



実験の手順

- ・熱陰極線の加熱電圧を3通りに変化させ、二極管動作特性を記録します。
- ・空間電荷制限領域と温度制限領域（飽和領域）を確認します。
- ・チャイルド＝ラングミュア＝ショットキーの法則を確認します。

参考

弊社で扱う熱陰極管（電子管）には、500V以下とそれ以上の電圧で動作するものもありますが、5kVまでなら管球外での電離放射線は発生しないので、放射線保護対策を施す必要はありません。

基礎実験

目的

二極管動作特性を確認すること。

まとめ

熱電子二極管では、熱せられた陰極から放出された電子が、陽極 - 陰極管電圧の作る電場によって陽極に移動します（陽極電圧が正の場合）。この熱電子による電流はある飽和電流に達するまで、陽極電圧が大きくなるに従って増加します。

陽極電圧が負の場合は、電子が陽極に達しないため電流は0となります。

必要機器

品番	品名	数量
U185501	二極真空管・S型	1
U185002	陰極線管ホルダー・S型	1
U17450	アナログマルチメーター・電流・電圧	1
U138021	75 cm プラグ付き安全リード線・15本セット	1
U8498294-JP	5kV 高圧直流電源装置（PSE取得済）	1

基本原理

熱電子二極管は、内部に熱電子を放出する熱陰極線と陽極を持つガラス製の真空管です。陰極 - 陽極間に正の電圧を印加すると、熱電子が陰極から陽極へ移動することで電流が流れます。陽極電圧が低い場合には、陰極から放出された熱電子全てが陽極に向かうのではなく、空間分布し電場を遮蔽するようになります。この為、陽極電流が小さくなります。ここで陽極電圧を上げていくと空間電子は陽極に向かうようになり、陽極電流が増加します。この増加は飽和領域に達するまで続きます。一方、陽極に十分に負電圧を印加すると、熱電子は陽極に到達することができず、陽極電流は0となります（整流作用）。

二極管の陽極電流 - 陽極電圧の特性を、ダイオード特性といいます。この電流 - 電圧のグラフは3つの領域に分けることができます。それは、(a) 逆電圧領域、(b) 空間電荷制限領域、(c) 飽和領域（温度制限領域）です。

逆電圧領域では、陽極電圧は負となり熱電子が電場に逆らえずに陽極に到達できない領域です。

空間電荷制限領域では、陽極電流 I_A は陽極電圧 U_A に依存して増加します。この時の電流 - 電圧関係を表す式が、チャイルド＝ラングミュア＝ショットキーの式と呼ばれます。

$$(1) \quad I_A \sim U_A^{\frac{3}{2}}$$

飽和領域では、陽極電流は陰極の温度に依存します。温度が高いほど熱電子が放出されるので、熱陰極線を温める電圧（フィラメント電圧 U_F ）が大きくなるほど、陽極電流が大きくなります。

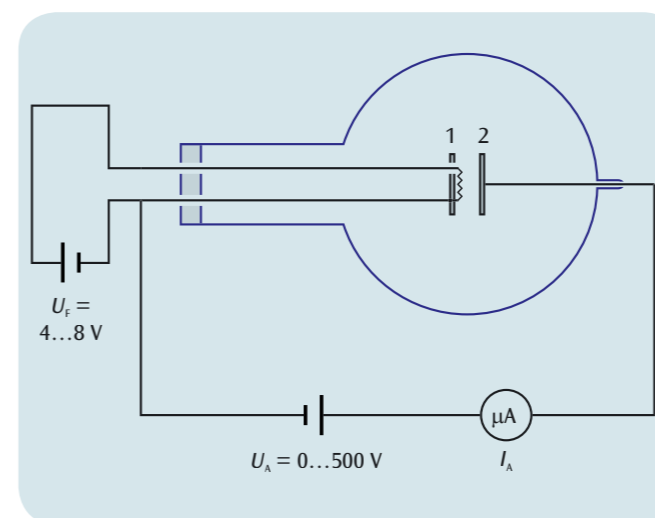


図1. 二極管動作特性結線図 1:陰極（カソード）、2:陽極（アノード）

評価

逆電圧領域：

熱陰極から放出される電子の運動エネルギーは0ではないので、熱電子のうち最も運動エネルギーの大きなものも電場により遮られるほど十分な負電圧を陽極に印加しないと、電流は0にはなりません。

空間電荷制限領域：

電場が弱く、一部の熱電子のみが陽極に到達します。この時、残りの熱電子は陽極と陰極の間に分布し陽極が作る電場を遮蔽します。陽極電圧が大きくなるにつれ空間分布している熱電子も陽極に向かう物が多くなり、遮蔽効果が小さくなっていきます。その為、この領域では陽極電流は陽極電圧に依存して大きくなります。陽極電流の増加は空間電子がなくなるまで続き、全ての熱電子が陽極に到達するようになると陽極電流は飽和します（飽和領域に入ります）。

飽和領域：

熱電子が全て陽極に到達するので、陽極電圧を大きくしても陽極電流は増加しません（陰極から放出される熱電子の量が一定のため）。この時にフィラメント電圧を上げると、放出される熱電子の量が増えます。この為、飽和領域では陽極電流はフィラメント電圧に依存します。

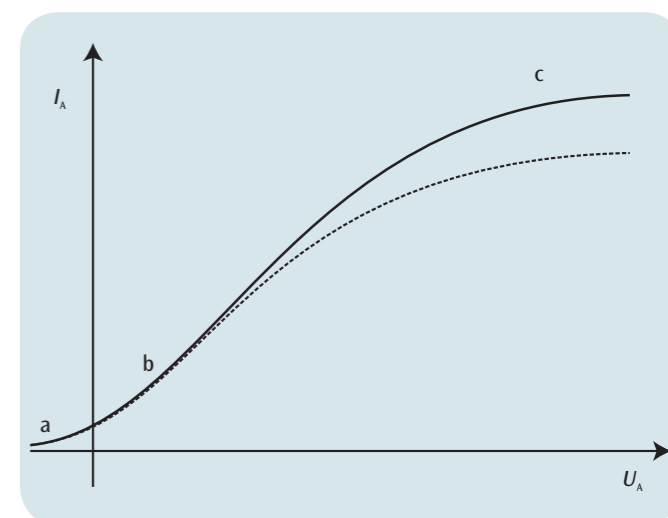


図2. 二極管動作特性（電圧 - 電流特性） a: 逆電圧領域、b: 空間電荷制限領域 c: 飽和領域