

UDC 537.523 : 537.12 : 537.222.2

研究開発
ノート
54 - A 2

トーラスにおける初期電子なだれの進展

正員 藤原民也 (岩手大)
非会員 八木金寿 (岩手大)

正員 島田 孟 (岩手大)
正員 杉田 慶一郎 (岩手大)

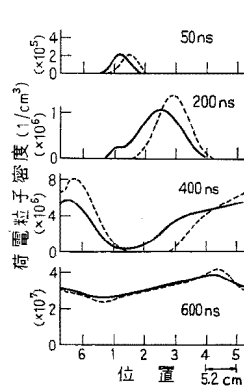
トーラスの放電路は無電極で無限長であると考えることができる。このような放電路を実現できるのは誘導電界によってであるが、誘導電界による電子なだれの研究は、静電界のそれ⁽¹⁾に比べて例が少ない⁽²⁾。

本研究はトーラスの放電路において局所的に与えられた初期電荷が、誘導電界によって電子なだれを形成しながら進展してゆく様子を調べようとするものである。特に興味をもたれる問題として、初期なだれが一周近くあるいはそれ以上進むとき、(1)なだれの後方に残される電荷がフロントに存在する電荷に及ぼす影響、(2)瞬時的、局所的に与えられた初期電子がなだれとなって一周した後の電荷の空間的分布、(3)電界の存在する限り、無限長の放電路を進むことのできるトーラスにおいて、全路破壊と非破壊を決定づける機構、などを調べる。

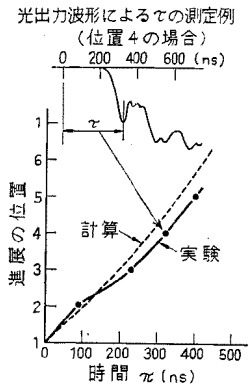
気圧は、これまでの放電研究の資料が、プラズマ実験にも拡張して適用できるような領域として 10~0.1 Torr を選ぶ。また誘導電界の大きさは、係数がよく調べられている $10 < E/P_0 < 1,000 \text{ V/cm} \cdot \text{Torr}$ の範囲とした。装置は大半径 5 cm, 小半径 1 cm であるが、これは解析の際は壁の効果を見捨てるような気圧範囲であり、なだれが一周するまではタウンゼント機構の $\alpha d < 20$ から大きくずれないように寸法である。トーラス内には、一周電圧数 kV, 156 kHz の余弦波の電圧が誘起される。使用ガスは窒素である。実験結果と比較検討するため、またおおよその機構を知るため、周期性をもつ円筒座標を考えて、すなわち軸 z 方向を 100 等分し、J 番目の場所では $J=100n+J$ (n は整数) が成立するシミュレーションを行なった。第一近似として $\partial/\partial r=0, \partial/\partial \theta=0$ を仮定して、次の連続の式を解く。

$$\frac{\partial n_{+}(z)}{\partial t} + \frac{\partial(n_{+}(z)v_{+}(z))}{\partial z} = \alpha n_{+} v_{+}$$

電界はポアソンの式と一周電圧の式とを連立して求める。これを解くと $t=0$ で誘導電界が加わり、電子



第 1 図 空間電荷分布
Fig. 1. Distribution of space charge.



第 2 図 進展距離
Fig. 2. Calculation and measurement value of development.

なだれがトーラスを進展してゆき、一周近く進むころには空間電荷のため前面の電界は急激に強められ、進展速度を大きくしている。一周以上回ると、なだれのフロントも判別しにくいほど電荷分布は均一となる。このように、初期電荷が局所的でも、なだれがトーラスを一周以上進むことによって均一なプラズマが生成されることがわかった。

その一例として、第 1 図は $E/P_0=159 \text{ V/cm} \cdot \text{Torr}$, 気圧 $P_0=0.5 \text{ Torr}$ の計算結果である。同じ E/P_0 でも $P_0=1 \text{ Torr}$ に比べて、電離の割合および進展速度が小さくなっているが、これは同じ E/P_0 でも気圧の違いで α が異なり、更にこれによる空間電荷効果にも違いがみられるためである。第 2 図は、第 1 図と同じ条件時のなだれの時間的な進展を示すものであるが、実験結果と計算結果が比較されている。実験値は、トーラスの各位置での光電子増倍管による光学的出力波形から求めた。すなわち、波形に現われる第 1 番目の立上りは初期なだれの進展によるものと考えられ、そのピークの時間をその位置における進展時間とした。この比較から、進展速度に定性的な一致がみられ、計算モデルの妥当性を確かめることができ、その機構を知ることができた。(昭和 53 年 11 月 30 日受付)

文 献

- (1) 例えば、H. Raether: *Z. Phys.*, 112, 464 (1939)
- (2) R. Papoular: *Nuclear Fusion*, 16, 37 (1976)
- (3) W. Köhrmann: *Z. Naturforschg.*, 19a, 245 (1964)

Development of Initial Electron Avalanche in Torus. By Tamaya Fujiwara, Member, Kanahesa Yagi, Non-member, Tsutomu Shimada, Member, Keiichiro Sugita, Member (Faculty of Engineering, Iwate University).
藤原民也: 正員, 岩手大学工学部電気工学科
八木金寿: 非会員, 岩手大学工学部大学院修士課程
島田 孟: 正員, 岩手大学工学部電気工学科
杉田慶一郎: 正員, 岩手大学工学部電気工学科