

ÉTUDE PARAMÉTRIQUE DU TRANSISTOR THERMIQUE RADIATIF À BASE DE DIOXYDE DE VANADIUM

La conception de systèmes thermiques performants est une étape essentielle à la maîtrise des flux de chaleur. Parmi les concepts de composants thermiques existants, le transistor thermique radiatif à base de dioxyde de vanadium apparaît dans les plus prometteurs. La description paramétrique de ce composant, absente dans la littérature, constitue l'objet d'étude de la thèse présente. Le dispositif fonctionne en mettant à profit le changement de réflectivité induit par la transition de phase diélectrique-métallique du matériau. Son comportement thermique se décrit en fonction des flux de chaleur et des températures imposées à ses bornes. L'optimisation des possibilités de contrôle thermique nécessite alors de connaître les grandeurs thermiques impliquées et leurs dépendances envers les paramètres de conception. Le formalisme de l'électrodynamique fluctuatoire est utilisé quantitativement pour fournir une description qualitative du comportement du transistor. Les différents régimes de fonctionnement du dispositif sont déterminés via les grandeurs caractéristiques. Nous exposons ces grandeurs selon une normalisation adéquatement proposée. Les discussions qui s'ensuivent visent aussi à aider à saisir les mécanismes à l'oeuvre lors du fonctionnement du composant. Nous mettons en évidence les implications liées aux effets combinés de la semi-transparence de la base, avec le rayonnement en champ proche (incluant les polaritons de surface et plus généralement les ondes évanescentes), et ce au cours de la transition de phase du dioxyde de vanadium. L'influence des différentes températures est aussi prise en compte. Le travail fourni forme une base méthodologique de caractérisation et d'optimisation du transistor thermique.

Mots clés : transferts de chaleur, rayonnement en champ proche, ondes évanescentes, électrodynamique fluctuatoire, dioxyde de vanadium, transistor thermique, semi-transparence

PARAMETRIC STUDY OF THE RADIATIVE THERMAL TRANSISTOR BASED ON VANADIUM DIOXIDE

The design of effective thermal systems is an essential step to the art of controlling thermal fluxes. Among the currently conceptualised thermal components, the radiative thermal transistor based on Vanadium dioxide appears as one of the most promising. The device works by taking advantage of the change in the reflectivity induced by the metal-to-insulator phase transition of the material. Its thermal behaviour is described according to the thermal fluxes and the fixed temperatures of the terminals. Achieving optimal thermal control involves to know the implied thermal quantities and their dependencies on the design parameters. Fluctuational electrodynamics is used quantitatively in order to provide a qualitative description of the behaviour of the transistor. The different operating regimes of the device are determined based on the characteristic values. These values are exposed following a proposed, relevant normalisation. The following discussions also aims for helping with understanding the mechanisms involved during the running of the device. We shed light on the consequences linked to the combined effects on the semi-transparency of the base with the near-field heat transfer (including surface polaritons, and, more generally evanescent waves), along the phase transition of Vanadium dioxide. The influence of the different temperatures is also taken into account. The provided work shapes a methodological basis of characterisation and optimisation of the thermal transistor.

Keywords: heat transfer, near-field radiation, evanescent waves, fluctuational electrodynamics, Vanadium dioxide, thermal transistor, semi-transparency