

# 大強度光・量子ビームの産業化と新たな学術利用に向けた技術および国際動向調査研究

Research about the technology and international trend for Industrialization and academic use on the high intense quantum beam

## 目的 Purpose

- 大電流超伝導加速器による大強度光・量子ビームが拓くであろう次世代半導体露光技術で必要とされる大強度EUV-FEL光源等のような新たな産業応用に関する調査研究を行う。また、上記のような大強度光・量子ビームによる学術利用の展開に関する調査研究を行い、産業・学術の両面から大強度光・量子ビームの有用性を明らかにする。
- We conduct the survey and research on the new industrial applications including a high intensity EUV FEL light source based on high intense quantum beams which are produced by the high current superconducting accelerator technologies, and also the academic utilization based on the quantum beam and clarify the usefulness from both industrial and academic points of view.

## 概要 Outline

- 本かけはしの助成をベースにEUV-FEL光源の産業界における要求を調査し、特に重要課題である光源の小型化に関する技術検討を行った。また、実現に向けて段階的な開発工程の構築を検討し、関係機関との連携構築を行った。一方、本光源は高繰り返しの大強度FEL光源であり、その光源を利用した学術応用の可能性を検討した。それらの検討結果は12月のEUV-FELワークショップで報告されると同時に議論を行っている。また、別の超伝導加速器の産業応用として高精細医学イメージング装置に関する検討も、筑波大学医学医療系の関係者に行った。

## 半導体リソグラフィ微細化の現状と課題

**[背景]**  
IoT等のICT技術の活用には、更なる微細化による情報処理デバイスの飛躍的な性能向上が不可欠である。レーザープラズマ(LPP)光源を用いたEUV露光技術が開発され、今年から量産化が開始予定。

**[課題]**  
今後のデバイスの微細化には、10kW級の光源出力が必要である。現在のLPP光源技術の延長では実現困難であり、新しい大強度EUV光源技術が求められ、その有力候補としてエネルギー回収型ライナックをベースにしたEUV-FELが想定される(図1)。  
調査の結果、エンドユーザーからの要望はその加速器システムのダウンサイズにあることが判明した。また、確実に開発できる体制作りも重要である。

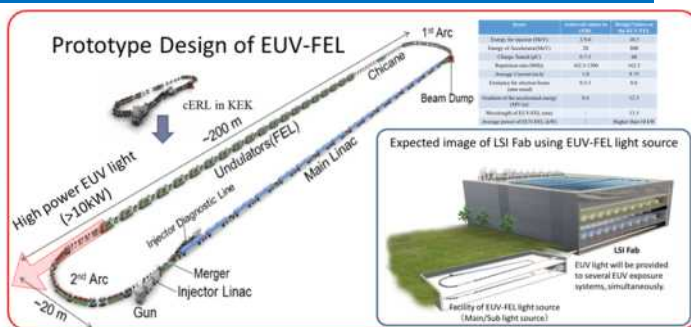


図1 10kWクラスのEUV-FEL光源とその産業化

## 光源の小型化と段階的な開発工程の検討

### [光源の小型化]

- 超伝導加速空洞の高加速勾配化( $E_{acc}$ )  
冷却負荷 $\propto E_{acc}^2/Q \Rightarrow$  **High Q開発**

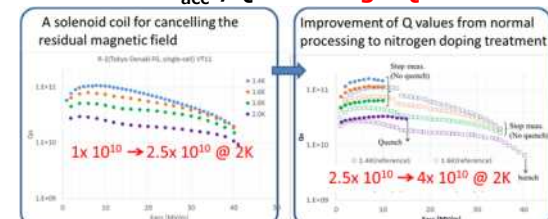


図2 超伝導空洞の残留磁場の除去と窒素ドーピングにより High Q化の開発を進めている

- 複数回加速もしくは加速器の折りたたみ

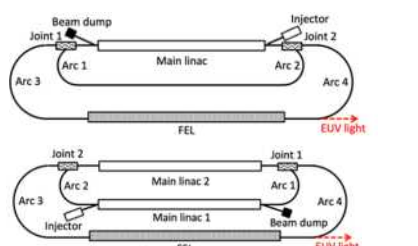


図3 複数回加速もしくは加速器の折りたたみによる小型化の検討例

### [段階的な開発計画の提案]

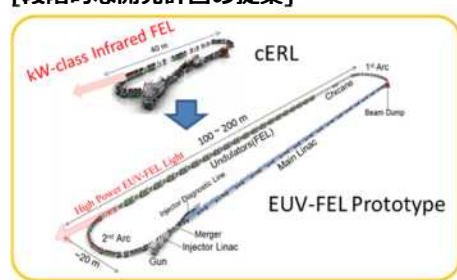


図4 既存のcERLを用いてkWクラスの近赤外FELを実証し、加速器技術を検証後、EUV-FELに移行

## 第2回EUV-FELワークショップの開催

12月12日: 中央大学駿河台記念館(御茶ノ水)で開催  
 ・ 100名を超える参加者(70%が企業からの参加者)  
 ・ ASML, SACLA, QST, KEK のInternational な体制へ一歩  
 (Lerchel氏 ASML) (石川氏 SACLA) (錦野氏 QST)



## 今後の展望と課題

- 段階的な開発計画の実現  $\Rightarrow$  予算当局への働きかけ
- 光源小型化に向けた着実な開発  $\Rightarrow$  開発費の確保
- 学術応用をより精鋭化  $\Rightarrow$  研究会、ワークショップの開催と啓蒙活動
- 国際的な産業界への働きかけ  $\Rightarrow$  関係国際会議への参加と第3回EUV-FELワークショップの開催
- 他の産業応用への働きかけと開発

高エネルギー加速器研究機構  
 超伝導加速器利用推進チーム  
 河田 洋  
 Hiroshi.kawata@kek.jp

