

# Leis da Elétrica

Tubo de feixe de elétrons



## Tubo dódodo

### REGISTRO DAS LINHAS DE RECONHECIMENTO DE UM TUBO DÍODO.

- Registro das linhas de reconhecimento de um tubo dódodo para três tensões catódicas de aquecimento diferentes.
- Identificação da carga ambiente e da área de saturação.
- Comprovação da lei de *Schottky-Langmuir*.

UE3070100

02/17 UK

### FUNDAMENTOS GERAIS

Um tubo dódodo é um recipiente de vidro evacuado no qual se encontram dois eletrodos: um cátodo aquecido, no qual são liberados elétrons por meio do efeito elétrico de incandescência, e um ânodo (veja fig. 1). Por meio de uma tensão positiva entre cátodo e ânodo é gerada uma corrente de emissão portada pelos elétrons livres em direção ao ânodo (corrente anódica). Se essa tensão é fraca, então a corrente anódica é inibida pela carga ambiental dos elétrons liberados, já que estes isolam o cátodo do campo elétrico. Com o aumento da tensão anódica, as linhas de campo atingem uma maior profundidade no espaço frente ao cátodo e a corrente anódica aumenta. O aumento ocorre até que a carga ambiental frente ao cátodo desaparece e é assim atingido o valor de saturação da corrente anódica. Em oposição a isto, os elétrons não podem chegar ao ânodo, quando uma tensão negativa suficientemente grande encontra-se no ânodo a corrente anódica é então nula.

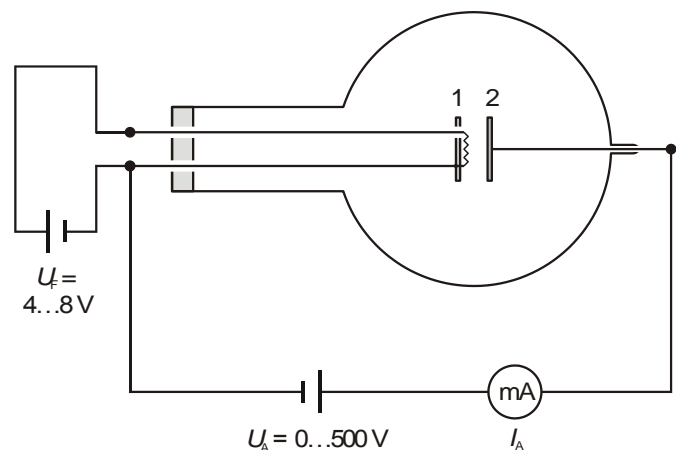


Fig. 1: conexão (acima) para o registro de linhas de reconhecimento de um tubo dódodo e a montagem experimental (abaixo) para o registro das linhas de reconhecimento para diversas tensões catódicas de aquecimento. (1) Cátodo, (2) ânodo



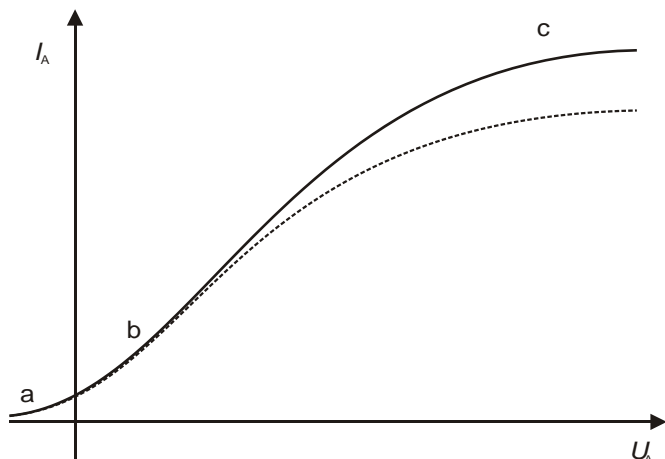


Fig. 2: linhas de reconhecimento de um tubo dípodo  
 a: Área de corrente inicial, b: área de carga ambiental,  
 c: faixa de saturação

A dependência da corrente anódica  $I_A$  da tensão anódica  $U_A$  é descrita como linha de reconhecimento do tubo dípodo (veja fig. 2). Diferencia-se a área de tensão contrária, a área de carga ambiental e a faixa de saturação.

Na área de tensão contrária o ânodo encontra-se com potencial negativo frente ao cátodo. Os elétrons não podem dirigir-se ao campo elétrico e por isso não flui corrente anódica.

Na área de corrente inicial a tensão anódica é negativa, mas num valor menor que 1 V. Alguns elétrons mais rápidos conseguem atingir o ânodo apesar da tensão contrária. Flui uma corrente anódica  $I_A$ , cuja dependência da tensão anódica  $U_A$  pode ser representada como função exponencial.

Na área de carga ambiental, a tensão anódica é positiva e tem muito menos do que 100 V. A dependência da corrente anódica  $I_A$  da tensão anódica  $U_A$  é descrita pela lei de *Schottky-Langmuir*:

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

Na área de saturação, a corrente anódica é função da temperatura do cátodo. Ela pode ser aumentada por meio do acréscimo de tensão de aquecimento  $U_F$ .

## LISTA DE APARELHOS

1 Díodo S	1000613 (U185501)
1 Suporte para tubo S	1014525 (U185001)
1 Fonte de alimentação DC 0–500 V @230 V	1003308 (U33000-230)
ou	
1 Fonte de alimentação DC 0–500 V @115 V	1003308 (U33000-115)
1 Multímetro analógico Escola 100	1013527 (U8557380)
1 Jogo 15 cabos de seg. para experiências	1002843 (U138021)

## INDICAÇÕES DE SEGURANÇA

Tubos catódicos incandescentes são ampolas de vidro evacuadas de paredes finas, manusear com cuidado: risco de implosão!

- Não sujeitar os tubos a qualquer tipo de esforço físico.
- Não sujeitar o cabo de conexão com os ânodos a esforço puxando-o.

Durante a operação do díodo com o aparelho de alimentação de 500 V DC podem ocorrer tensões perigosas ao contato e altas tensões no campo da conexão.

- Para as conexões, só utilizar cabos de segurança para experiências.
- Somente efetuar conexões com os elementos de alimentação elétrica desconectados.
- Somente montar ou desmontar o díodo com os elementos de alimentação elétrica desligados.

Durante o funcionamento, o gargalo do tubo se aquece.

- Deixar esfriar o díodo antes de desmontá-lo.

## MONTAGEM

Atenção: desligar o aparelho de alimentação na rede de 500 V DC (posicionar o interruptor de alavanca em „0“), girar todos os botões de ajuste à esquerda até o fim e só ligar na rede elétrica o aparelho após terminado o processo de conexão!

### Montagem do díodo:

- Inserir o tubo na tomada com leve pressão até que os pinos de contato estejam completamente encaixados nos orifícios de contato da tomada. O pino do meio deve sobressair levemente do suporte.

### Conexão da tensão de aquecimento:

- Conectar as tomadas F3 e F4 do suporte de tubo com a saída de tensão de aquecimento de 4-8 V do aparelho de alimentação na rede de 500V DC por meio dos cabos de segurança para experiências.

### Tensão de aceleração/corrente anódica:

- Conectar a tomada C5 do suporte de tubos com o polo negativo da saída de 0-500 V (tomada preta) do aparelho de alimentação na rede de 500V DC (Os conectores C5 e F4 estão conectados entre si dentro do tubo).
- Conectar o polo positivo (tomada vermelha) com a entrada positiva do amperímetro DC por meio de cabo de segurança para experiência.
- Conectar o cabo anódico (cabo vermelho na ampola de vidro do díodo) com a saída negativa do amperímetro DC.

## EXECUÇÃO

- Conectar o aparelho de alimentação elétrica de 500 V DC na rede e ligar (interruptor de alavanca na posição „I“).
- Ajustar a tensão de aquecimento em  $U_F = 6$  V e esperar 1 min. até a temperatura final seja atingida.
- Elevar progressivamente a tensão anódica  $U_A$  começando em 0 V em passos de 20 a 100 V e logo continuar com passos de 50 até 450 V, medir a cada vez a corrente anódica  $I_A$ .
- Registrar outra série de medições para  $U_F = 6,3$  V e 6,6 V.
- Aplicar os pontos de medição das três séries de medição num diagrama comum de eixos  $I_A$ - $U_A$ .

### EXEMPLO DE MEDIÇÃO

Tab. 1: corrente anódica  $I_A$  em função da tensão anódica  $U_A$  para três tensões de aquecimento  $U_F$  diferentes

	$U_F = 6,0 \text{ V}$	$U_F = 6,3 \text{ V}$	$U_F = 6,6 \text{ V}$
$U_A / \text{V}$	$I_A / \text{mA}$	$I_A / \text{mA}$	$I_A / \text{mA}$
0	0,04	0,06	0,08
20	0,55	0,59	0,71
40	1,28	1,42	1,59
60	1,62	2,18	2,54
80	1,79	2,50	3,41
100	1,80	2,61	3,95
150	1,85	2,75	4,58
200	1,90	2,79	4,70
250	1,90	2,82	4,78
300	1,94	2,88	4,82
350	1,97	2,90	4,86
400	1,98	2,95	4,90
450	1,98	2,97	4,98

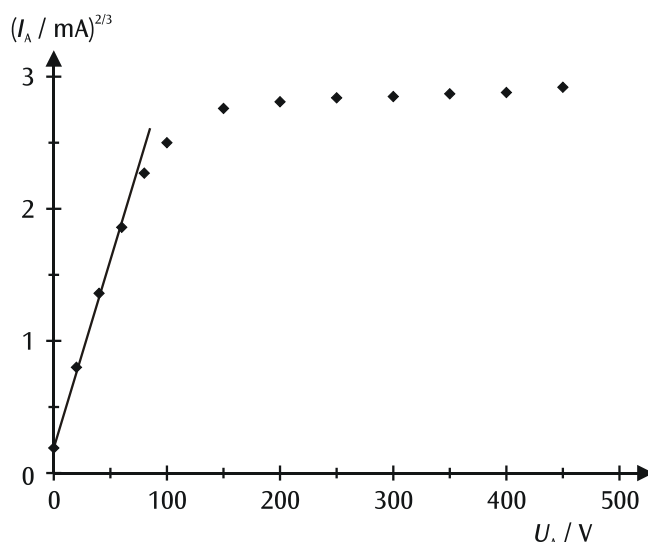


Fig. 4: Representação  $I_A^{2/3}$  em função de  $U_A$ , para  $U_F = 6,6 \text{ V}$ . Em concordância com a lei de Schottky-Langmuir, o percurso na área de carga ambiente é linear.

A fig. 3 mostra os valores de medição da tabela 1 em representação gráfica. A área de carga ambiente e a faixa de saturação podem ser claramente reconhecidas. A corrente de saturação aumenta com o aumento da tensão de aquecimento  $U_F$ .

As correntes  $I_A$  medidas na tensão de aquecimento  $U_F = 6,6 \text{ V}$  estão convertidas na fig. 4 nos valores  $I_A^{2/3}$ . Em concordância com a lei de Schottky-Langmuir, a dependência da tensão anódica  $U_A$  é linear até tensões de 50 V.

### ANÁLISE

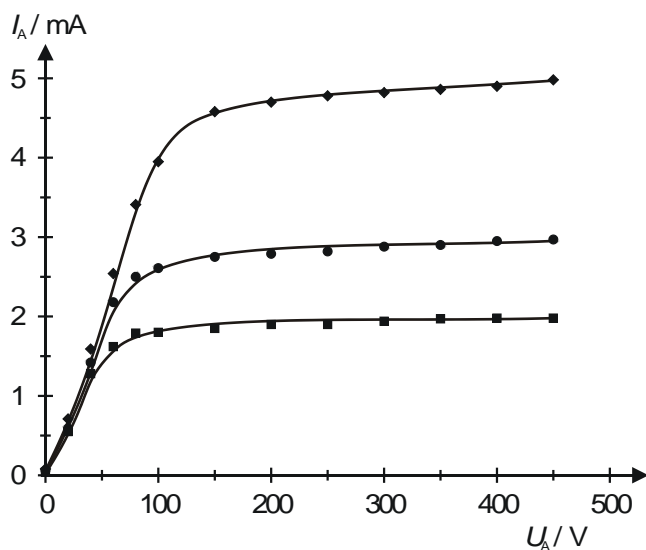


Fig. 3: linhas de reconhecimento do tubo díodo para tensões de aquecimento  $U_F = 6,0 \text{ V}$  (quadrado),  $6,3 \text{ V}$  (círculo) e  $6,6 \text{ V}$  (jogo da velha).

### RESULTADO

Tensão contrária e faixa de corrente inicial: sendo que os elétrons saem do cátodo com uma energia cinética  $E_{kin} > 0$ , flui durante isso uma corrente até que a tensão anódica negativa seja tão grande que nem mesmo os elétrons mais rápidos não conseguem atingir o ânodo.

Área de carga ambiente: em forças de campos pequenas nem todos os elétrons que saem do cátodo incandescente podem ser lançados. Estes envolvem o cátodo como uma nuvem após a sua saída e formam uma carga ambiente negativa. Por isso, no caso de pequenas tensões, as linhas que saem do ânodo terminam sobre os elétrons da carga ambiente, não sobre o próprio cátodo. O campo que envolve o ânodo é assim isolado. Só com o aumento da tensão é que as linhas de campo penetram cada vez mais profundamente no espaço em volta do cátodo, e a corrente anódica aumenta. O acréscimo da corrente ocorre até que a carga ambiente em volta do cátodo desaparece. Então, o valor de saturação da corrente anódica é atingido.

Área de saturação: na área de saturação, a corrente de emissão é independente da tensão anódica. Esta pode ser porém ser aumentada aumentando o número de elétrons que escapam do cátodo por unidade de tempo. Isto pode ocorrer com um aumento da temperatura do cátodo. O valor da corrente de saturação é assim dependente da tensão de aquecimento.