

CONSTRUCTION OF THE MICROTRON AT NIHON UNIVERSITY

K. Sato, K. Tsukada, K. Hayakawa, T. Tanaka, T. Ozaki, N. Nakamura, k. Okamoto
 O. Takeda and M. Nishinaka
 Atomic Energy Research Institute, Nihon University

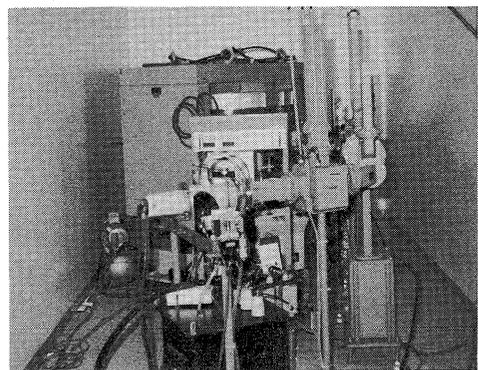
ABSTRACT

This report describes an outline of the S band microtron at Nihon University. A cylindrical cavity excited in TM_{010} mode is used for accelerating electrons. The RF power from the 1.9 MW magnetron is supplied to the cavity through a circulator, a variable attenuator, a directional coupler and a RF window. The equilibrium accelerating voltage in the cavity is 563 KV. The electron bunches circulate 24 times in the constant magnetic field of 1180 gauss. The diameter of the last orbit is 80 cm. Preparation for the beam test is under way.

§1. はじめに

マイクロトロン(古典的)はり連の Veksler (1945年)⁽¹⁾ と日本の伊藤、小林 (1947年)⁽²⁾ らにより独立に発明された。初期の頃は、電子の入射法のため低電流であったが、1960年代になり連
 の S. P. Kapitza やスウェーデンの O. Wernholm の新電子入射法により 100mA 程度のビーム電流が
 得られるようになり、大型加速器の入射器等に実
 用化された。最近マイクロトロンは構造の簡単さ
 による経済性や、エネルギー可変性、ビームの特
 性が優れていることなどから評価がみなおされ、
 特に医学利用の面で注目されている。⁽⁴⁾ 日本大学
 は昭和51年度よりマイクロトロンの建設を始めた
 が、ほぼ完成に近づいたので(第1図)その概要
 を報告する。

第1図 建設中の 14MeV マイクロトロン

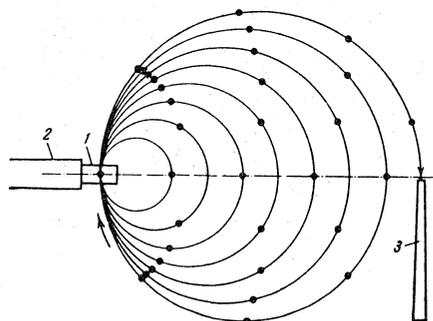


§2. マイクロトロンの原理

マイクロトロンは相対論による質量の変化をた
 くみに利用し電子を加速する装置である。磁場の
 中での電子の回転周期はその質量に比例するので
 電子のエネルギーが増加して質量が2倍、3倍
 となると、回転周期もそれに対応して2倍、3倍
 となる。従って加速空洞を電子の基本回転周期T
 に等しい周期で励振し、空洞に於ける1回の加速
 エネルギーが、基本回転周期Tに対応する質量の
 変化をもたらしなれば、電子の運動と加速電場の
 同期を連続して保つことが出来る。

第2図、 マイクロトロンにおける電子の運動

- (1) 加速空洞 (2) 導波管
- (3) マグネティックチャンネル



§3 日大マイクロトロンの概要

電磁石は第3図に示すように、ホールフェイスの直径1m、ギャップ間隔12cmで最大2500 Gaussまでの磁場をつくることができ、更に半径40cmのD型補正コイルも厚1mm、内径43.5cm、外径46.5cmのローズシムを磁極面に取り付け、磁場の空間的不均一をマイクロトロン加速に必要な 10^{-4} まで補正した。

真空容器は円筒状の側面と上下にある電磁石の磁極面から出来ている。磁極面と側面の間はリングによって真空を保ち、570ℓ/secの油拡散ポンプで排気している。容器の側面には大小の径のフランジがあり、それぞれ真空排気口、補正コイル導入端子、のぞき窓、ビーム取出チャンネル、ビームの計測、RF入力等の役割をえている。

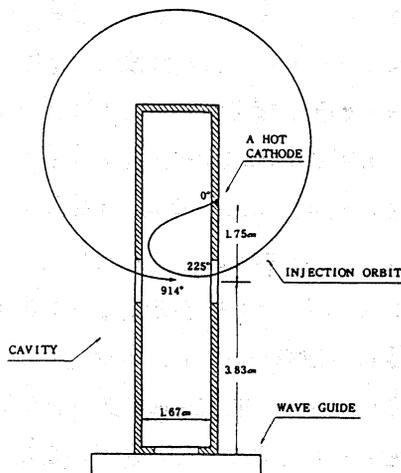
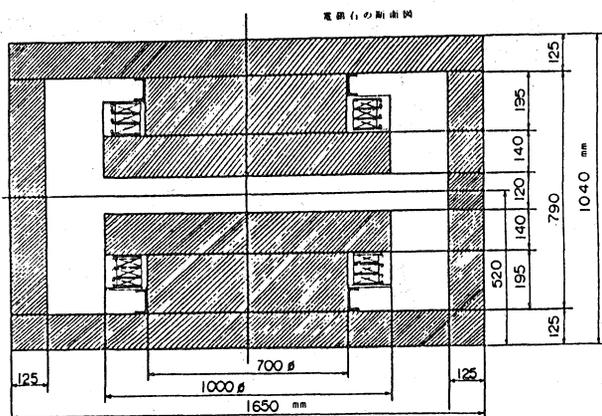
RF系は加速空洞、マグネトロン、サーキュレータ、可変減衰器、双方向性結合器、RF窓から成っている。加速空洞は半径38cm長さ1.67cmの円筒状空洞で、TM₀₁₀モードで励振する。共振周波数は2981MHz、負荷Qは2500、マイクロトロン共鳴条件に必要な電場は380kV/cmである。マグネトロン(新日本無線M190)は周波数2993MHz~3001MHzの間で可変で最大出力、1.9MWである。可変減衰器は加速空洞に入るRFパワーをコントロールし、サーキュレータは空洞の反射電力からマグネトロンを保護する。また双方向性結合器はRFパワーのモニターとして用いられる。モジュレータはライン型で4kV、100A、36μs、立ち上がり0.8μs、50PPSのパルスと発生し、マグネトロンに供給する。

電子の入射は、S. P. Kapitza⁽³⁾の方法を採用した。第4図に示すように、加速空洞の内面にある熱陰極(Lab6)より出た電子はマイクロ波電場によって空洞内で加速を受け、更に空洞の外で円運動を行なった後、中心孔より空洞に入射される。

表Iに日大マイクロトロンのパラメータを示す。マイクロトロンは当初、日大理工駿河台校舎で建設が進められたが、遮蔽のスペースが乏しかったため、今年2月になって加速器建家が日大理工習志野校舎(千葉県船橋市)に完成し、その後マイクロトロンの解体運搬、再組立が行われた。現在ビーム加速のための準備が進行中である。

第4図 電子の入射

第3図 電磁石の断面図

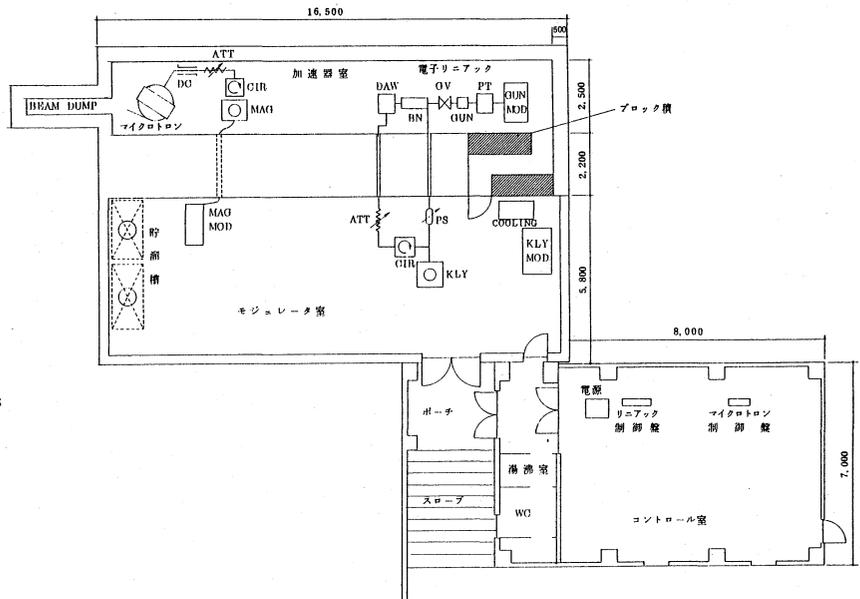


34 加速器建屋

マイクロトロンと電子リニアックのための加速器建屋が今年2月に完成した。(第5図)。建屋は加速器室、モジュレータ室、コントロール室、空調機械室(2階)から成り、このうち加速器室とモジュレータ室は敷地の地形を利用して土の中に埋設されている。放射線遮蔽のために、加速器室とモジュレータ室の間に2.2mのコンクリート壁があり、加速器室の天井は1mのコンクリートと2mの土の層で覆われている。管理区域は加速器室とモジュレータ室だけであり、許可を受けた最大運転条件は、40MV、100 μ Aであり。加速器室の空気はプレフィルタ、HEPAフィルタ、チャコールフィルタ(2段)を通した後、排気速度 50 m^3/min で排気される。更に加速器室の汚染された空気がモジュレータ室に逆流するのを防ぐため、加速器室はモジュレータ室より常に数センチだけ低い差圧に保たれている。加速器室で生じた排水は全一一旦貯留槽(2 m^3 , 2個)に蓄えられ、その後排水ポンプで排水される。

表 I

Beam energy	14 MeV
Energy spread	0.2% FWHM
Beam current	50 mA
Beam emittance	10^{-2} mm rad.
Number of orbits	24 turns
Diameter of the last orbit	80 cm
Injection energy	613 KeV
Equilibrium voltage	563 KV
Magnetic field	1180 gauss
Pole piece diameter	100 cm
Gap of the magnet	12 cm
Cavity diameter	3.80 cm
Cavity length	1.67 cm
Resonance frequency	2998 MHz
Loaded Q of the cavity	2500



第5図 加速器建屋の平面図

§5. 今後の予定

表Iに示すように、当面はマイクロトロンの電磁石を1000 Gauss付近で使用し、電子を14MeVまで加速する予定であるが、次の段階として新型加速空洞⁽⁶⁾によるビーム電流の増大と、磁場の強さを2倍にしてエネルギーを2倍にすることを考えている。このマイクロトロンは医学、生物学の基礎研究に使用される他、free electron laserのビーム源として使用することも現在検討中である。

§6. 文献

- (1) V. I. Vekshin, J. Phys. USSR 9 (1945) 153
- (2) J. Itoh and D. Kobayashi, Kagaku 17 (1947) 34
- (3) S. P. Kapitzka, et al, Soviet Phys, JETP 14 (1962) 266
- (4) 高野任明、日本医学放射線学会第38回物理部会 勉強会資料No.10 (昭和54年10月)
- (5) S. P. Kapitzka and V. N. Melikin, The Microtron, Harwood Academic Publishers
- (6) T. Ozaki, Parallel Beam Injection in the Microtron 本研究会報文集