Osaka University Knowledge Archive

Title	小型電子蓄積リングの開発ならびに低エネルギー入射蓄積実験に関する研究
Author(s)	高田, 博史
Citation	大阪大学, 1989, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2398
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

【46】

氏名・(本籍)	高田博史（たかだ ひろし）
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 8808 号
学位授与の日付	平成元年8月4日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	**小型電子蓄積リングの開発ならびに低エネルギー入射蓄積実験に関する研究**
論文審査委員	(主査) 教授 中井 貞雄 (副査) 教授 横山 昌弘　教授 渡辺 健二　教授 三宅 正宣 教授 池上 栄胤　教授 井澤 靖和　教授 石村 勉 教授 権田 俊一　教授 三間 圀興

論文内容の要旨

本論文はシンクロトロン放射（SR）光源としての小型電子蓄積リングの開発と，低エネルギー入射蓄積実験に関する研究成果をまとめたもので，6章からなっている。

第1章は緒論であり，SR光源の小型化の必要性とその方法について述べるとともに，解決すべき課題を指摘し，本論文の意義を明確にしている。

第2章では，X線リソグラフィ光源に要請される小型電子蓄積リングのパラメータを明らかにし，それに基づく低エネルギー入射小型リングの特徴を出すための設計方針を示している。更に開発したリングを構成する電磁石系，入射系，高周波加速系，真空系，およびトランスポート系の設計とそれらの基礎特性を明らかにしている。

第3章では，低エネルギー蓄積ビームの診断法について述べている。ビームの発生する電場，磁場あるいはシンクロトロン放射を観測することにより，ビームの情報を得る種々の計測法について述べ，さらに小型電子蓄積リングのビーム診断に有効な計測法を開発し，構築した計測システムについて述べている。このシステムが，シンクロトロン放射を用いる場合，周囲からくる電気的ノイズの影響を受けにくくかつ計測系を設置するリング直線部の短縮を可能にし，小型化に寄与する有用な手法になり得ることを示している。

第4章では，低エネルギーの蓄積ビームの寿命を決める要因を明らかにしている。イオントラッピング現象を観測し，イオン除去のための直流クリアリングが，低エネルギービームであるほど有効に機能し，イオントラッピングが低エネルギー蓄積ビームの寿命を制限する要因とはならないことを示している。低エネルギーで重要なTouschek効果に関し，多重散乱よりもむしろ縦方向バンチ結合不安定性に

よりビームサイズが増大し，大電流が得られることを実験的に明らかにしている。また，高頻度入射に関し，従来入射頻度を決めるものと考えられていた放射減衰時間は制約を与えるものでないことを示している。

第5章では，X線リソグラフィにおける大面積露光のための電子波動特性を検討し，すべての偏光電磁石からのシンクロトロン放射を同じパターンで変化させるという同時照射の有効な手法を見い出し，実測結果が計算した波動特性と一致することを明らかにしている。

第6章は結論であり，以上の研究で得られた結果をまとめ本論文の総括としている。

論文の審査結果の要旨

本論文は，X線リソグラフィ光源としての小型電子蓄積リングの開発を行い，これに必要な低エネルギー入射蓄積実験により所定の設計性能を達成し，この過程により得られた物理的，技術的成果をとりまとめたものである。主な結果を列挙すると以下のとおりである。

(1) 低エネルギービーム入射による小型電子蓄積リングのトータルシステム設計を行い，これを構成するサブシステムである入射系，電磁石系，高周波加速系，真空系，ビームトランスポート系に要請される特性を実現するための設計手法を確立している。

(2) 電子蓄積リング内の蓄積ビームは設計閉軌道上を周回しなければならない。この制御のため高精度の蓄積ビームの診断が不可欠である。ビームが励起する電磁場を用いたビーム位置計測，蓄積電流計測，ＳＲ光を用いたビームプロファイル計測，バンチ長計測，ベータトロン振動計測，蓄積電流計測等の技術を低エネルギービームに適用し，その場合の精度評価，感度向上等を行い，トータルシステム動作の制御，確認の手法を確立している。

(3) 低エネルギーの蓄積ビームの寿命を制限する要因を理論及び実験により明らかにしている。まずイオントラッピング現象を観測し，イオン除去のための直流クリアリングが，低エネルギービームであるほど有効であり，寿命制限要因とはならないことを示した。低エネルギーで重要な Touschek 効果に関し，多重散乱よりもむしろ縦方向バンチ結合不安定性によりビームサイズが増大し，大電流が得られることを実験的に明らかにしている。

(4) 小型電子蓄積リングからのＳＲ光をリソグラフィに用いる上で，解決すべき重要な課題である大面積露光を実現するため，電子波動法の適用を検討し，これが一様で高分解能を保持した大面積露光のための実用的な技術であることを示している。

以上のように本研究により達成された小型電子蓄積リングの設計，性能評価，実用化への技術開発は，放射光の工学的応用の道を開くものであり，装置技術の確立とともに電磁エネルギー工学に寄与するところが大きい。よって本論文は，博士論文として価値あるものと認める。