Chauffage à faible temps de montée d'une pointe d'émission de champ

M. Audiffren, J. Bardon

► To cite this version:

M. Audiffren, J. Bardon. Chauffage à faible temps de montée d'une pointe d'émission de champ. *Revue de Physique Appliquée*, 1980, 15 (2), pp.353-355. 10.1051/rphysap:01980001502035300 . jpa-00244735

HAL Id: jpa-00244735

<https://hal.science/jpa-00244735>

Submitted on 1 Jan 1980

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Chauffage à faible temps de montée d'une pointe d'émission de champ

Centre de Recherche sur les Mécanismes de la Croissance Cristalline,
C.N.R.S., Centre Scientifique de St-Jérôme, 13397 Marseille Cedex 4, France

Résumé. — Nous décrivons un dispositif destiné au chauffage et à la mesure en courant continu de la température d'une pointe d'émission de champ portée à une tension de quelques kV. Le temps de montée obtenu est de 0,2 s, la stabilité et la précision de la mesure sont meilleures que 0,1 K.

Abstract. — We describe a device used for heating and measuring with DC current the temperature of a field emission tip being at several kV. The obtained rise time is 0.2 s, the stability and the precision of the measure are better than 0.1 K.

Les échantillons étudiés en microscopie ionique de champ sont les extrémités monocristallines très fines de pointes métalliques soudées sur des boucles en métal réfractaire dont les extrémités sont refroidies et portées à une tension de quelques kilovolts par rapport à l'écran sur lequel se forme l'image de la pointe. L'échantillon et son support sont placés dans l'ultravide.

Un grand nombre d'expériences effectuées en utilisant cette technique se déroulent en trois temps :

(i) préparation de la surface d'une pointe d'émission de champ dans des conditions données,

(ii) chauffage de la boucle supportant cette pointe
durant un temps déterminé,

(iii) refroidissement et observation des phénomènes qui se sont déroulés durant ce chauffage.

Les résultats obtenus sont donc d'autant plus précis que les temps de chauffage et la température sont mieux connus ; en particulier, le temps de montée doit être faible devant le temps de chauffage et tout dépassement de la température fixée doit être évité. Une différence de température de 5 K donnant par exemple une erreur de 100 % sur une mesure de diffusivité d'adatoms [1].

Le chauffage d'une pointe s'effectue toujours (Fig. 1) en faisant passer un courant I dans la boucle qui la supporte. La mesure de la d.d.p. V_p entre deux points

Fig. 1. — Schéma de principe du montage : A : Darlington (Texas TIP 140); B : Diviseur analogique (Analog Devices AD 534); C : Comparateur et D : Amplificateur (Teledyne Philbrick 1340); E : Fréquence-mètre diviseur (H.P. 5300 B/5308 A); G : Convertisseur (Teledyne Philbrick 4705); H : (Fairchild F 4040 et Analog Devices AD 565); J : Coupleur optoélectronique (Optron OPI 150).

[Block diagram of the device : A : Darlington (Texas Tip 140); B : Analog divider (Analog Devices AD 534); C : Comparator and D : Amplifier (Teledyne Philbrick 1340); E : Frequency ratiometer (H.P. 5300 B/5308 A); G : Converter (Teledyne Philbrick 4705); H : (Fairchild 4040 and Analog Device AD 565); J : Optoelectronic coupling (Optron OPI 150).]

(*) Aussi U.E.R. de Physique, Université d'Aix-Marseille I.

proches de la pointe à l'aide de deux fils très fins (0,01 mm) permet de déterminer la résistance R_p de la portion de boucle située entre eux et d'en déduire sa température par rapport à une ou plusieurs températures de référence.

Les conditions dans lesquelles s'effectuent la mesure et la régulation de la température sont assez sévères :

- Dans notre microscope, la boucle supportant la pointe doit pouvoir être portée à une tension de 15 kV.

- La valeur de la résistance R_p doit être contrôlée entre 70 K et 600 K ; en effet, au-dessous de 70 K, les défauts cristallins et le diamètre (0,1 mm) du fil de la boucle rendent trop incertaine la relation entre résistance et température [2], au-dessus de 600 K, la pollution de la surface est presque inévitable. Dans ces conditions, la valeur de R_p varie habituellement entre 0,003 Ω et 0,1 Ω , ce qui donne pour V_p des valeurs comprises entre 5×10^{-5} V et 2×10^{-1} V.

Les dispositifs utilisés jusqu'à présent [1, 3] étaient basés sur l'asservissement du courant I par la d.d.p. V_p . Les temps de montée obtenus étaient de l'ordre de 10 s pour ne pas avoir de dépassement de la température fixée, car cette méthode ne permet pas à l'intensité de prendre de grandes valeurs durant l'échauffement.

Nous avons pallié cette difficulté en asservissant le courant I par une valeur proportionnelle au rapport de V_p à l'intensité I , donc à la résistance R_p .

Nous utilisons le montage décrit schématiquement dans la figure 1.

Le courant I , fourni par des accumulateurs Cd-Ni, traverse un transistor de puissance A, la boucle et la résistance R_f . La tension V_f aux bornes de R_f , proportionnelle à ce courant, est envoyée sur un diviseur analogique B. La tension V_p aux bornes de la portion de boucle à asservir est multipliée par 100 par un amplificateur stabilisé par chopper, puis appliquée sur l'autre entrée de B. La sortie du diviseur, proportionnelle à la résistance R_p , est appliquée à une entrée d'un comparateur C. Une tension de commande V_R déterminant la valeur de la résistance à obtenir est appliquée sur l'autre entrée du comparateur. La sortie du comparateur est branchée sur la base du transistor A, fermant ainsi en permanence la boucle d'asservissement.

La stabilité de la valeur de sortie du diviseur est très suffisante pour assurer celle de la température.

Il est nécessaire de mesurer avec précision le rapport de V_p à I et de ramener cette mesure à la basse tension. Pour cela, les deux tensions V_f et V_p amplifiées sont transformées en fréquences par des convertisseurs de précision. Ces deux fréquences sont transmises par des coupleurs opto-électroniques isolés à 50 kV à un fréquencemètre qui en fait le rapport. Le résultat de la division, proportionnel à la résistance R_p , est affiché.

C'est aussi par un coupleur optoélectronique que la tension de commande V_R est transmise au compa-

rateur : un signal de fréquence fixe traverse l'opton durant un temps donné. Le nombre d'impulsions obtenu est transformé en tension par l'intermédiaire d'un compteur et d'un convertisseur digital analogique, ce qui assure la stabilité et la reproductibilité nécessaire sur V_R (0,1 K correspondant à 2 mV).

Pour mesurer la température lors de l'observation de l'image ionique sans chauffer la boucle, ce qui permet d'obtenir un maximum de résolution, une résistance est placée parallèlement à A, laissant ainsi passer en permanence un courant de 20 mA. Dans ces conditions, V_R étant nulle, A est bloqué et la mesure peut s'effectuer sans échauffement.

Un inverseur sur les petits fils de mesure de la tension V_p et les fils d'amenée du courant permet de s'assurer de l'absence de couples thermoélectriques et, éventuellement, de les corriger.

L'ensemble du montage est enfermé dans une boîte de téflon que traversent les coupleurs optoélectroniques pour permettre l'isolation à 15 kV.

a)

b)

Fig. 2a. — Intensité I (courbe du haut) et résistance R_p ou température (courbe du bas) en fonction du temps. 2b : tension V_p (courbe du haut) et tension de commande V_R (courbe du bas) en fonction du temps.

[2a : Intensity I (upper curve) and resistance R_p or temperature (lower curve) versus time. 2b : Voltage V_p (upper curve) and driving voltage V_R (lower curve) versus time.]

Le risque d'oscillations inhérent à ce type de système a été supprimé par des capacités de filtrage aux bornes de la résistance R_f et sur les amplificateurs, ainsi que par l'établissement de la tension de commande V_R sous forme de rampe (Fig. 2b) dont nous avons réglé la pente.

Les résultats obtenus (Fig. 2) à l'aide de ce montage sont satisfaisants :

- Le temps de montée de 70 K à 500 K est inférieur à 0,2 s. Dans ces conditions, aucun dépassement n'est perceptible. Dans les conditions de notre microscope, le temps de descente de la température qui dépend de la température des extrémités de la boucle et de sa longueur est approximativement égal à ce temps de montée.

- La stabilité du régime permanent est meilleure que 0,1 K. Elle a été vérifiée à long terme (30 min) par la mesure de F_A/F_B et à court terme à l'oscilloscope sur la sortie du diviseur B. Aucune oscillation n'est détectable. On n'observe que du bruit dû à des

couplages parasites au-dessus de 200 kHz, ce qui n'affecte pas la température de la pointe, du fait de son inertie thermique.

Deux causes d'erreur systématique existent en utilisant cette méthode de mesure : d'une part, bien que les fils de prise de tension soient très proches, la température de la boucle n'est pas absolument uniforme entre eux, d'autre part un gradient de température existe le long de la pointe. Un étalonnage utilisant la vitesse d'évaporation par champ [3] permet d'effectuer, le cas échéant, la correction nécessaire.

La pointe d'émission ionique de champ actuellement montée dans notre microscope étant très fine, nous n'avons pas effectué de mesures au-delà de 600 K, pour ne pas augmenter son rayon de courbure. Il nous paraît cependant évident que le montage marcherait bien pour les températures de 1 200 K à 2 500 K utilisées en microscopie électronique de champ dans les mesures de désorption et de diffusion de surface.

Bibliographie

- [1] TSONG, T. T., KELLOG, G., *Phys. Rev.* **B12** (1972) 1343.
 - [2] BERTHEL, K. H., *Phys. Status Solidi* **5** (1964) 399.
 - [3] STOLT, K., GRAHAM, W. R., EHRLICH, G., *J. Chem. Phys.* **65** (1976) 3206.
-