

Michał A. Borysiewicz

MAGNETRON SPUTTER DEPOSITION OF ELECTRONIC FUNCTIONAL MATERIALS: MAX PHASES FOR OHMIC CONTACTS AND THIN ZnO FILMS FOR TRANSPARENT ELECTRONICS

ABSTRACT

The application of magnetron sputtering for the technology of GaN-based power electronic devices as well as for ZnO-based optoelectronic and sensing devices is presented in the frames of this dissertation. An overview of the current state-of-the-art in the area is given and by taking advantage of a modern magnetron sputtering technique with post-deposition annealing along with wide array of characterization methods, the formation of selected functional materials is studied, and their structural, chemical, optical and electrical properties are discussed and related to the process conditions in order to develop reliable fabrication technology. In particular, Ti_2AlN MAX-phase-based contact metallizations on n-GaN were developed using room temperature magnetron sputtering with subsequent annealing exhibiting ohmic I-V characteristics stable after annealing at 300°C, 400°C and 500°C in ambient air for 100 hours each, which is a result progressing beyond the state-of-the-art. On the other hand, undoped high purity and highly resistive monocrystalline ZnO thin films were fabricated on Al_2O_3 substrates through high temperature reactive magnetron sputtering using Zn and ZnO targets with the application of buffer layers. P-type doping experiments were realized on the ZnO using Ag as the potential acceptor dopant. Finally, nanostructured nanocoral ZnO films were developed by reactive magnetron sputtering with subsequent oxidation annealing. These structures, being to the best of knowledge the only ZnO nanostructures reported fabricated by means of the vacuum technique of magnetron sputtering exhibit highly developed surfaces, making them potential candidates for large-scale sensing applications.

STRESZCZENIE

W ramach pracy zaprezentowano zastosowania techniki magnetronowego rozpylania katodowego do technologii przyrządów wysokiej mocy opartych na GaN oraz przyrządów optoelektronicznych oraz czujnikowych opartych na ZnO. Zaprezentowano przegląd istniejącego stanu wiedzy w dziedzinie a także wykorzystując metody rozpylania katodowego z wygrzewaniem poosadzeniowym wraz z szerokim wachlarzem metod charakteryzacji, zbadano zarówno formowanie się wybranych materiałów funkcjonalnych jak i ich własności strukturalne, chemiczne, optyczne oraz elektryczne, a także powiązano je z warunkami procesowymi w celu opracowania powtarzalnej technologii wytwarzania. W szczególności opracowano termicznie i chemicznie stabilne metalizacje kontaktowe dla GaN n-typu oparte na fazie MAX Ti_2AlN wytwarzane przy pomocy rozpylania katodowego prowadzonego w temperaturze pokojowej wraz z wygrzewaniem poosadzeniowym. Złącza te wykazują omowe charakterystyki prądowo-napięciowe, które pozostają stabilne po stugodzinnych wygrzewaniach w powietrzu w temperaturach 300°C, 400°C i 500°C, co jest wynikiem światowej klasy. Ponadto wytworzono niedomieszkowane wysokooporowe monokrystaliczne cienkie warstwy ZnO o wysokiej czystości na podłożach Al_2O_3 na drodze wysokotemperaturowego magnetronowego rozpylania katodowego z wykorzystaniem tarcz Zn i ZnO oraz przy zastosowaniu warstw buforowych. Przeprowadzono eksperymenty nad domieszkowaniem warstw ZnO na typ p z zastosowaniem srebra jako potencjalnego akceptora. Ostatecznie opracowano nanostrukturalne nanokoralowe warstwy

ZnO wytwarzane poprzez reaktywne rozpylanie katodowe i następujące po nim utlenianie. Warstwy te, będące wg stanu wiedzy jedynymi nanostrukturami ZnO wytwarzanymi próżniową metodą rozpylania katodowego, wykazują wysoce rozwinięte powierzchnie, czyniące z nich potencjalnych kandydatów do wielkoformatowych zastosowań czujnikowych.