

京都大学中赤外自由電子レーザーの発振波長限界と共振器損失の波長依存性

Wavelength Limit and Optical Loss Dependence on the Lasing Wavelength

of Kyoto University Mid-Infrared Free Electron Laser

*全 炳俊¹, 紀井 俊輝¹, 大垣 英明¹

¹京都大学エネルギー理工学研究所

京大エネ研では中赤外自由電子レーザー KU-FEL を開発してきた。本装置の長波長側の発振波長は 23 μm に限られており、その原因は明らかとなっていない。その理由の調査の一環として、各波長での光共振器損失の測定を行った。その結果、15 μm よりも長い波長では予期せぬ光共振器損失の増大が観測された。

キーワード：赤外自由電子レーザー

1. 緒言

我々の研究グループではエネルギー関連研究への応用を目指し、小型中赤外自由電子レーザー(KU-FEL)の開発を行い、波長 3.6~23 μm において発振に成功している。短波長側の発振波長限界は電子ビームエネルギーとアンジュレータの性能によって決まっている。長波長側は電子ビームエネルギーを下げれば原理的に発振波長を長くする事が可能である為、これまでに何度か電子ビームエネルギーを 18~19 MeV に下げ、24 μm での発振に挑戦したが発振を確認する事ができなかった。光共振器損失が長波長側で非常に大きくなっている事が予測されるが、これまでは 12 μm 程度までしか感度の無い高速 HgCdZnTe 検出器を FEL 波形測定に用いてきた為、長波長領域での共振器損失の評価が出来なかった。そこで、長波長領域でも使用可能な高速焦電検出器を導入し、長波長領域での共振器損失の測定を行った。

2. 測定セットアップと結果

検出器には窓無し高速焦電検出器(ELTEC, Model 420)を用いて測定した。波長 23 μm 、19.5 μm での典型的な FEL マクロパルス信号波形を図 1 に示す。立下りスロープから光共振器損失を評価した所、それぞれ 8%、6% という値であった。更に広範囲の波長領域について同様の測定を繰り返し、得られた光共振器損失の波長依存性をシミュレーションにより得られた結果とともに図 2 に示す。波長 15 μm 以下の領域においてはシミュレーション結果と実測結果が良く一致したが、波長 15 μm 以上の領域ではシミュレーション結果を大きく上回る共振器損失が観測された。これは真空ダクトの設置誤差に起因すると思われる。観測された共振器損失は 10% 以下であり、24 μm 以上の波長で発振不能な事を説明する為には、FEL 増幅率の低下や導波管モードの影響等も合わせて考える必要がある。

3. 結論

KU-FEL の長波長側発振波長限界の原因調査の一環として、高速焦電検出器を導入し、長波長領域での共振器損失測定を行った。結果として波長 15 μm 以上の領域で光共振器損失の増大が観測されたが、10%以下であった。24 μm 以上の波長で発振できない理由については他の要因も含めて更なる調査が必要である。

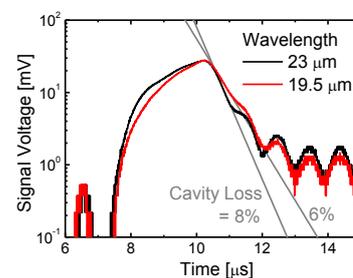


図 1：典型的な FEL マクロパルス信号波形測定結果

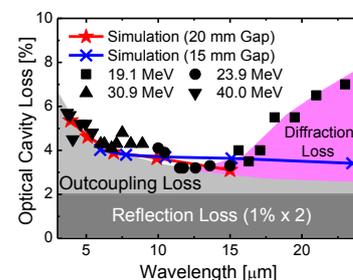


図 2：光共振器損失の波長依存性実測値とシミュレーション結果

*Heishun Zen¹, Toshiteru Kii¹ and Hideaki Ohgaki¹

¹Institute of Advanced Energy, Kyoto Univ.