

氏名	大 原 省 爾 おお はら せい じ
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	論 理 博 第 98 号
学位授与の日付	昭 和 40 年 6 月 22 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	Negative Resistance in Rare Gases (稀ガス中の負性抵抗)
論文調査委員	(主 査) 教 授 高 橋 勲 教 授 内 田 洋 一 教 授 田 中 憲 三

論 文 内 容 の 要 旨

申請者は数年前、Xe および Kr ガスを用いたプラズマの探針電流電圧特性に負性抵抗のあらわれるのを見出した。この現象は sheath 内の電子の散乱にもとづくものと考えられ、類似の負性抵抗は中性ガスを封入した三極管においても期待される。それは、探針を陽極、sheath とプラズマの境界面を格子、プラズマ領域を陰極と考えられるからである。

申請者は、この現象の可能性を理論的に説明し、又詳細な観測を行なったのである。

この現象の基礎となっているのは Ramsauer 効果である。すなわち、Xe, Kr, A 等の重い稀ガスにおいて電子の衝突断面積は、0.8V 付近で異常に小さくなり、その前後で急激に増大する現象である。

申請者は、三極管モデルについて、理論的考察を行なった。すなわち、陰極を出た電子群は正格子電圧によって決まる速度で格子面を通過した後、更に陽極電圧によって加速されるが、一部の電子は気体原子と衝突し、後方散乱を受けた電子は格子面に引き返す。この場合、Ramsauer 効果のある気体であるならば、陽極電圧がある値より高くなるにつれて、電子の衝突断面積が急に大きくなり、多くの電子が格子に引き返すことになり、格子電流が増大し、陽極電流が減少する、これがすなわち負性抵抗の原因である。

さて、格子を通過した電子の総数 N_0 のうち格子に引き返す電子数 R の表式を求めたのであるが、陽極電流に対応する $N_0 - R$ と陽極電圧との関係は $P = \alpha P_0$ をパラメーターとして表示される。ただし、 P_0 は気体圧力、 α は後方散乱係数である。この表示は電圧 1V 付近に電流の極大を有し、それより高い電圧で負性抵抗のあらわれること、ならびに、 P が増加すると負性抵抗が顕著になることを示している。また Ramsauer 効果のない気体の場合、同様のモデルについて負性抵抗の可能性のないことを示した。

三極管実験(中性気体の場合)はまず Xe について行なわれたが、結果を要約すれば、(1)負性抵抗の観測される陽極電圧は 1~6V、(2)最急降下特性を与える電圧は約 2V である。この場合、陰極と格子との接触電位差 0.8~1.2V を考慮すれば、実効的格子電圧は 0.8~1.2V で、Ramsauer Minimum に対応する。(3)気体圧力と共に負性抵抗性は著しくなる。

同様な結果は Kr, A についても得られたが、負性抵抗性は同一条件では Xe よりはるかに弱い。また Ne, He を用いた場合負性抵抗は観測されない。またプラズマの探針実験については、負性抵抗の一般的性質は中性気体の場合とほとんど同じであるが、違う点は A プラズマについては負性抵抗のあらわれないことである。これは、プラズマの探針実験の場合、sheath は、探針電圧と共に拡がり、これにともなって探針電流が増加し、負性抵抗の減殺される傾向のあることによって説明される。

申請者とほとんど同時に、独立に、Forman が同様の実験を行なった。この方法は重い稀ガスを外部から放射線でイオン化したものについて行なう大がかりなものである。

申請者は、この負性抵抗の動特性についても実験を行なった。すなわち、この二端子負性抵抗に LC 回路を接続して発振作用を調べた結果、発振は CW、波形はほとんど純正弦波で、周波数限界は使用管の構造で決まることを確かめた。また、増幅は power gain 20db までを得た。

参考論文その 1 は放電管の振動や雑音の原因を明らかにする目的で行なわれたもので、特に今まで不明であった陽極振動の機構を説明したものである。

その 2 はマイクロ波によるプラズマ密度を測定するのに、反射係数を利用することを初めて行なったもので、その精度と感度とを検討した。

その 3 は主論文の研究に続いて行なわれたもので、三極管の構造を変えることによって、別種の負性抵抗のあらわれることを認め、これは準安定状態の原子と電子との衝突の異常性にもとづくことを確かめたものである。

論文審査の結果の要旨

申請者は Ramsauer 効果にもとづく負性抵抗を中性気体ならびにプラズマの両方について、その機構および特性を詳細に研究したのである。ほとんど同時に、独立に Forman が同様の実験を行なっているが、後者の方法は放射線によってガスをイオン化するので大がかりなものである。

申請者は理論的考察を、中性気体に対する三極管モデルに対して行なった。すなわち、陰極から出て格子電圧で加速され、格子面を出た電子群は更に陽極電圧で加速され、気体原子との最初の衝突により後方散乱された電子は格子に引き返し、実効格子電圧が Ramsauer Minimum を超える付近で、陽極電流は急激に減少し、負性抵抗を呈することの可能性を示し、また Ramsauer 効果のない気体については、その可能性のないことを示したのである。

またプラズマの探針実験の場合は、探針が陽極、sheath とプラズマの境界が格子、プラズマ領域が陰極と考えられるので、上記の考察はこの場合にも適用出来る。ただし、この場合、sheath は、探針電圧と共に拡がり、したがって探針電流が増加し、負性抵抗性が減殺されることは、A の場合負性抵抗の観察されなかったことを説明している。

申請者の陽極電流対陽極電圧の定性的理論曲線は、気体圧力と後方散乱係数との積 P をパラメーターとしているが、 P の増加と共に負性抵抗の顕著になることを示している。

実験結果は、中性気体、プラズマの両方について理論とよく一致している。特に最急降下特性を与える陽極電圧は、格子と陰極との接触電位差を考慮すれば Ramsauer Minimum の電圧に対応している。

またこの負性抵抗の動特性についても実験を行なった。すなわち、この二端子負性抵抗の発振増幅の両作用を調べた。発振周波数限界は使用管の構造で決まるが、本質的限界はその動作原理から考え電子衝突周波数の数千 MC/S 程度である。

最近プラズマによるマイクロ波の負吸収の現象が重要な問題となっているが、本研究はこれの実験的検証の一つと認められる。

参考論文はそれぞれ、放電管現象、プラズマのマイクロ波測定、主論文の負性抵抗に類似な別種の負性抵抗に関する研究で、いずれも価値のある結果を得ている。

以上のように、申請者の研究は、プラズマ物理学の分野の重要な問題を解明し、その分野の基礎的、実用的両方の進歩に貢献するところが大きい。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値があるものと認める。