

KEK-ATFにおける反射型干渉計による微小ビームサイズの測定

KEK 加速器 内藤 孝 PF 三橋 利行

放射光干渉計により微小ビームサイズを測定しようとするとき、その理論的な分解能は光の位相と光子数の間にある不確定関係によって制限される。しかしながら、一般に干渉計を用いた実験に見られるように、この理論的な限界よりも、干渉計の光学システムの機械的振動、分散や収差による干渉縞のコントラスト低下の影響の方が深刻である。このうち機械的な振動は干渉縞の測定時間を高速化することによりかなり軽減することが出来るが、干渉計の光学的な性能に起因する問題に関しては簡単には避けることが出来ない。特に、低いリング電流のもと、強度の弱い放射光を用いて測定する場合、ダブルスリットの開口を広げる、バンドパスフィルターのバンド幅を広げる等の措置を講じて実用的に強度不足を補う必要があるため、分散や収差の影響が大きくなる。これらの影響のうち、特に屈折干渉計における対物レンズの分散の影響は大きく、シミュレーションによる結果では使用波長 400nm でバンド幅を 2% から 16% 程度に広げると干渉縞のコントラストが空間周波数 89.7mm^{-1} において 11% ほど減少する。そこで我々は光学系を分散の影響のない反射光学系に置き換えた干渉計を設計した。ニュートン、カセグレン、ハシェール等の各形式の反射光学系を検討したが、ダブルスリットの間隔に制限が出来ない、副鏡を用いない軸はずしのハシェール式光学系を採用することにした。このような軸はずし系では軸をはずした方向にコマ収差を生ずるが、この面に垂直な面内にダブルスリットをおけば実用上、この収差によるコントラストの減少は無視できる。実際の干渉計の設計では 1、軸はずし角を小さくする 2、対物鏡の拡大率を大きくして、近軸に近い条件にする という方針の下に、対物鏡の焦点距離を 2m に設計した。この干渉計を用いて、ATF においてビームサイズを測定したところ、400nm の波長を用いていて $4.7\pm 0.5\mu\text{m}$ 結果を得た。従来の屈折光学系による干渉計での測定では $7\mu\text{m}$ 程度が測定限界であった。今回得られたビームサイズの測定結果から得られた縦方向のエミッタンスは 9.7pmrad である。