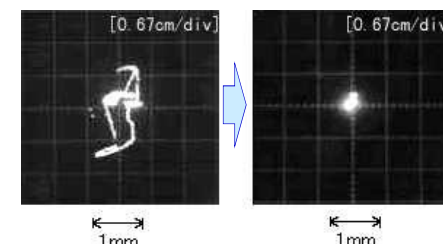
- 水中の原子炉構造物にパルスレーザーを照射して応力腐食割れを防ぐ
- 50m先で0.1mmの精度
- 床の振動、空気や水の揺らぎを補償



照射位置の揺らぎをフィードバック制御

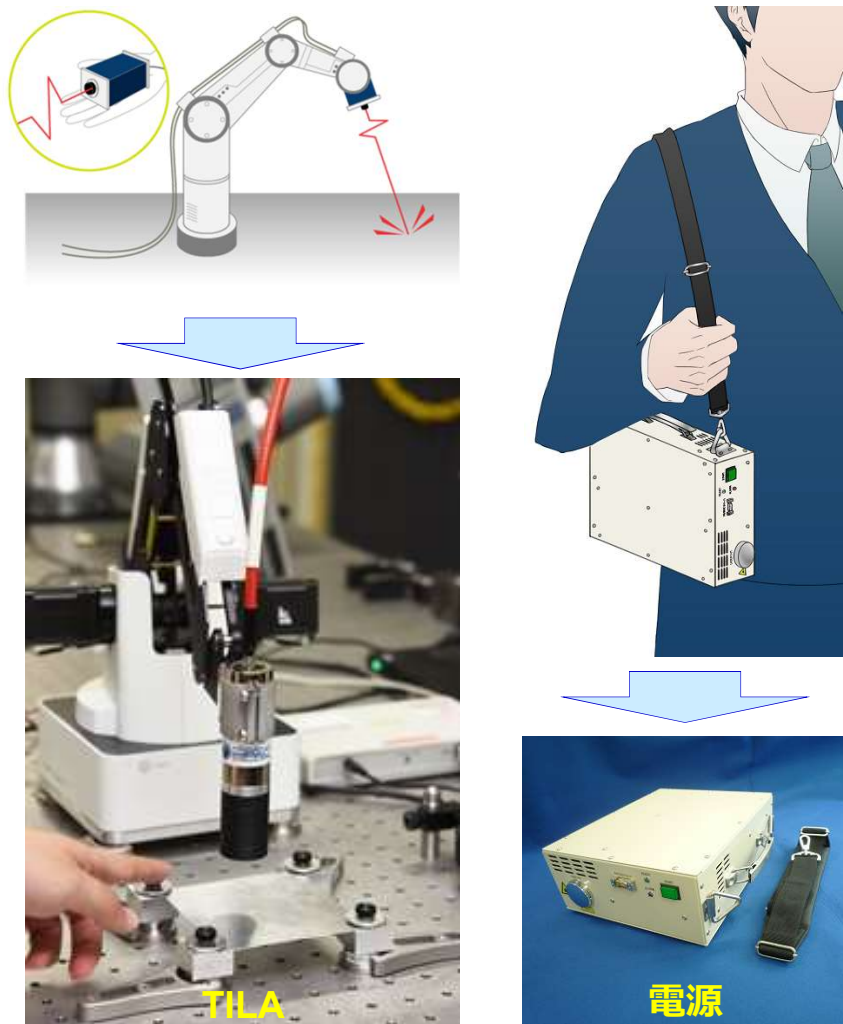


パルスレーザーによる
ファイバー端面の損傷

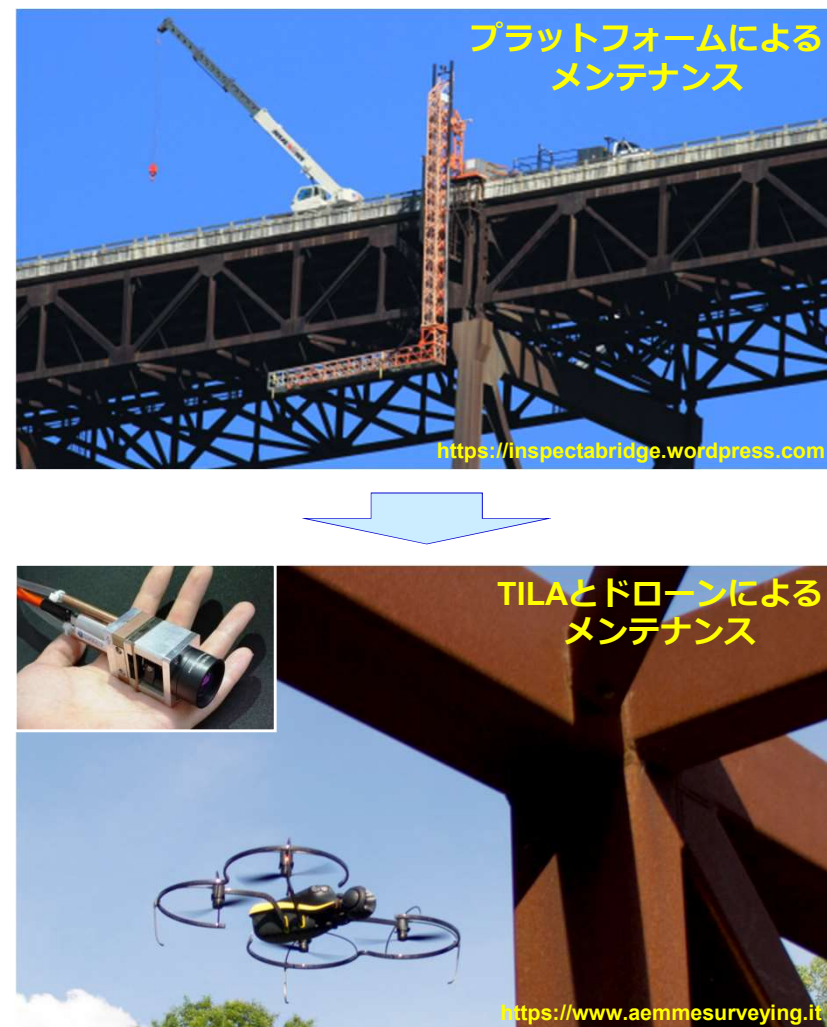


TILAの応用：インフラ点検・保守のイメージ

TILA（小型集積レーザー）の概念



インフラ（橋梁）のメンテナンス

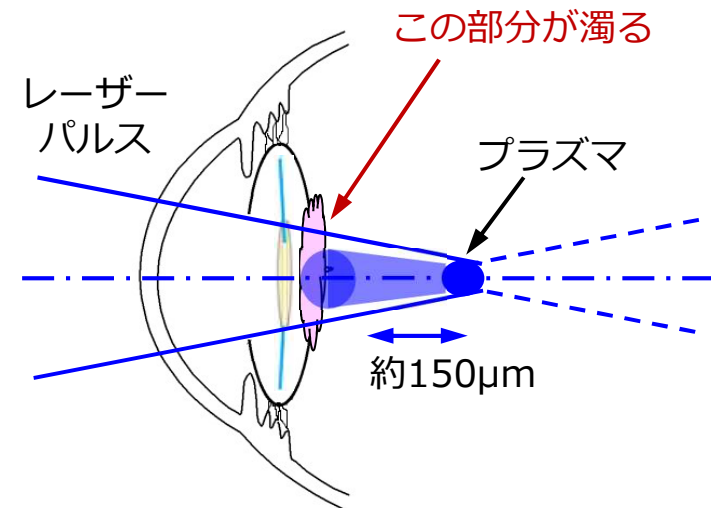


TILAコンソーシアムのコンセプト・狙い

- 分子研の**シーズ**を、コンソーシアム会員企業の**ニーズ・技術・経験知**に基づき、組織的に展開
- TILAとその要素技術に関する基盤技術開発、応用技術開発、システム化を会員と推進
⇒ **キラーアプリ**創出 ⇒ 市場展開、イノベーション
- 「**産**」「**学**」「**官**」「**金**」の役割分担、外部との協力
- 会員間の交流・情報交換（**オープン**）を進めるとともに、共同研究や知財ライセンスの供与（**クローズ**）を行う
⇒ 新技術・市場の創出、地域社会への貢献
- **人材の育成**（社会人の受入・再教育）、**流動化**の促進

具体例：緑内障・後発白内障のレーザー治療

- **眼科向けレーザー手術装置**：現行のラン
プ励起ナノ秒レーザーを小型サブナノ秒
レーザー（分子研／ニデック開発）で置
換え、**低侵襲・高精度・高機能**を実現
- パルス幅が短いため手術に**必要なエネル
ギーが低く**、高精度な手術が可能
- **シングル縦モードによりプラズマが安定**
- 眼底等にダメージを与える可能性を低減
- 高繰返し化（3Hz ⇒ 20Hz）により手術
時間を短縮、医師・患者の負担を軽減
- 手術装置の小型・低価格化が可能
- 世界市場：3,600台/年、140億円



後発白内障のレーザー治療

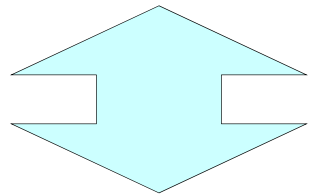
田野著「眼科レーザー治療」文光堂（2009）に加筆



レーザー手術装置（ニデック現行品）

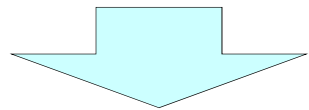
具体例：緑内障・後発白内障のレーザー治療

分子研のシーズ

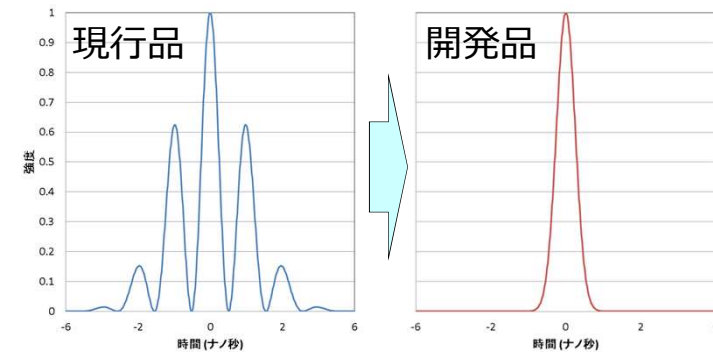


ニデック殿のニーズ

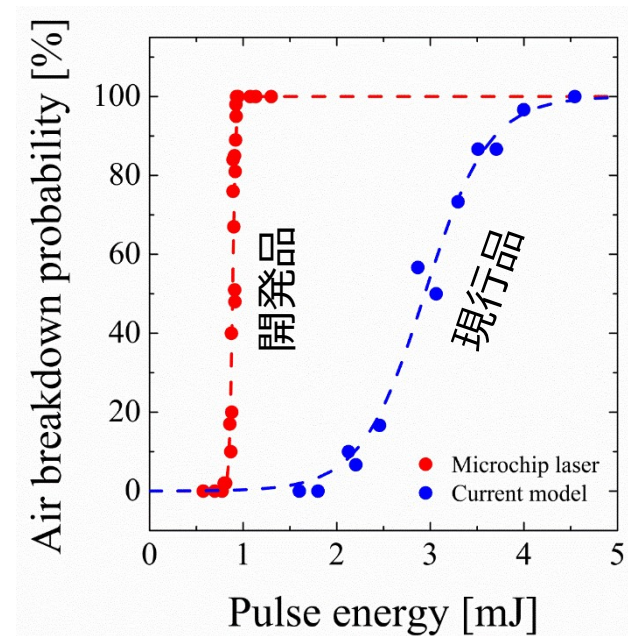
高い**技術・経験知・人材**を備えた企業との連携による短期間での成果



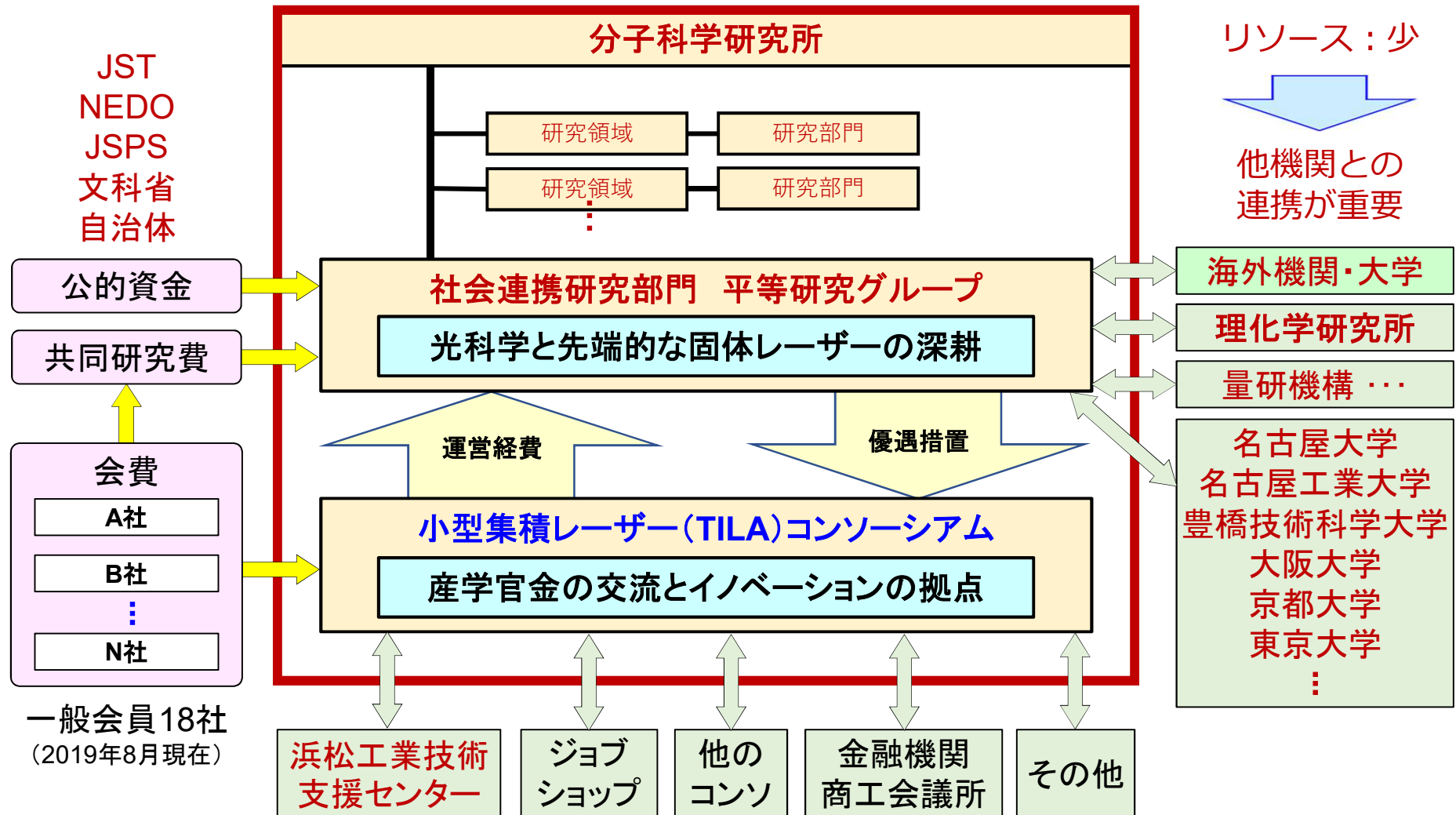
コンソーシアムで**組織的に推進**



レーザーパルスの時間波形



TILAコンソーシアムの構成



TILAコンソーシアム発足式

2019年6月19日
岡崎コンファレンスセンター



出席者：文科省、JST、NEDO、愛知県、岡崎市、名古屋市、幸田町、大学、研究所、企業、岡崎商工会議所、岡崎信用金庫、他

TILAコンソーシアムの会員構成

- **一般会員（入会順）** …… 株式会社ユニタック 2019年8月現在

santec株式会社
株式会社ニデック
株式会社オプトクエスト
三菱電機株式会社
株式会社デンソー

パナソニックプロダクションエンジニアリング株式会社

- **特徴**

- ✓ 優れた学術 + 豊富な経験知
- ✓ 多様な会員：業種、分野、企業規模

株式会社コンポン研究所
株式会社豊田中央研究所
株式会社三琇プレシジョン
東海光学株式会社
株式会社IHI

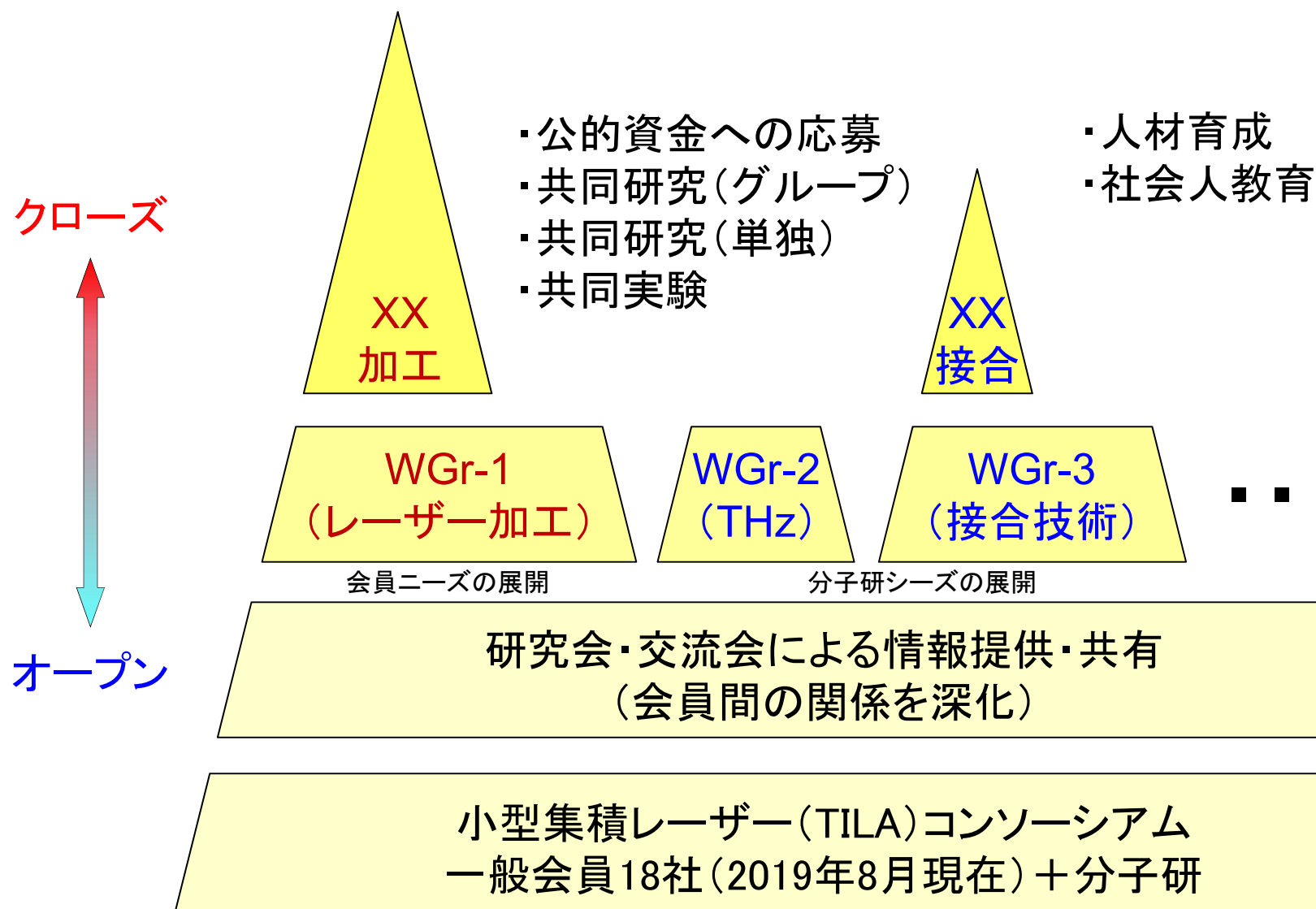
浜松ホトニクス株式会社
株式会社日本レーザー
株式会社レーザーシステム
岡崎信用金庫
株式会社村田製作所
株式会社ハナムラオプティクス

- **会員サービス**

- ✓ 知財に関する優遇
- ✓ 実験室・装置の利用
- ✓ 技術相談
- ✓ 研究会、WG活動
- ✓ 研究員（社会人）の受入・再教育

- **幹事会員** …… 分子科学研究所

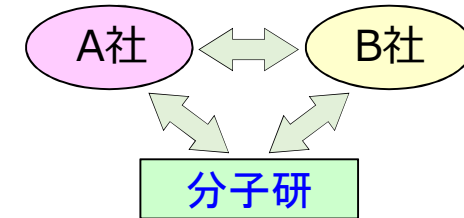
TILAコンソーシアムの活動イメージ



ワーキンググループ活動（クローズ）への展開

- バイラテラルの利点を生かしつつ、マルチラテラルな関係を狙う

- 情報提供 ⇒ 目標を定めた具体的なWG活動

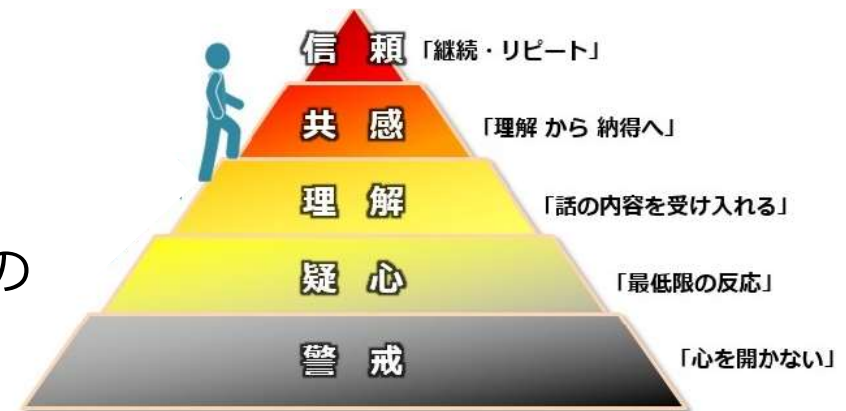


- 分子研の持つ優れた学理・技術シーズの展開

- ・ 常温接合（DFC）
- ・ 小型集積レーザー（TILA）
- ・ パルス幅可変レーザー
- ・ 波長変換、THz発生・応用
- ・ セラミックスレーザー媒質

- 高い技術・豊富な経験知を持つ会員のニーズに対応したソリューション

- ・ レーザー加工（製造）
- ・ 計測、セキュリティー
- ・ ヘルスケア、医療応用

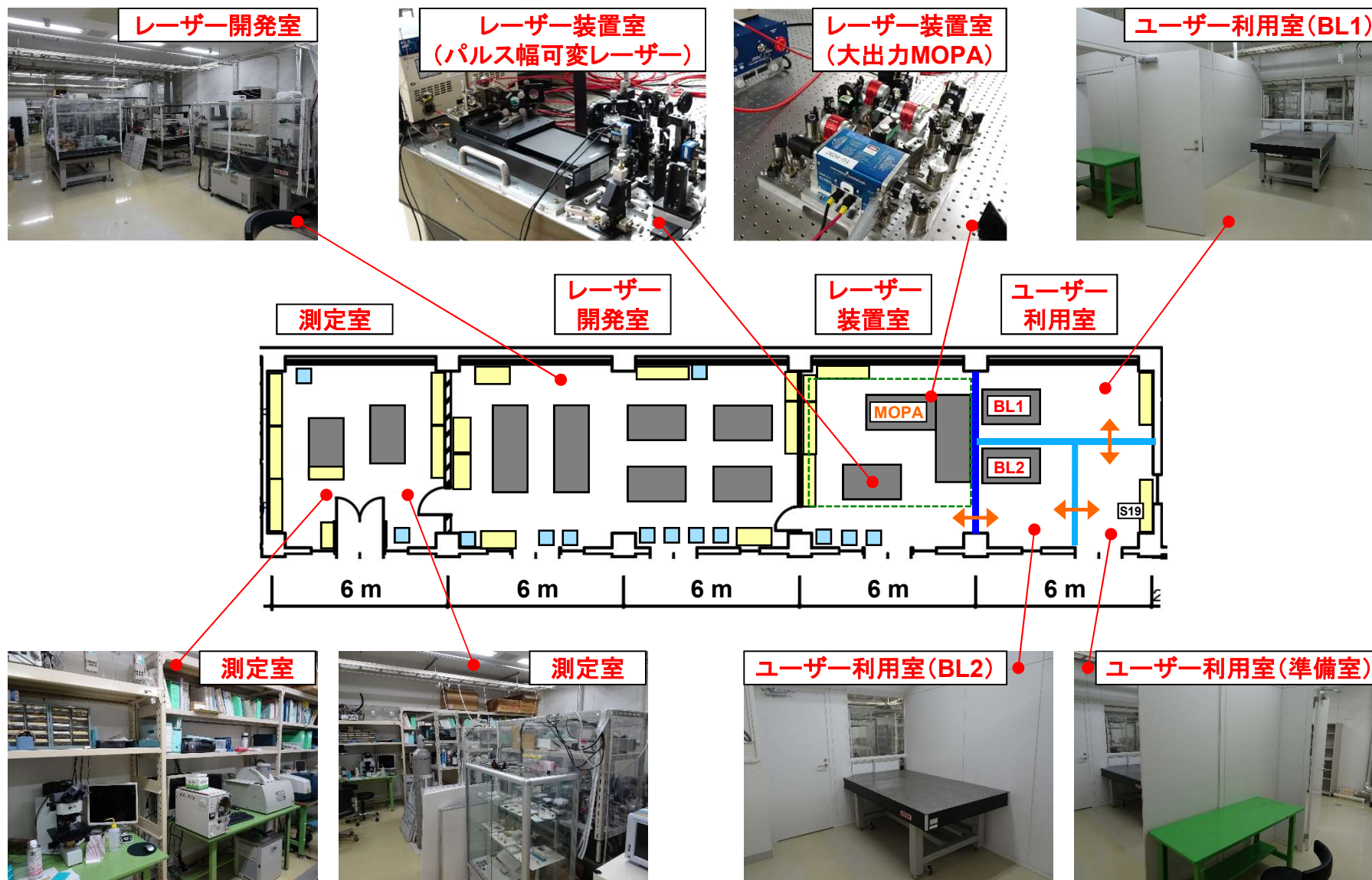


信頼関係の構築

<https://labo.nikkeihr.co.jp/>

- 高い技術・信頼関係に裏打ちされた持続可能な関係の構築を目指す

TILAプラットフォームの整備状況



今後の展開：最先端科学と産業応用

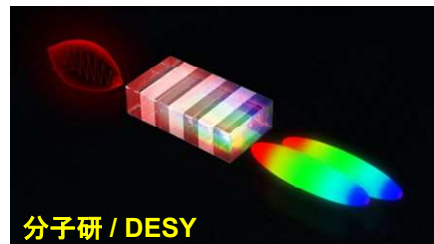
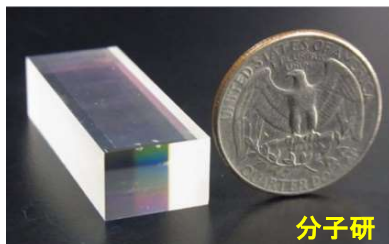
- 施設・プラットフォームのネットワーク化（連携）
 - ✓ 大規模（高強度）： ELI、NIF、LMJ …
 - ✓ 中規模： QST関西研、阪大 …
 - ✓ 小規模： 大学、研究所、公設試、ジョブショップ、メーカー } 最先端科学
- 小型集積レーザー（**TILA**）の展開
 - ✓ 産業展開： 低価格化・ロバスト化の推進
 - ✓ 最先端科学： 高出力化（アレイ化 cf. ICAN）
モジュール化 ⇒ 産業展開
- 「産」「学」「官」「金」との役割分担（地域振興の視点）
 - ✓ 「金」： 市場調査・開拓、企業支援（キャッシュフロー改善）
 - ✓ 地域連携（vs. VC）： 岡崎信用金庫、岡崎商工会議所との協業
- 最大の課題： **人材不足**・低い流動性（研究員、PM、URA、知財、企業）
⇒ 最先端科学の魅力（学生、企業）、強い産業の魅力
- 国の支援： ①**最先端科学**に手厚く（TDEによる底辺拡大・レベルアップ）
②**分野や組織の枠を超えた協業**による学理追及・新技術創出
③日本が強く産業人口も多い素材・材料・プロセス・加工など
⇒ 放射光・中性子・レーザーなどの研究基盤施設の計画的な高度化



<https://cerncourier.com/a/can-fibre-be-the-future-of-high-energy-physics/>

分野・組織を超えた協業：THzの発生と応用

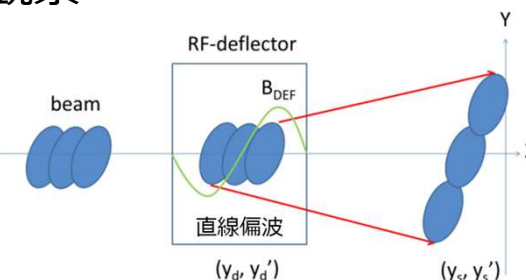
■ 強力THz発生（シーズ：分子研）



疑似位相整合素子（QPM）による高強度THz発生

■ 電子バンチの観察

RFディフレクター
による電子バンチ
観察（ $\sim 10\text{fs}$ ）

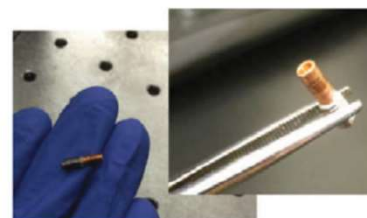


■ THzディフレクター による電子バンチの 観察（ $< \text{fs}$ ）

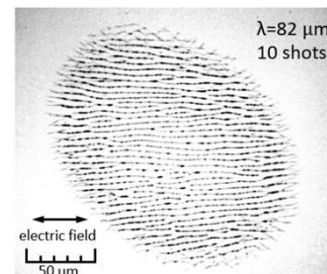
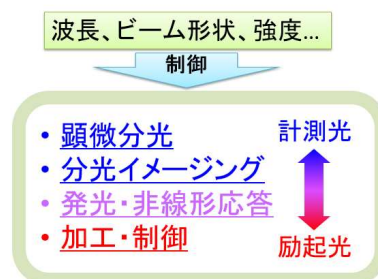
■ THz加速空洞による 電子バンチ圧縮



■ THz電子加速（ $\sim 300\text{MV/m}$ ）



■ 遠赤外・THz波FELと材料との相互作用研究



半導体の微細加工



半導体のTHz誘起発光

ご清聴ありがとうございました