

## الفصل الاول : مفاهيم اساسية

### الصمامات الايونية الحرارية (Thermionic Valves) او الانابيب المفرغة (Vacuum Tubes)

تتكون ابسط الصمامات الايونية الحرارية من قطبين رئيسيين هما:

**الكاثود (Cathode):** وهو قطب كهربائي وظيفته الرئيسية تجهيز الالكترونات واطلاقها في الفراغ بطاقات مختلفة . ويسخن هذا

القطب بواسطة دائرة كهربائية خاصة به تدعى الفتيلة (Filament) والتي قد تكون جزء منه ويدعى عندئذ التسخين بالتسخين

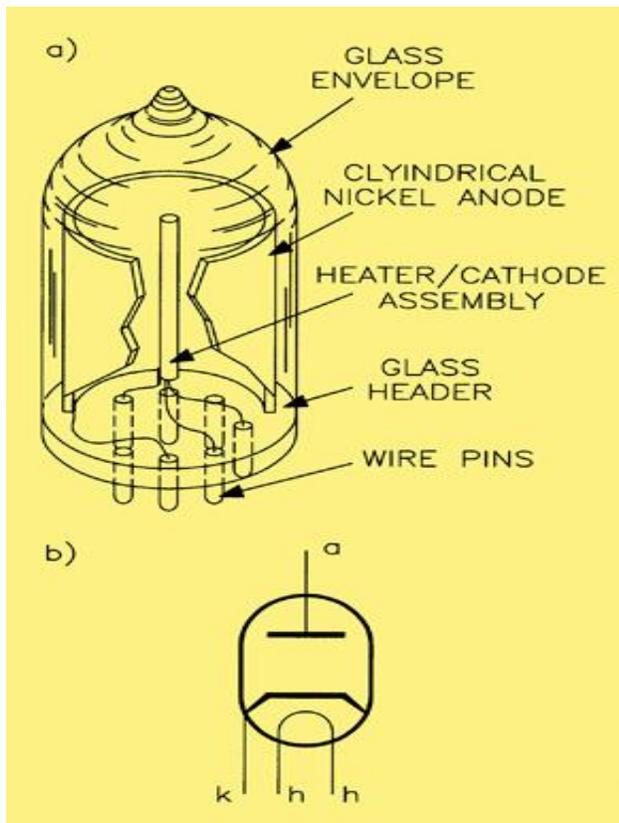
المباشر (direct heating) او قد تكون منفصلة عنه كلي ا ويدعى التسخين عندئذ بالتسخين الغير مباشر

(indirect heating). ويصنع الكاثود عادة من التنكستن (tungsten).

**الانود (Anode):** وهو عبارة عن صفيحة ذات قطبية موجبة وظيفته الرئيسية اسر الالكترونات (electron capture)

المنبعثة من الكاثود وبهذا يتكون تيار يدعى بتيار اللوح او تيار الانود (Plate or anode current) ويكون جهد الانود موجب

عادة لاجتذاب الالكترونات ويدعى هذا الجهد بانحياز الانود (anode bias).



هذان العنصران الانود والكاثود محفوظان في غلاف زجاجي او

معدني مفرغ من الهواء . ويسمى هذا النوع من الصمامات بالصمام

الثنائي (diode valve) لوجود قطبين فيه . الا هناك صمامات

تحتوي على اقطاب اخرى تدعى الشبكات (grids) ويرمز لها

بالرمز (G) ويدعى الصمام ثلاثيا او رباعيا او خماسيا تبعا الى

عدد الاقطاب الموجودة فيه والتي تتضمن الانود والكاثود

والشبكات.

Figure (1-1): (a) Construction of a modern diode valve (indirectly heated type), (b) circuit symbol for a diode valve.

## الانبعاث الايوني الحراري (Thermionic Emission)

تتكون المواد الصلبة المعدنية من تركيب بلوري تنظم فيه الذرات وترتبط مع بعضها باواصر, وتكون الذرات عبارة عن الكترولونات مقيدة تدور حول النواة في مستويات طاقة معينة. وكلما كان الالكترولون ذو طاقة اعلى فهو يحتل مستوى طاقة اعلى ويكون بعيدا عن النواة ذات الشحنة الموجبة, وبهذا يقل ارتباطه بالنواة. اي ان الالكترولونات ذات الطاقة العالية تكون ضعيفة الارتباط بالذرة وتكون لها حرية الحركة بين الذرات ضمن البلورة وضمن الجسم الصلب, لذلك فهي تشارك في عملية التوصيل الكهربائي, وتسمى الكترولونات التوصيل (conduction electrons) او الالكترولونات الحرة (free electrons). وعندما تحصل هذه الالكترولونات على طاقة اضافية كافية فانها تتحرر من البلورة اي من الجسم الصلب, ويحصل هذا التحرر للالكترولونات الموجودة في سطح المواد الصلبة فتنتقل منه في الفراغ بطاقة حركية مقدارها  $\frac{1}{2}mv^2$  حيث  $(m)$  كتلة الالكترولون و  $(v)$  سرعة الانطلاق. لهذا يسخن الكاثود الى درجة معينة فتكتسب الكترولونات التوصيل الطاقة الكافية للانبعاث. وتسمى هذه العملية بالانبعاث الحراري الايوني او الانبعاث الالكتروني الحراري.

- ان عملية الانبعاث الالكتروني الحراري تشبه الى حد ما عملية التبخر في السوائل عن د تسخينها حيث تترك جزيئات او ذرات السائل سطحه عند وصولها الى درجة حرارة معينة وحصولها على الطاقة الكافية.

ان الحركة العشوائية (random motion) داخل الجسم المعدني الصلب تؤثر على زاوية الانطلاق, فقد يخرج قسم من الالكترولونات بمسار يعمل زاوية قائمة مع سطح المعدن او بزوايا اخرى. بالاضافة الى الطاقات الاخرى المختلفة التي يكتسبها الالكترولون الناتجة من تعجيله بسبب الجهد الموجب على الانود وبعض الشبكات (ان وجدت), كل ذلك يؤدي الى اصطدام الالكترولونات مع بعضها وينتج عن ذلك فقدان قسم كبير من الالكترولونات لطاقتها الحركية فتبقى ساكنة في الفراغ القريب من سطح المعدن مما يعيق انبعاث الكترولونات اخرى ويضطرنا الى زيادة درجة الحرارة للحصول على طاقة اعلى وتحرير الكترولونات اخرى. ان الفراغ القريب من السطح المحتوي على الالكترولونات التي فقدت طاقتها يكون منطقة ذات شحنة سالبة ومجال كهربائي معاكس لاتجاه حركة الالكترولونات وتسمى هذه المنطقة بمنطقة الشحنة الفراغية (Space charge) فكثافة الالكترولونات في منطقة الشحنة الفراغية تكون عالية جدا بالقرب من السطح وتقل مع بعد المسافة عن السطح.

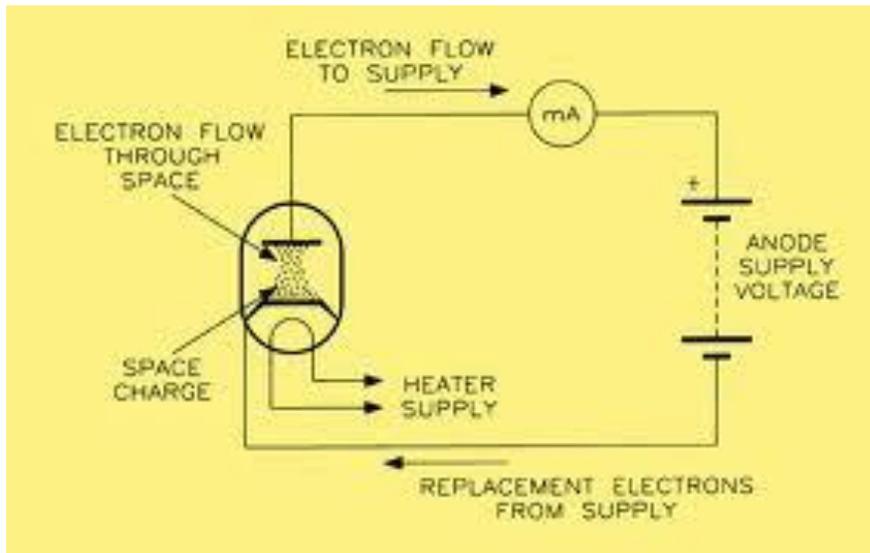


Figure (2): The flow of current in a diode valve.

هناك قوة تؤثر على الالكترونات المنطلق من سطح الكاثود تحاول ان تعيده اليه . تنشأ هذه القوة من ما يسمى بالشحنة الصورة (image charge) داخل المعدن وهي شحنة موجبة تساوي في القيمة شحنة الالكترون وتبعد عن سطح المعدن الى داخلها بنفس بعد الالكترون عن هذا السطح وتسمى هذه القوة بقوة الصورة ولهذا فأن قسم من الالكترونات قد يرجع الى نفس المادة وخصوصاً تلك التي فقدت طاقتها الحركية نتيجة الاصطدام.

### دالة الشغل (Work Function)

ان الالكترونات الحرة تنتشر في المادة كلها بطلاقة وبسبب التنافر بين هذه الالكترونات فأن الالكترونات الموجودة على سطح المادة تحاول الهروب من السطح ولكن هناك قوة بين الالكترونات وبين النواة تعاكس هذا الهروب وتمنعه . حيث ان سطح المادة يفصل بين وسطين وسط الفراغ الذي لا توجد فيه نواة موجبة ووسط المادة حيث هناك انتظام في توزيع الشحنات الموجبة (النواة) والتي تجذب الالكترونات اليها فتمنعها من الهروب من السطح . بالإضافة الى وجود الكترونات طليقة قريبة من السطح تعيق هروب الالكترونات من السطح . وكذلك وجود صورة القوة التي ذكرت سابقاً . كل هذه المؤثرات تمنع الالكترونات من مغادرة سطح المعدن . ولذلك لكي يتمكن اي الكترون من الهرب من سطح المادة , يجب ان يستلم طاقة من مصدر خارجي , وهذه الطاقة يجب ان تكون كافية للتغلب على جميع هذه المؤثرات والتي تدعى طاقة الحاجز الجهدي (Potential barrier) وتسمى دالة الشغل (Work function) للمادة وتقاس دالة الشغل بوحدات الالكترونون - فولت (ev) ويعرف الالكترونون - فولت الواحد بأنه الشغل اللازم لنقل الكترون واحد بين تقطين فرق الجهد بينهما يساوي فولتاً واحداً

وتعتمد قيم دالة الشغل على نوع المادة وطبيعتها سطحه ا وعلى الشوائب (impurities) وتتراوح بين  $ev$  (1-7) . فإذا امتص الكترول حر في مادة طاقة من مصدر خارجي مقدارها  $(E)$  وهي أكبر من دالة الشغل للمادة  $(\Phi)$  فإن معادلة الطاقة لهذا

$$E = \Phi + \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{الالكترولون هي:}$$

حيث ان  $\frac{1}{2}mv^2$  هي الطاقة الحركية التي يمتلكها الكترولون عند مغادرته سطح المادة.

### مميزات الصمام الثنائي (Diode characteristics)

عند تجهيز الفتيلة بفولتية معينة عندئذ يكون الكاثود ساخن وتنبعث منه الكترولونات منتشرة عشوائياً في كل الحيز المفرغ من الهواء (داخل الصمام) مكونة غيمة الكترولونية تدعى الشحنات الفراغية . فقبل وضع اي جهد على الانود , يصطدم عدد قليل من الكترولونات المنتشرة المتحركة عشوائياً بالانود مكونة تياراً صغيراً يدعى بتيار أديسون (Edison current). وعند وضع جهد موجب على الانود فإن الكترولونات القريبة منه تنجذب اليه مكونة ما يسمى بتيار الانود . وعند زيادة جهد الانود الموجب يزداد التيار ولكن بشكل غير خطي بسبب وجود غيمة الكترولونات حول الكاثود وظهوره في غير محله بالنسبة للانود . ويتبع التيار العلاقة التالية:  $I_A = KV^n$  وهو قانون جايلد (Child's Law).

حيث ان  $V, I_A$  هما تيار وجهد الانود على التناظر.

K: ثابت يعتمد على نوع وابعاد وشكل القطبين والمسافة بينهما. n: ثابت يساوي تقريبا 3/2.

وعند زيادة الجهد تدريجياً وقياس تيار الانود وصل الى حد زوال الغيمة الكترولونية بأجمعها وعندئذ تنتقل الكترولونات المنبعثة من الكاثود الى الانود دون تلوؤ. وبما ان عدد الكترولونات المنبعثة يعتمد على درجة حرارة الكاثود فإن اي زيادة في جهد الانود لا ينتج عنها زيادة في تيار الانود وهنا تحصل حالة الاشباع (Saturation).

عند الرغبة في ايقاف تيار الانود نهائياً يجب وضع جهد قليل سالب على الانود . وبهذا تتنافر معه الكترولونات المنتشرة في الصمام ولا تصطدم به وبذلك يقف تأثير أديسون . اي يصبح التيار صفراً.

مما تقدم يتضح ان المنحني المميز للصمام الثنائي ينقسم الى ثلاثة مناطق وهي:

- 1 - منطقة اديسون.
- 2- منطقة الشحنات الفراغية
- 3- منطقة الاشباع.

ويستعمل الصمام عادة في المنطقتين الاولى والثانية فقط.

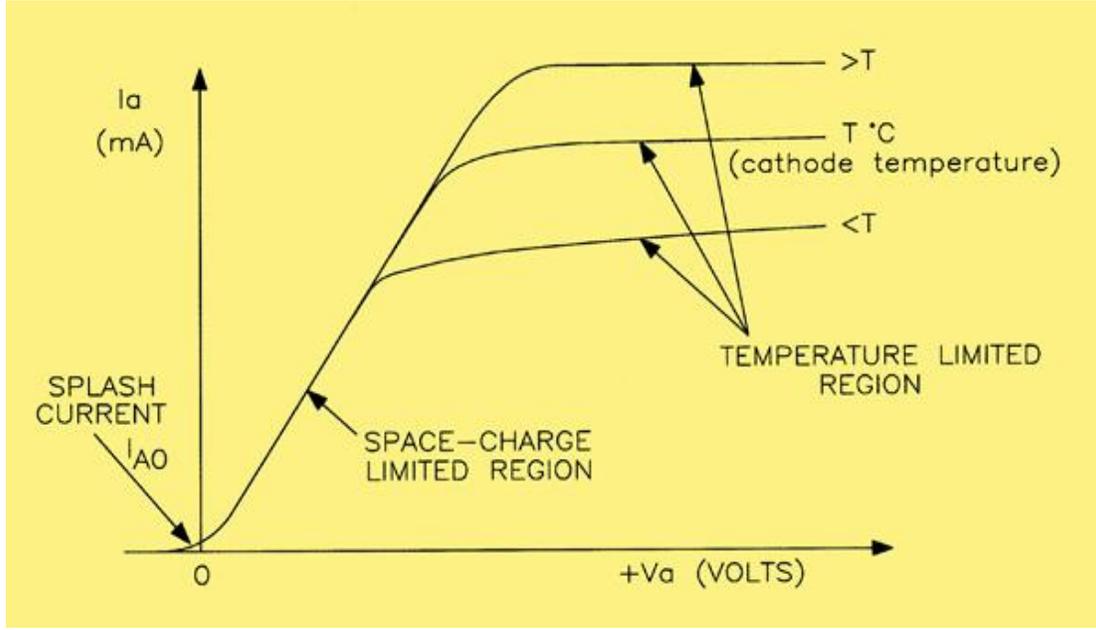


Figure (3): The characteristic of a diode valve.

- يتضح من الشكل اعلاه بأنه عند وضع الصمام في دائرة تحتوي على تيار متناوب فإن تيار الانود يسري عندما يكون جهد الانود موجياً بالنسبة للكاثود ويتوقف عندما يكون الجهد سالباً ولهذا السبب يستخدم الصمام الثنائي في دوائر تعديل القدرة الكهربائية اي تحويل التيار من المتناوب (AC) الى المستمر (DC).

ان عدد الالكترونات المنبعثة من الكاثود والتي تصل الى الانود مباشرة بدون تلكؤ مكونة تيار الاشباع تعتمد على درجة الحرارة للكاثود وليس على جهد الانود كما موضح في الشكل (3) وهناك علاقة تربط تيار الانود بدرجة الحرارة وهي معادلة ريتشاردسون ،

$$J = A_0 T^2 e^{-b/T} \quad \text{اي:}$$

J: هو كثافة التيار (او التيار لوحدة المساحة) ( $A/m^2$ )

T: درجة حرارة الكاثود (درجة مطلقة K)

b: ثابت ويساوي ( $\frac{e\Phi}{K_B}$ ) (ويقاس بالدرجة المطلقة K)

$K_B$ : ثابت بولتزمان (Boltzmann constant) ( $1.38 \times 10^{-23} \frac{Joule}{K}$ )

$\Phi$ : دالة الشغل وتقاس بالالكترن - فولت (eV)

$A_0$ : ثابت الانبعاث ويعتمد على مادة الكاثود ويقاس ( $A/m^2 \cdot K^2$ )

• المقاومة الستاتيكية والمقاومة الديناميكية للصمام الثنائي

تعرف المقاومة الستاتيكية (R) بأنها المقاومة التي يبديها الصمام للتيار المستمر المار فيه. وتساوي حاصل قسمة الجهد (في نقطة

$$R = \frac{V_b}{I_b} \quad \text{معينة على المنحني المميز للصمام الثنائي) على التيار في تلك النقطة. ويعطى بالمعادلة التالية:}$$

واما المقاومة الديناميكية  $r_p$  فأنها تمثل مقاومة الصمام للتيار المتناوب المار فيه ولذلك فهي تساوي حاصل قسمة التغير في الجهد على

$$r_p = \frac{\Delta V_b}{\Delta I_b} \quad \text{التغير في التيار في تلك النقطة. اي انها مقلوب الانحدار في تلك النقطة. وتعطى بالمعادلة التالية:}$$

مثال/ ثنائي يعمل تحت ظروف تحديد شحنة الفراغ , وعند تسليط جهد (100V) على الانود ينتج تيار قدره (5mA). أحسب

اقصى جهد يمكن تسليطه بحيث ان القدرة المتبددة لا تتجاوز (16W)؟

$$I_A = KV^n \quad \rightarrow \quad K = \frac{5 \times 10^{-3} A}{(100)^{3/2} V} = 5 \times 10^{-6}$$

$$I_A \times V = 16 W \quad \rightarrow \quad (KV^{3/2}) \times V = 16$$

$$V^{5/2} = \frac{16}{K} \quad \rightarrow \quad V = \left(\frac{16}{K}\right)^{2/5} = \left(\frac{16}{5 \times 10^{-6}}\right)^{2/5} = 400 V$$