

【 45 】

氏 名	北 村 英 男 きた むら ひで お
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 博 第 423 号
学位授与の日付	昭 和 52 年 1 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 第 一 専 攻
学位論文題目	光源専用電子ストレージリングにおける電子の蓄積法

論文調査委員 (主 査)
教授 中井祥夫 教授 端 恒夫 教授 田中茂利 教授 三宅弘三

論 文 内 容 の 要 旨

シンクロトロン軌道放射光 (SOR) よりも安定であり、かつ、より強い光源をえるために半径約 1.5m のドーナツ型リングに高速電子流を蓄積して、それから放出される放射光を極端紫外から軟X線に及ぶ領域での光物性研究用に利用する光源設備は、諸外国はもとより、我国に於いても数年来その建設の必要性が認識されていたが、申請論文はその設計開発、試作、運転実施に関する報告をその内容としている。これらの建設作業のなかでも、特に電子源から新設リング (ストレージリング) 中の軌道へ向っての電子ビームの転送に関係した装置部分の開発研究が申請論文の主体となっている。

既設の電子シンクロトロン (東京大学原子核研究所) より電子ビームを取り出すには、いわゆる“速い取り出し”を行う必要があり、とり出しのための磁場の立上り時間は、シンクロトロンにおける電子の回転周期に比して充分短かく設計することが要請されるのは勿論である。申請論文では単なるインダクタンスとして作用する長さ約 30cm の集中定数型マグネットを開発した結果、立上り50ナノ秒の平坦磁場(410 Gauss)の発生により、時間幅約70ナノ秒の電子ビーム列 [エネルギーは 300MeV] を効率よく取り出すことに成功した。

上記の電子ビームを新しいリングまで導いたのち、その軌道へうちこむ際には、時刻設定に高い精度が要求される。このような要求に対して、申請者の設計にかかるスイッチング素子においては50万回以上の動作についてその制御時刻を5ナノ秒という誤差以内の精度で設定できることが確認されている。この結果、既設の電子シンクロトロンから、新しいリングでの電子軌道上へ非常に効率よく電子ビームを転送することが可能になり、大電流の貯蔵を実現するという所期の目的に対して充分の性能をもった電子ビーム輸送系をととのえることができたわけである。

極端紫外領域から軟X線領域に及ぶ範囲で光物性研究に使用可能な光源としてのストレージリングにおいて、最も重要なパラメーターはリングに蓄積された電子流の大きさ及び貯蔵寿命の長さである。この場合、リング本体における良好な真空条件 (10^{-11} torr 以下) の達成されることが必要欠くべからざる条件の

一つであるが、申請論文作製時点でのそれらの値は、4mA で寿命約1時間、37mA では約10分となっている。この値は、光物性実験用光源として十分なものである。

大電流の蓄積という目的とは全く逆に、蓄積電流値を非常に小さく制限して、電子数にして数個のものに相当するような電流値にとどめた状態でも放射光の強度は慣用検出器によって容易に観測できる。この場合、放射線強度は約20分に1回程度の割合で、段階的に減少してゆく模様が明瞭に記録されている。このことは、リング軌道上で円運動をしている数個の電子群のうち、1個だけが残留気体原子との衝突等の原因によって、軌道から離脱するために、電流値の段階的減少、従って放射線強度の段階的減少がもたらされることを意味している。これによってリング軌道上の電子流につきその電流値の、より正確な値を知ることが可能になり、また、放射光強度と電流値の間になり立つ関数関係についても正確な係数を実験的に決定することができる。

論文審査の結果の要旨

高エネルギー物理学実験における電子加速装置として使用されていた電子シンクロトロンにおいて、それから放出される放射線は極端紫外線から軟X線におよぶ強い連続スペクトル光源として光物性分野での研究にとって極めて有効であるため、電子シンクロトロンによる光物性研究は、我国は勿論のこと諸外国においても過去10年以上にわたって精力的にとり組まれているが、同時に物性研究専用の光源として適当な軌道半径ないし電子エネルギーをもったより安定な貯蔵型の電子シンクロトロンを建設することは各国における緊急の課題であった。我国に於いても東京大学原子核研究所に設置されている電子シンクロトロンを電子源とした上で、その近傍に小型（半径約1.5m）のリングを設置し、300MeVの円型電子流を一定時間（約1時間）貯蔵させ、放出される軌道放射線を、専ら光物性研究に利用する目的で1972年頃より電子ストレージリングの建設が開始された。

申請論文は上記光源用電子ストレージリングの設計開発から運転に至るまでの建設報告であるが、電子ビーム転送系、電磁石系、高周波加速系、超高真空系、制御系等の各部分のうち、主として申請者によって分担された電子ビーム転送系の開発の詳細ならびに建設完了時における電子ビーム蓄積試験による性能の詳細に重点がおかれている。

ビーム転送系は既設の電子シンクロトロンから300MeVの電子ビームを取り出した後、方向転換のための直流電磁石系を経て、新設の小型リング内の円形軌道にうちこむまでの機能を有している。この際技術的に特に興味があるのは高圧、高速パルス磁場の発生を必要とする“取り出し”と“打ち込み”の部分である。申請者の開発にかかる速い立ち上りをもった矩形波磁場パルス回路は、回転周期116ナノ秒の既設シンクロトロンより、時間幅約70ナノ秒の電子ビーム列を取り出すことを可能にした。このようにしてとり出された電子ビームを新設のリング軌道へ導入する際には、入射のためのパルス周期について時刻設定の誤差が±5ナノ秒以下でないと良好な効率がえられないことが予想されたため、申請者は時間誤差±5ナノ秒以内で定常的に作動する大容量のスイッチング素子を設計、製作し、期待通りの成果を得ることができた。

ビームの蓄積試験はビーム転送系およびリング本体の総合的な試験を意味している。建設の第一段階終

了時点では、蓄積電子電流はわずか0.04mAの程度であったが、その後高周波加速系の改良やリング本体用電磁石の改良等によって37mA（貯蔵寿命は約10分）の値に達したわけである。この値は光物性測定実施の面からみても、十分な大きさではあるが、本体建設の全体計画として設定された電流値および貯蔵寿命の最終目標値はそれぞれ数10ミリアンペア及び1時間となっており、その達成には今後尚時間を要すると思われる。蓄積電流値が大きくなると寿命が短くなるのは、シンクロトロン放射光による脱ガス現象の結果ストレージリング真空槽内の真空度が一時的に悪化するためと考えられる。この脱ガス現象は、ストレージリングの運転を重ねると共にすみやかに減少するものと思われるので、最終目標値が今後さしたる困難もなく達成されることは确实といってよい。

他方、運転試験に際してえられた、数個の電子群による放射線強度の階段的減少は、非常に興味深いデータである。その基本的な意義は勿論のこと、シンクロトロン放射線に関するパラメーター決定の面からも、また、シンクロトロン放射線を一次標準光源とする意味での極紫外から軟X線に至る領域での測光法の確立を促進する点で大きな意義を有するものといえることができる。

以上述べた如く申請者の主論文における研究は、未開拓であった波長領域での光物性研究用光源の開発に関して、電子ビーム転送という前例のない機能を実現するために独自の設計に基づいて得られたパルス磁場を駆使することにより、建設作業の重要な部分につき充分の責を果し得たものであるといえることができ、これにより高エネルギー光物性の分野の今後の発展に寄与するところは少なくないといえる。

参考論文(1)は氷の真空紫外吸収スペクトルを、既存の電子シンクロトロンよりの放射光により測定したもの、(2)は主論文の基本となる全体報告であり、いずれも申請者がシンクロトロン光物性の分野に於ける知識と充分な研究能力を有していることを示している。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。