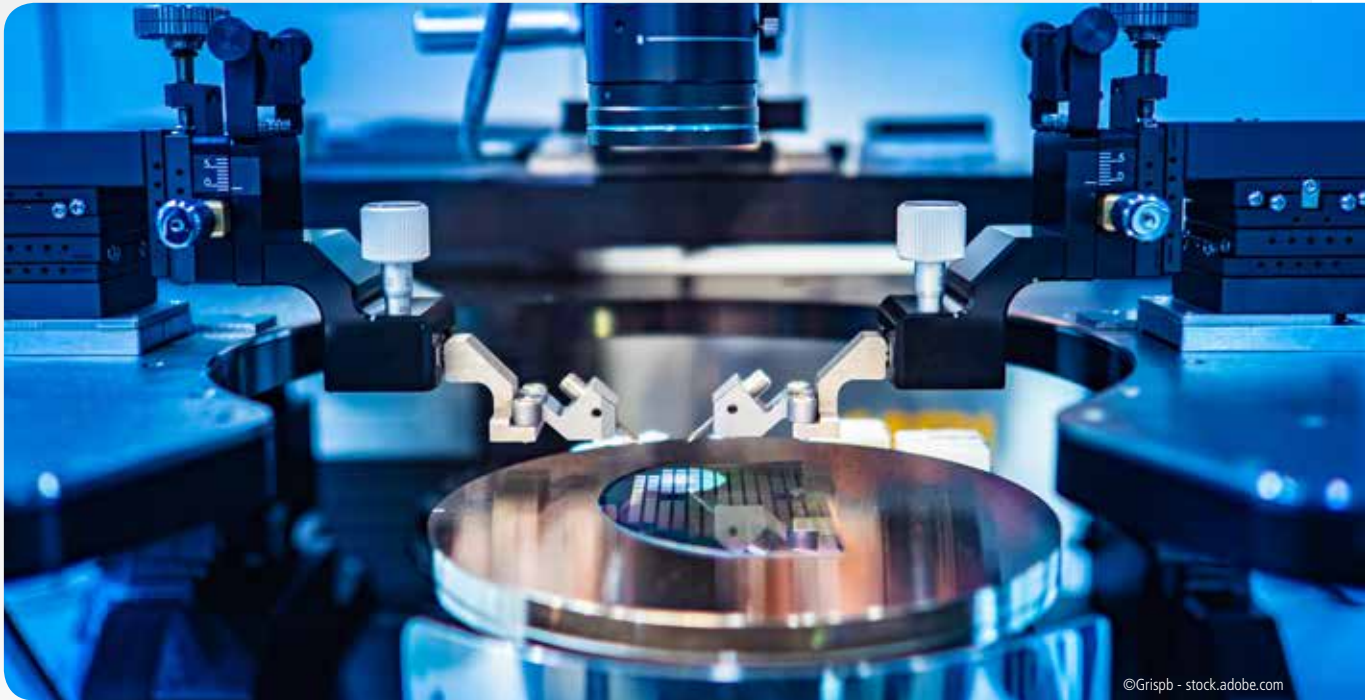


## RAPPORT TECHNIQUE



©Grispb - stock.adobe.com

### SOLUTIONS DE THERMOSTATISATION DANS L'INDUSTRIE DES SEMI-CONDUCTEURS

De nos jours, chaque smartphone contient mille fois plus de puissance informatique que celle dont disposait la NASA à l'époque de la mission Apollo. C'est à l'industrie des semi-conducteurs que nous devons cela. Elle permet de stocker toujours plus de puissance dans des espaces toujours plus petits, et repousse le champ des possibles techniques et physiques. Elle utilise des procédés de haute précision, qui permettent le montage de circuits très complexes et observables uniquement après agrandissement. Dans l'industrie des semi-conducteurs, il y a très peu de place pour l'erreur. De nombreuses étapes des procédés sont liées à une thermostatisation à la précision absolue.

## **WAFER – L'ÉPINE DORSALE DU MONDE MODERNE**

Dans notre quotidien, nous sommes entourés d'électroniques de commande sophistiquées. Les composants basés sur des semi-conducteurs forment la base du monde moderne. Ils sont montés sur de fines plaques, appelées wafers, et fabriquées à partir de semi-conducteurs monocristallins ou polycristallins (ingots). Pour la production de micro-circuits, que l'on retrouve notamment dans les processeurs, les mémoires flash et vives, les entreprises technologiques utilisent souvent des wafer en silicium comme plaque de base avec un diamètre de 300 mm et une épaisseur de 0,9 mm. Dessus, plusieurs centaines de processeurs sont fabriqués en parallèle. Ils seront séparés seulement à la fin de la production. Dans les processeurs modernes, on peut retrouver jusqu'à un milliard de transistors sur la surface d'un ongle. Les techniques de câblage et de soudage classiques sont dépassées depuis longtemps. On fait donc appel à des procédés micro-chimiques de haute précision, qui permettent de monter les circuits en couches individuelles très fines.

## **PROCÉDÉS DE L'INDUSTRIE DES SEMI-CONDUCTEURS, EXEMPLE DE LA MICRO-PUCE**

Pour simplifier, un wafer peut accueillir de nombreux circuits intégrés identiques grâce à différents procédés de revêtement, d'exposition, de diffusion, de dopage et de gravure. Les couches conductrices sont posées et masquées à l'aide d'un vernis sensible à la lumière. L'effet de la lumière provoque une mutation chimique du vernis. Les zones soumises à la lumière par un procédé de gravure chimique humide sont supprimées. La photorésine résiduelle est ensuite transférée sur les couches inférieures grâce à un procédé de gravure sèche. Les découpes réalisées dans le matériau sont remplies par la suite par un matériau non conducteur (des oxydes majoritairement). Les saillies d'oxyde doivent ensuite être retirées avec précision, afin que les surfaces de contact soient libérées pour la suite de la fabrication. C'est au tour de l'étape suivante. Encore une fois, nous avons nettement simplifié le procédé.

En réalité, de nombreuses couches intermédiaires sont appliquées. Elles servent à protéger les couches inférieures lors de certaines étapes, et servent ainsi de couche d'arrêt. Une fois leur mission réalisée, leurs restes doivent être retirés. La couche de base de la micro-puce est composée de lignes de matériau semi-conducteur ultra fines, auxquelles sont attribuées différentes conductivités (matériau P et N) à l'aide d'une pollution ciblée (dopage), de manière à contrôler le flux en appliquant une tension d'alimentation.

Pendant près de trois mois et après 1 500 étapes (désinfection et tests inclus), ce procédé de couches permet de créer sur un wafer de 300 mm de diamètre plus de 10 km de lignes conductrices, dont la largeur et la hauteur équivalent à peine quelques couches d'atome.

La précision des traitements de surface est inférieure à un nanomètre, ce qui correspond à seulement quelques couches d'atome. Une telle précision peut être atteinte exclusivement grâce à des procédés reproductibles à 100 % et précis, pour lesquels tous les facteurs doivent être régulés. Environ un quart des procédés de base sont inutiles lors des étapes chimiques humides.

## **THERMOSTATISATION DES BAINS DE GRAVURE CHIMIQUE HUMIDE DANS L'INDUSTRIE DES SEMI-CONDUCTEURS**

Pour la gravure humide, un matériau rigide est liquéfié par une solution chimique. Les solutions utilisées sont définies en fonction du matériau à retirer afin qu'elles soient hautement sélectives.

Afin d'atteindre une précision à un nanomètre près, les taux de gravure (le retrait de matériau par unité de temps) doit être connu dans les moindres détails et rester constant le plus longtemps possible. En outre, les produits de réaction doivent être immédiatement dissous afin de ne pas polluer la solution de gravure. Le partenaire de réaction dissous dans la solution de gravure perd de sa concentration à mesure que la quantité de wafers à traiter augmente. C'est pour cela qu'il faut remplacer régulièrement la solution. En plus de la concentration, la température du bain de gravure a une influence directe sur le taux de gravure, car la solution chimique devient généralement réactive quand la température augmente. En outre, la température influence la vitesse de dissolution des produits de réaction dans la solution.

La température des bains de gravure joue donc un rôle central dans l'industrie des semi-conducteurs. Des écarts de température minimes du bain de gravure peuvent avoir des conséquences catastrophiques et rendre totalement inutilisable tout un lot de wafers. Pour le traitement chimique humide, des systèmes de thermostatisation haute précision et sûrs sont utilisés. Ils doivent être en mesure de maintenir avec une précision absolue la température à la valeur définie, et de réagir rapidement à toute variation de la température. En outre, ils doivent tempérer rapidement le bain de gravure, immédiatement après le changement de la solution, afin de garantir un flux de production constant.

### **RÉSUMÉ**

La fabrication de lignes conductrices, nettement plus fines qu'un cheveu humain, nécessite une précision absolue à un nanomètre près. De nombreux procédés de la fabrication de semi-conducteurs requièrent une thermostatisation exacte. Au cours d'un nombre quasi infini d'étapes, des couches ultra fines sont posées et en partie bloquées, et les pièces non bloquées doivent être retirées avec une précision absolue. Afin que les taux de gravure restent stables et puissent être calculés dans le cadre de procédés chimiques humides, il faut que les bains de gravure maintiennent une température optimale. Cela nécessite des solutions de thermostatisation fiables et précises, qui sont de préférence calibrées en fonction du domaine d'utilisation.

Un système de thermostatisation parfaitement équilibré améliore non seulement le rendement, mais augmente aussi la sécurité des procédés et réduit en outre la durée et les coûts de production ainsi que la maintenance. Notre équipe expérimentée et qualifiée est composée de spécialistes de la thermostatisation de procédés pour l'industrie des semi-conducteurs. Elle est à votre entière disposition. Nous pouvons bien évidemment adapter nos solutions de thermostatisation à vos besoins.