

phys. stat. sol. (a) **117**, 177 (1990)

Subject classification: 68.60; S4

Institute of Electronics, Academy of Sciences of the Belorussian SSR, Minsk¹

Electromigration, Stresses, and Pulse Effects in Thin-Film Conductors

Model

By

V. M. KOLESHKO and I. V. KIRYUSHIN

It is theoretically shown that electromigration can lead to the formation of high electrodiffusional mechanical stresses in a thin-film conductor and a stress gradient along it. The integrodifferential equation with partial derivative determined at one point is obtained and solved. The equation describes the process of mechanical stress gradient build-up (relaxation). It is shown that this equation can be reduced to the equation of diffusion by proper choice of the boundary conditions, the relaxation time constant t_e is independent of the electric current density and determined by the mechanical and diffusional properties of the conductor material, its structural and geometric parameters, and temperature. For pulsating current, the mass flow increases with decreasing pulse duration and reaches a maximum when the pulse duration becomes less than the critical value $\tau_{\max} = (10^{-3} \text{ to } 10^{-2}) t_e$. The projections' growth on a conductor during electromigration is caused by relaxation of electrodiffusional stress exceeding the yield limit of thin films.

Теоретически показано, что электромиграция может приводить к образованию больших электродиффузионных механических напряжений в тонкопленочном проводнике и градиента напряжений вдоль него. Получено и решено численно интегро-дифференциальное уравнение с частной производной, определенной в одной точке, которое описывает процесс установления (релаксации) градиента механических напряжений. Показано, что выбором граничных условий его можно свести к уравнению диффузии, причем постоянная времени релаксации t_e не зависит от плотности тока, а определяется механическими и диффузионными свойствами материала проводника, его структурными и геометрическими параметрами и температурой. При пульсирующем токе массоперенос возрастает с уменьшением длительности импульса и достигает максимума, когда последняя становится меньше критического значения $\tau_{\max} = (10^{-3} \text{ до } 10^{-2}) t_e$. Рост выступов на проводнике при электромиграции обусловлен релаксацией электродиффузионных напряжений, превышающих предел текучести тонкой пленки.

1. Introduction

Electrodiffusional degradation of thin-film conductors often leads to metallization failure in LSIs and VLSIs [1 to 3]. Mass transfer in thin films was analyzed using a generalized model [2, 4, 5], in which the ion diffusion due to electron wind, gradient of concentration, mechanical stresses, and temperature were taken into account. Mechanical stresses are due to physicochemical conditions of thin film deposition and depend on the physicochemical properties of the film and substrate materials. Taking into account mechanical stresses it has become possible to explain the growth of hillocks and filamentary crystals

¹) Logoiskí Trakt 22, SU-220 841 Minsk 90, USSR.