

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	誘電体アシスト型高周波加速空洞の原理実証研究
Title(English)	A Proof-of-Principle Study of Dielectric Assist Accelerating Structure
著者(和文)	佐藤大輔
Author(English)	Daisuke Satou
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10170号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:林崎 規託,小栗 慶之,矢野 豊彦,赤塚 洋,筒井 広明
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10170号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	要約
Type(English)	Outline

本論文研究は、室温下で 10 万を超える高い無負荷 Q 値とシャントインピーダンスを有する「誘電体アシスト型高周波加速 (Dielectric Assist Accelerating Structure, DAA) 空洞」という低損失誘電体材料を用いた新奇加速管の原理提唱とその原理実証に関するものである。

誘電体アシスト型高周波加速空洞とは、金属筐体内部に特殊な誘電体セル構造を周期的に装荷した空洞構造をもつ。さらに加速モードとして、この新しい空洞構造の高次モードを利用することで、既存の常伝導加速空洞と比較して金属筐体内壁での導体壁損を数分の一程度にまで低減化することができる。また、空洞内部に装荷する誘電体構造を低損失材料で構成することによって誘電体構造内部での誘電損失も大幅に低減化することができる。その結果、空洞内部での全電力損失が既存の常伝導加速空洞のものと比較して大幅に低減化でき、室温下で極端に高い無負荷 Q 値とシャントインピーダンスを併せ持つ高周波加速空洞が実現できるということを発見した。当該コンセプトをもとに、2 次元有限要素法並びに 3 次元有限積分法による電磁場シミュレーションで DAA 空洞の性能を検証した結果、実在する低誘電損失セラミックスの誘電特性を用いることで、既存の常伝導加速空洞の無負荷 Q 値より 1 桁高く、シャントインピーダンスも数倍高い性能を持つ誘電体アシスト型高周波加速 (DAA) 空洞の設計に成功した。

上記のような DAA 空洞に関する高周波設計をもとに、実際に DAA 空洞の原理実証機を製作し、ベクトルネットワークアナライザを用いて低電力試験を実施した。その結果、電磁場シミュレーションによって得られた計算値とほぼ同じ、既存の常伝導加速空洞の約 10 倍に相当する高い無負荷 Q 値が得られるということを実験的に証明した。また、ビードプル摂動法を用いて、DAA 空洞内に励振される軸上電場分布とシャントインピーダンスを測定し、その結果、電磁場シミュレーションで求められた値とほぼ同じ測定結果が得られた。最終的には、クライストロンを用いた高電界試験を実施し、加速空洞内部に MV/m オーダーの加速電界を励振させることにも成功した。