

氏 名 Aryshev Alexander

学位（専攻分野） 博士（理学）

学位記番号 総研大甲第 1091 号

学位授与の日付 平成 19 年 9 月 28 日

学位授与の要件 高エネルギー加速器科学研究科 加速器科学専攻  
学位規則第 6 条第 1 項該当

学位論文題目 **Development of a Fast Microwave Detection System and  
its Application to CSR Measurements**

論文審査委員 主 査 教授 鎌田 進  
教授 小磯 晴代  
准教授 早野 仁司  
准教授 増澤 美佳  
客員教授 平松 成範  
教授 浦川 順治  
教授 鷺尾 方一（早稲田大学）

## 論文内容の要旨

Diagnostics measuring very short electron beam and its periodic modulations will be necessary for future accelerators. Up to this point, there have been reliable tools used for such longitudinal beam parameters monitoring. However, the limits of resolution in these devices are being approached and new and less expensive methods are needed.

This thesis presents a fast room-temperature microwave detection system based on the Schottky Barrier-diode detector which was created at the KEK ATF (Accelerator Test Facility). It was tested using Coherent Synchrotron Radiation generated by the 1.28 GeV electron beam in the damping ring. Also a general survey of the present status of the types of incoherent and coherent microwave detectors that could be useful in science applications was done.

The theoretical estimations include: calculation of the Coherent Synchrotron Radiation power yield from an edge of bending magnet for real experimental conditions, reflection coefficient for ceramic window as a dependence of frequency of incoming microwave radiation, also a new beam injection tuning method was proposed.

A very high sensitivity of Coherent Synchrotron Radiation power yield to the longitudinal electron distribution in a bunch was shown. This could be a crucial factor for monitoring a change of electron's density in a bunch in comparison with present methods.

The speed performance of the detection system was confirmed by observation of Coherent Synchrotron Radiation from a multi-bunch (2.8 ns time separation) beam. We could easily separate pulses of Coherent Synchrotron Radiation produced by a multi-bunch beam. This fact opens an opportunity to apply this system at very high repetition rate machines.

By this work a possibility to use state-of-the-art and easy-to-use Schottky Barrier-diode detectors instead of the most common microwave receivers such as bolometers, heterodyne receivers and pyroelectric detectors in most scientific applications was confirmed .

## 論文の審査結果の要旨

Aryshev Alexander氏の学位論文は、高速マイクロ波検出システムの開発およびそのコヒーレント放射測定への応用に関する研究である。コヒーレント放射の強度は非コヒーレント放射に比べ非常に大きく、かつ放射がコヒーレントになる条件はその波長域でのビームバンチ構造に強く依存している。それ故、既存および新設の加速器に、ビームバンチ長領域で高い時間分解能を有するマイクロ波検出器を設置すれば、ビームバンチ構造に関する情報を通じて、新しいビーム診断やフィードバック方式の開発に繋がると期待されている。

Aryshev氏は、多くのマイクロ波検出方式を比較検討の上、この目的に最適な検出方式としてショットキーバリアダイオード検出器（SBD）を選択、SBDを使ったマイクロ波検出システムを製作し、高エネルギー加速器研究機構のATFダンピングリング長直線部下流部に設置した。さらにこれを用いて、ATFダンピングリングへの入射ビームについてコヒーレント放射測定実験を行い、その結果について考察している。

全5章から構成された論文は、第1章は、コヒーレント放射の基礎とマイクロ波検出方式のレビューおよび選択、第2章は、シンクロトロン放射や航跡場などのマイクロ波放射源、第3章は、ATFダンピングリングへの検出システム実装、第4章は、ATF入射ビームを使ったコヒーレント放射の測定、そして第5章は、総合的議論、に充てられている。

ATF入射ビームを使った測定結果の概略は、次の様であった。（1）ビーム強度のほぼ2乗に比例するマイクロ波強度が得られ、コヒーレント放射特性が確認された。

（2）観測されたコヒーレント放射は水平偏光成分が主である。（3）入射ビーム、1ターン後ビーム、2ターン後ビームに対応するコヒーレント放射を、完全に分離して測定できた。ここで、周回毎にビーム強度はほとんど変わらないにも拘わらず、コヒーレント放射の強度が周回毎に大きく変化し、その振る舞いが、光カソード電子銃への線形加速器RF位相に対するレーザー光照射タイミングに、依存する事が認められた。

（4）多バンチモード時の測定では、少量の信号ビルドアップが見られるが、バンチ毎のコヒーレント放射がおおむね分離して測定された。ここで、入射ビームと1ターン後ビームとのコヒーレント放射強度比が、バンチトレイン内の前後位置に依存する傾向が認められた。

以上のように、高い時間分解能でコヒーレント放射を検出するシステムが完成され、また既にそこから興味深い測定結果が得られている。測定結果の解釈の一部にはビーム物理的に未解明の部分を残しているが、その理由の一端には、（1）放射源として偏向磁石シンクロトロン放射、エッジ放射、航跡場が混在すること、（2）マイクロ波伝搬に際して回折効果を考慮する必要があること、（3）入射ビームのバンチ構造に関する情報が不足していること、などが挙げられる。今後この観測結果を説明するビーム物理学的解釈に向け、理論考察や数値計算および実験観測において、精力的かつ慎重な検討が進むと期待される。

本研究は既に国内外のワークショップおよび学会で発表されており、さらに審査時において、Nuclear Inst. And Methods in Physics Research, Aへの論文掲載が決定している。審査員は、時間分解能の高いマイクロ波検出システムを完成させ、将来の加速器ビーム診断に新しい局面を開く本研究の価値を高く評価し、全員一致でAry shev Alexander氏の論文が博士の学位に値すると判断した。