

Le bruit de grenaille dans une jonction tunnel Al-AlO_x-Al

Encadrant : Badih A. Assaf

Objectifs

- Fabrication d'une jonction tunnel en salle blanche.
- Caractérisation électrique et morphologique de la jonction.
- Mesure du bruit de Johnson-Nyquist et du bruit de grenaille (shot noise) de la jonction.
- Extraction d'une valeur numérique de la charge de l'électron.

Présentation

Une jonction tunnel consiste d'un isolant électrique de quelques nanomètres d'épaisseur intercalé entre deux conducteurs métalliques. C'est la définition la plus simple d'une jonction tunnel. (Fig. 1(a))

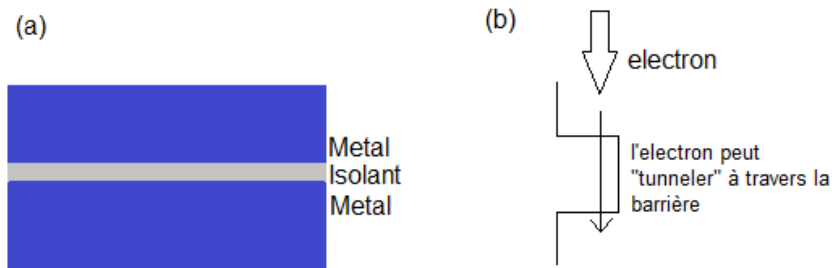


Fig. 1 (a) Schéma de la structure d'une jonction tunnel. (b) Transmission d'un electron à travers une barrière énergétique par effet tunnel.

La base fondamentale de la jonction tunnel n'est autre que le fameux problème de mécanique quantique qui consiste à calculer la propagation d'une particule à travers une barrière énergétique de hauteur finie (Fig 1 (b)).

Il suffit de résoudre l'équation de Schrödinger en 1D pour estimer la probabilité de transmission à travers la jonction :

$$\frac{p^2}{2m}\psi + U(x)\psi = E\psi$$
$$U(x) = \begin{cases} 0 & x < 0 \\ U_0 & 0 < x < a \\ 0 & x > a \end{cases}$$

Comment fabriquer une jonction tunnel ?

Pour un expérimentateur la fabrication d'une jonction tunnel présente un problème, avant tout, technique. Il faut arriver à séparer deux métaux d'une fine couche isolante (~2-3nm). Il faut ensuite arriver à contacter les deux métaux indépendamment à l'aide de contacts

métalliques aux dimensions précises pour pouvoir transmettre un courant électrique à travers la jonction et mesurer une tension entre ses bornes.

Des substrats de silicium oxydé (Si-SiO₂) serviront de supports pour ces dispositifs. Il faut donc arriver à :

1. « Dessiner » des contacts électriques métalliques sur le Si.
2. Déposer une première couche métallique de la jonction sur le premier contact.
3. Produire une barrière isolante sur cette couche.
4. Déposer la seconde couche métallique sur le second contact sans que les deux métaux ne soient en contact direct.

Ce travail va servir d'introduction à un process typique de l'industrie des semiconducteurs – la **lithographie optique**. En utilisant cette technique, Intel® arrive à fabriquer des transistors pour nos ordinateurs qui ne font que quelques dizaines de nanomètre en largeur. En ce qui concerne nos jonctions tunnels, elles vont nous servir à mesurer le bruit de grenaille qui a une valeur proportionnelle à celle de la charge fondamentale de l'électron. **Nous allons par conséquent pouvoir mesurer la VALEUR NUMERIQUE de la charge fondamentale de l'électron.**

Outils à votre disposition

La lithographie optique

La lithographie est une technique utilisée dans la technologie des semiconducteurs, qui consiste à « imprimer » des formes géométriques sur un substrat. Les différentes étapes d'une lithographie sont résumées dans la figure 3. Dépôt d'une résine (polymère) sensible aux rayons UV.

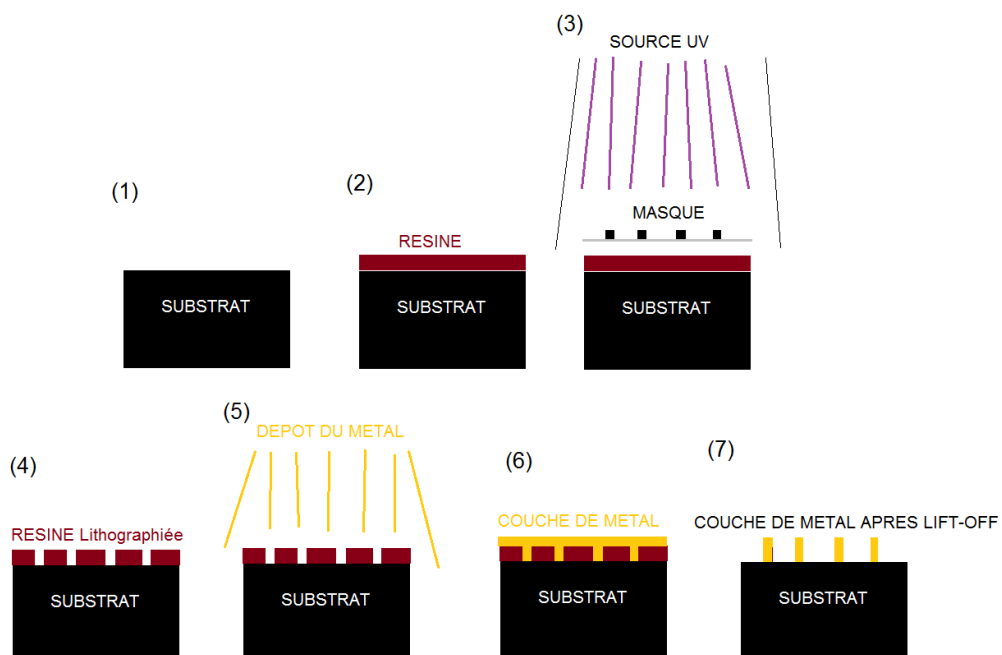


Figure 3. Les différentes étapes d'un process de lithographie. (1) Substrat vierge. (2) Dépôt d'une résine sur le substrat. (3) Insolation de la résine aux UV à travers un masque qui permet de reproduire les formes ou les traits du masque sur la résine. (4) La résine lithographiée après un développement dans une solution appelée développeur. (5) Dépôt d'un métal à travers les trous laissés dans la résine. (6) Couche de métal après le dépôt. (7) Lift-off de la résine

Les évaporateurs pour le dépôt de métaux

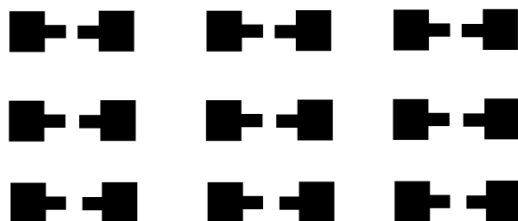
Vous avez à votre disposition un évaporateur thermique. C'est une chambre à vide où des métaux sont sublimés ou évaporés par chauffage thermique. Les métaux disponibles sont l'or Au, le chrome Cr et l'aluminium Al. L'évaporateur est équipé d'un support d'échantillon rotatif qui permet de faire un dépôt sous angle.

L'aluminium s'oxyde facilement dans l'O₂ pour donner l'oxyde d'aluminium (ou l'alumine Al₂O₃). L'Al oxydé est un très bon isolant. Vous allez donc utiliser l'Al oxydé comme couche d'oxyde dans votre jonction tunnel.

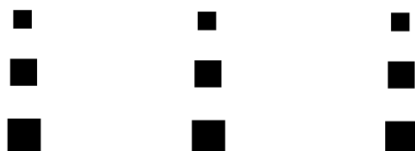
Deux masques optiques :

Enfin, vous aurez aussi à votre disposition deux masques optiques contenant les formes géométriques ci-dessous :

Masque Contacts:



Masque Jonction:



Procédure

Les deux premières journées de ce travail expérimental sont dédiées à la fabrication d'une jonction tunnel. Après avoir bien compris la procédure décrite ci-dessus (la lithographie

optique) et en utilisant les masques disponibles, essayer de concevoir une stratégie pour la fabrication d'une jonction tunnel.

Essayer de vous poser les questions suivantes :

1. Comment faire pour fabriquer les contacts électriques en Au de forme bien définie?
2. Comment faire pour fabriquer une couche isolante intercalée entre couches métalliques (d'Aluminium) ? **La couche isolante ne doit pas être exposée à l'air avant le dépôt de la deuxième couche.**

Les détails de la procédure seront discutés avec l'encadrant au cours de la durée du travail expérimental.