

Thèse no 4132

Résistance thermique de contact
entre isolateurs

Thèse
présentée

à l'École polytechnique fédérale, Zurich
pour l'obtention du
grade de Docteur ès sciences naturelles

par

YVES BAER

physicien dipl. EPF
né le 8. 12. 1937
d'Ottenbach, canton de Zurich

acceptée sur proposition
du professeur G. Busch, rapporteur
du professeur J. L. Olsen, corapporteur

Springer-Verlag
Berlin · Heidelberg · New York

1968

Résistance thermique de contact entre isolateurs

Y. BAER

Laboratorium für Festkörperphysik
der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich

Reçu le 15 mars 1968

Thermal Resistance of Contact between Insulators

The transport of heat between smooth sapphire surfaces has been measured in ultra-high vacuum in the temperature range from 15 to 300 °K. The contact consists of a sphere pressed against a plane with a variable load up to 5 kp. In this way the contact shape is well defined and reproducible. The thermal resistance can be separated into two terms: the constriction resistance and the boundary resistance. A model has been developed to describe the last term. Two parameters must be introduced to take into account the phonon scattering at the interface. The experimental results as a function of load and temperature are in very good agreement with such a model. The influence of different surface treatments is also well explained. Additional results for the contact between rough surfaces, which needs a simple extension of the previous theory, are reported.

La résistance thermique de contact entre les faces polies de deux saphirs a été mesurée sous ultra-haut vide dans un domaine de température allant de 15 à 300 °K. Afin d'avoir des conditions géométriques bien définies et reproductibles, le contact est formé en pressant une face sphérique contre une face plane avec une force variable allant jusqu'à 5 kp. Une telle résistance thermique se compose de deux termes: la résistance de pincement et la résistance de surface. Pour décrire cette dernière, un modèle est développé qui fait intervenir deux paramètres permettant de tenir compte de la diffraction des phonons à l'interface. Les résultats expérimentaux en fonction de la force appliquée et de la température sont en bon accord avec ce modèle qui permet d'autre part d'interpréter l'influence des différents traitements de surface. Une dernière expérience est consacrée au contact entre des surfaces rugueuses; dans ce cas, la théorie doit subir de légères modifications.

Der Wärmewiderstand des Kontaktes zwischen zwei polierten Saphirflächen wurde im Ultrahochvakuum von 15 bis 300 °K gemessen. Der Kontakt besteht aus einer kugelförmigen und einer ebenen Fläche mit einer variablen Anpreßkraft bis zu 5 kp, so daß die Kontaktgeometrie reproduzierbar und gut definiert ist. Der Kontaktwiderstand läßt sich in zwei Anteile zerlegen, nämlich den Konstriktionswiderstand und den Oberflächenwiderstand. Zur Beschreibung des zuletzt genannten wird ein Modell vorgeschlagen, das mit Hilfe von zwei Parametern die Phononenstreuung an den Grenzflächen berücksichtigt. Die Temperatur- und Kraftabhängigkeit sowie der Einfluß der verschiedenen Oberflächenbehandlungen lassen sich mit diesem Modell interpretieren. Ferner wird der Wärmekontakt zwischen rauhen Flächen untersucht. Die Theorie läßt sich für diesen Fall verallgemeinern.

1. Introduction

Lorsque deux corps solides sont pressés l'un contre l'autre avec une certaine force, une portion de leur surface respective se touche et l'on dit qu'ils sont en contact. Les aspects mécaniques et électriques du contact sont d'une importance technique évidente et ont donné lieu à d'innombrables études. Par contre le problème du contact thermique n'a jamais suscité beaucoup d'intérêt. Celui-ci intervient pourtant dans une foule de domaines mais il est plus simple et plus sûr de recourir directement à des tests expérimentaux dans les conditions requises.