Classification

Physics Abstracts

72.70 — 73.00 — 81.15

Résistance et bruit de contacts d'or évaporé et pulvérisé sur GaSb de type p

L. Gouskov, A. Gouskov, M. Perotin, M. Valenza, D. Rigaud, A. Sabir et H. Archidi

Centre d'Electronique de Montpellier, associé au CNRS (UA391), Université des Sciences et Techniques du Languedoc, place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier Cedex 5, France

(Reçu le 30 avril 1990, accepté le 20 août 1990)

Résumé. — Nous comparons deux technologies de réalisation de contacts or-GaSb p naturel et GaSb p⁺ diffusé Zn mettant en œuvre l'évaporation thermique et la pulvérisation. Nous montrons la sensibilité du diagnostic de bruit pour l'évaluation de la qualité de ces contacts.

Abstract. — We compare the resistance and the noise of gold contacts on p GaSb realized either by evaporation or by sputtering. We show the strong sensitivity of the low frequency noise to the quality of the contact.

1. Introduction.

La qualité des contacts électriques ohmiques influence fortement les performances de la plupart des dispositifs à semiconducteurs. La résistance d'un contact métal semiconducteur dépend :

1) *de la nature de la barrière d'interface.* La hauteur de cette barrière est définie par les affinités électroniques respectives du métal et du semiconducteur et/ou par les états à la surface du semiconducteur pouvant entraîner un blocage du niveau de Fermi ;

2) *du mode de conduction* à travers cette barrière : effet thermoionique, thermoionique assisté par le champ, tunnel [1] ;

3) *de la technologie d'élaboration* du contact conduisant à des couches interfaciales parfois complexes.

Pour améliorer la qualité d'un contact il faut donc rechercher à abaisser cette barrière (choix du métal) à favoriser le mode de conduction conduisant à des résistances ohmiques de faibles valeurs, à maîtriser la technologie d'élaboration de ces contacts (modes de dépôt, type de recuit). Dans le cadre d'une étude de photodétecteurs méssa à base de GaSb ou GaAlSb [2, 3] nous avons été amenés à réaliser des contacts par photolithographie sur ces matériaux de type p. En raison du blocage du niveau de Fermi près de la bande de valence de GaSb [4], la barrière métal semiconducteur est pratiquement inexistante, ce qui conduit à des contacts

ohmiques métal GaSb sans procéder à des opérations de surdopage en surface du semiconducteur ou de recuit de contacts.

Dans cet article nous montrons que la technologie de dépôt de l'or (évaporation thermique ou pulvérisation) influence considérablement la qualité du contact. Cette qualité est estimée au 1^{er} ordre par les mesures de résistance de contact, au 2^e ordre par les mesures de bruit de contact.

2. Technologie de réalisation de contacts.

Les contacts sont réalisés sur des substrats de GaSb de type p ($p = 2,2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, $\mu_p = 430 \text{ cm}^2/\text{V.s}$) et sur des couches diffusées Zn [5] dans ce même substrat ($p_{\text{surface}} \approx 10^{18} \text{ cm}^{-3}$). L'évaporation thermique d'or est réalisée dans un groupe à vide cryogénique atteignant une pression de 10^{-7} mbar. La pulvérisation a été réalisée au LAAS (Toulouse) dans un bâti Alcatel, la vitesse de dépôt est voisine de 2 nm/s sous 9×10^{-8} mbar. L'épaisseur des dépôts est de 250 nm .

Des dépôts d'or et d'or-zinc ont été réalisés, ils ont conduit à des résultats semblables.

La géométrie des contacts est un alignement de plots circulaires de diamètre $2a = 150 \mu\text{m}$, distants entre centres successifs de $b = 1 \text{ mm}$ (Fig. 1a). Cette géométrie est obtenue par

Fig. 1. — a) Géométrie des contacts utilisés pour la détermination de la résistance de contact ; b) Méthode de mesure de la résistance de contact.

[a] Geometry of the contacts used for the determination of the contact resistance ; b) Measurement set up.]

photolithographie lift-off. Les contacts ne sont pas recuits. Des fils d'or sont soudés aux ultrasons sur ces plots.

Avant dépôt, les surfaces sont polies mécano-chimiquement au Brome-Méthanol (0,25 % Br) rincés et séchés. Une étape de désoxydation est nécessaire juste avant l'introduction dans l'enceinte d'évaporation : l'échantillon est rincé dans une solution de ClH (10 %) puis séché dans l'azote sec.

3. Résistance de contact.

Indépendamment du dopage du matériau et de la technologie de dépôt d'or, tous les contacts sont ohmiques en l'absence de recuit.

Nous avons utilisé la méthode de mesure de résistance de contact décrite par Sifre [6]. Elle consiste à injecter le courant I entre les plots extrêmes et à mesurer les tensions entre le plot d'injection et les plots suivants (Fig. 1b). La tension mesurée sur le $(n + 1)$ -ème plot s'écrit

$$V_n = (R_c + R_{sn}) I$$

R_c désigne la résistance du contact injecteur, R_{sn} la résistance due au semiconducteur. L'analyse de la distribution du potentiel à la surface du semiconducteur dans cette configuration permet d'écrire :

$$R_{sn} = \frac{R}{2\pi} \left[\operatorname{Ln} \frac{c + \frac{b}{2a}\lambda - \frac{b}{a}n}{c - \frac{b}{2a}\lambda + \frac{b}{a}n} - \operatorname{Ln} \frac{c + \frac{b}{2a}\lambda - 1}{c - \frac{b}{2a}\lambda + 1} \right] \quad \text{avec} \quad c = \sqrt{\left(\frac{b}{2a}\lambda\right)^2 - 1}$$

$\lambda + 1$ = nombre de plots, R : résistance carrée de la couche.

Ainsi en écrivant $R_{sn} = R \cdot x_n$, la résistance du contact est déduite de l'extrapolation de la droite $R_n = V_n/I = f(x_n)$ en $x = 0$.

La figure 2 présente les variations de R_n en fonction de x pour les 2 types d'échantillons et les 2 types de dépôts métalliques.

Le tableau I donne les valeurs des résistances de contact déduites. On note sur les deux types d'échantillons :

- une diminution de R_c lorsque le dopage augmente ;
- une réduction de R_c sur les deux types d'échantillons lorsque le dépôt d'or s'effectue par pulvérisation.

C. H. Heinz [7] a étudié les contacts Au-Zn sur GaSb (p) $10^{17} < p < 2 \times 10^{18}$. Après un recuit optimisé 250 °C (15 mn sous atmosphère de H₂) les résistivités de contact varient entre 4×10^{-5} et $2 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}^2$.

4. Bruit de contact.

La mesure de tension de bruit entre deux plots a été effectuée en utilisant un amplificateur de tension faible bruit. Après amplification, le signal électrique est traité par l'analyseur de spectres FFT Hewlett Packard HP3562A qui donne, entre 10 et 100 kHz, la variation de la densité spectrale de tension de bruit.

Sur la figure 3 nous comparons deux spectres de densité spectrale de courant de bruit obtenus pour le même courant $I = 12,8 \text{ mA}$ dans les échantillons 3 et 4. Le niveau de bruit en $1/f$ est plus important pour les contacts évaporés que pour les contacts pulvérisés, il s'étend aussi plus loin en fréquence ; pour les contacts pulvérisés le niveau de bruit thermique est atteint entre 10^3 et 10^4 Hz , il n'est pas encore atteint à 10^5 Hz pour les contacts évaporés.

Fig. 2. — Variations de $R_n = f(x)$ pour les divers contacts : 1) or évaporé-GaSb p ; 2) or pulvérisé-GaSb p ; 3) or évaporé-GaSb diffusé Zn ; 4) or pulvérisé-GaSb diffusé Zn.

[Variations of $R_n = f(x)$ for the various contacts : 1) evaporated gold-p GaSb ; 2) sputtered gold-p GaSb ; 3) evaporated gold-Zn diffused GaSb ; 4) sputtered gold-Zn diffused GaSb.]

Table I. — Résistances de contact ($\Phi = 150 \mu\text{m}$) des divers échantillons étudiés.

[Contact resistances ($\Phi = 150 \mu\text{m}$) of the various investigated samples.]

Echantillon	GaSb p naturel Au évaporé 1	GaSb naturel Au pulvérisé 2	GaSb p ⁺ Au évaporé 3	GaSb p ⁺ Au pulvérisé 4
$R_c (\Omega)$	9,6	2,4	2,1	1,7
$\rho_c (\Omega \text{ cm}^2)$	$1,7 \times 10^{-3}$	$4,2 \times 10^{-4}$	$3,7 \times 10^{-4}$	3×10^{-4}

La figure 4 montre les variations de la densité spectrale de courant de bruit à 10 Hz en fonction du courant I traversant les contacts pour les quatre échantillons. $S_I(f)$ varie en I^2 pour les quatre échantillons. Pour les contacts réalisés sur GaSb p naturel on observe que le bruit des contacts pulvérisés est réduit de plus de 10^4 par rapport au bruit des contacts évaporés alors que la résistance de contact était réduite d'un facteur 4. Pour les contacts réalisés sur GaSb diffusé on observe aussi une réduction du bruit pour les contacts pulvérisés de presque deux modules alors que la résistance de contact était à peine inférieure à celle du contact évaporé (rapport 1,24).

Fig. 3. — Densités spectrales de courant de bruit $S_I(f)$ entre 10 et 10^5 Hz mesurées sur les échantillons 3 et 4 pour une même valeur du courant $I = 12,8$ mA.

[Noise current spectral density ($10 < f < 10^5$ Hz) for $I = 12,8$ mA measured on samples 3 and 4.]

Fig. 4. — Variations de la densité spectrale de courant de bruit à 10 Hz en fonction du courant traversant les contacts pour les quatre échantillons étudiés.

[Noise current spectral density at 10 Hz *versus* current for the 4 investigated samples.]

5. Conclusion.

Bien que le contact or/GaSb p soit naturellement ohmique, la résistance de ce contact dépend fortement de la technologie du dépôt métallique. Nous avons montré que la pulvérisation conduit à des contacts moins résistants que l'évaporation.

Nous avons aussi mis en évidence la grande sensibilité du bruit basse fréquence à la qualité du contact.

Bibliographie

- [1] PADOVANI F. A., STRATTON R., *Solid State Electron.* **9** (1966) 695.
- [2] BOUGNOT G., PASCAL F., ROUMANILLE F., BOUGNOT J., GOUSKOV L., DELANNOY F., GROSSE P., LUQUET H., *J. Phys. France* **49** (1988) C4-333.
- [3] PÉROTIN M., LUQUET H., GOUSKOV L., ABIALE ABI P., ARCHIDI H., LAHBADI M., MBOW B., PEREZ A., Proc. 19th Eur. Solid State. Device. Res. Conf. (Berlin 1989) p. 393.
- [4] CHYE P. W., LINDAU I., PIANETTA P., GARNER C. M., SU C. Y., SPICER W. E., *Phys. Rev. B* **18** (1978) 5545.
- [5] LUQUET H., GOUSKOV L., PÉROTIN M., RJEB A., ZAROURI T., BOUGNOT G., *J. Appl. Phys.* **60** (1986) 3582.
- [6] SIFRE G., BELMAS J., Rapport de contrat DGRST-72-7-0012. Alsthom CGE (1972).
- [7] HEINZ C. H., *Int. J. Electron.* **54** (1983) 247.