

氏名(本籍)	小林鉄也(長野県)		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第2,085号		
学位授与年月日	平成11年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
学位論文題目	Frequency Dependent Effects of Lossy Dielectric and Magnetic Materials on Beam-Induced Wakefields (ビームが誘起するウエイクフィールドに対する多損失誘電・磁性物質の周波数依存効果)		
主査	筑波大学教授	Ph. D. (理学)	森茂樹
副査	筑波大学教授	Ph. D. (理学)	浅野侑三
副査	筑波大学教授	理学博士	工藤博
副査	高エネルギー加速器研究機構教授	理学博士	山崎良成
副査	高エネルギー加速器研究機構教授	理学博士	陳栄浩

論文の内容の要旨

本論文は、高エネルギー加速器において、ビームが加速空洞を通過する際に誘起するウエイクフィールドを計算する新しい計算コードの開発を目的としている。大電流を蓄積する高エネルギー加速器において、加速空洞とビームの相互作用によるビームの不安定性が重要な問題になる。現在、高エネルギー加速器研究機構で建設が進められている B-Factory の加速器のような、高ルミノシティ衝突リングでは、ビーム・バンチが加速空洞に誘起する高次の電磁場共振モードによる結合バンチ不安定性のため、バンチ振動が大きくなりビームが失われる可能性が高い。このような加速装置の設計では、計算機シミュレーションを用いて、ビームによるウエイクフィールドを計算して、加速空洞とビームとの相互作用を定量的に評価することが必要になる。しかし、従来のシミュレーションコードでは、誘電、磁性物質を含む空洞において、ウエイクフィールドに対するその物性値の周波数依存効果を含めた計算が確立されていない。本研究では、誘電、磁性体の周波数特性の効果を考慮に入れた時間領域電磁波シミュレーションコードの開発を主な目的としている。

本研究では、T. Weilandによって開発された時間領域によるウエイク・ポテンシャルの計算アルゴリズムに従い、加速空洞を微小なメッシュに区切り、有限差分法によって各メッシュに対してマクスウエル方程式を計算する。この方法で構造体をビームが通過する際の電磁場の時間ステップによる変化を求める。従来のシミュレーションコードでは、実数による数値計算のため、吸収体の物性値の周波数特性を入れることができなかった。本研究では、計算に誘電体、磁性体の物性値の周波数特性を、ラプラス変換によって時間領域の形にして導入する。ラプラス変換では、各ステップで過去から現在まで時間積分する必要があるが、時間応答が指数関数的になり、時間積分を漸次的に求めることが出来るので、大幅に計算時間が長くなることはなかった。

本研究を進めている段階で、独立に代表的なシミュレーションコードであるMAFIAが誘電率のみにデバイモデルを用いて周波数特性を入力できるように開発されたが、計算のアルゴリズムは発表されていない。本研究で開発したコードは、周波数特性を誘電率だけでなく透磁率にも対応できる。

開発したシミュレーションコードが、正しい計算を行っているか評価するため、次のような単純な加速空洞について、ウエイク・ポテンシャルとロス・ファクターを計算して、MAFIAによる結果と比較を行った。1) 吸収体のない空洞、2) 吸収体の物性値が実数定数をもつ空洞、さらに、3) 周波数特性を考慮する空洞に対して、両

者の結果が非常に良く一致することが確認された。最終のケースでは、単一モードのみ励起される空洞に対してウエイク・ポテンシャルの計算を行ない、その際にMAFIAによる計算では、そのモードの周波数に対応する一定の物性値を入力した。

周波数依存効果を組み込んだ今回のシミュレーションコードの正当性を確認するため、測定による実験データと計算結果の比較が重要である。本研究では同軸同波管に円筒形のSiC吸収体を設置した装置を製作し、実験の準備を進めながら、振動数の関数として透過係数の計算を行った。

審 査 の 結 果 の 要 旨

著者は、高電流の高エネルギー加速器において、加速空洞とビームの相互作用によって生じる結合バンチ不安定性を理解する上で必要な、ビームによるウエイクフィールドの計算機シミュレーションコードを開発した。従来のシミュレーションコードでは、誘電、磁性物質を含む空洞に対して、周波数依存効果の計算が確立していなかったが、本研究でそれが可能になった。独立に、誘電率だけに周波数特性を考慮するコードが開発されたが、誘電率だけでなく透磁率にも周波数特性を取り入れた本研究は高く評価出来る。加速空洞のウエイクフィールドの計算手段として、大きな貢献と言える。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。