

Schlussbericht zum Projekt

“Transmissionselektronenmikroskopie zur Beurteilung des
Wachstums neuer Materialien für Bauelemente“

Förderkennzeichen: 01BM804/5

Förderzeitraum

01.01.1998 – 31.12.2000

Friedrich-Schiller Universität Jena Institut für Festkörperphysik (Dr. U. Kaiser)
Institute of Microelectronics Technology and High Purity Materials of RAS,
Chernogolovka (Dr. I. Khodos)
Institute of Catalysis of RAS, Novosibirsk (Dr. A. Chuvilin)

Kurzfassung zum Schlussbericht in Englisch

Im Rahmen des Projektes arbeiten drei Institute, das Institut für Neue Materialien in Chernogolovka, das Institut für Katalyse in Novosibirsk und das Institut für Festkörperphysik in Jena zusammen und erarbeiteten neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Methodik der Transmissionselektronenmikroskopie, der Struktur von Defekten in Halbleiterschichten und dem Gebiet der Korrelation von wachstumsbedingten Effekten auf die optischen Anwendungseigenschaften.. Durch die im Projekt getätigten Anschaffungen wurde eine effektive Zusammenarbeit zwischen den Instituten ermöglicht. Diese konnte durch 7 gemeinsame Publikationen in renommierten Zeitschriften und 5 Konferenzbeiträgen im Berichtszeitraum dokumentiert werden. (Siehe Publikationsliste).

Erzielte Ergebnisse

Im ersten und zweiten Jahr wurden zwei wesentliche Voraussetzung für ein effektives Arbeiten mit den Projektpartnern geschaffen, die in der Anschaffung der Workstation für den Projektpartner in Novosibirsk und in der Anschaffung der Ionendünnungsanlage in Chernogolovka (siehe unten) bestanden. Hierdurch konnten bei den Projektpartners einerseits umfangreiche Simulationsarbeiten und zum anderen die Herstellung der TEM-Proben durchgeführt werden. Es wurden Grenzflächen- und Schichtdefekte in den Halbleiterschichten wie Versetzungsbildung, Zwillingsbildung, Stapelfehler, Korngrenzen und der Polytypenwechsel untersucht und in Einzelfällen deren Entstehung simuliert. Zwei Publikationen sollen hervorgehoben werden: 1. „On the peculiarities of bright/dark contrast in HRTEM images of SiC polytypes“ (Kaiser, Chuvilin, Richter) [3], diese zeigt wie der Hochauflösungskontrast im Halbleitermaterial SiC durch die Nichtzentrosymmetrie des Materials verstanden werden kann und stellt eine grundlegend neue Interpretation dar, die für andere Materialien übertragbar ist.. 2. „An unequivocal method for the determination of Burgers vectors of partial dislocations in the fcc lattice and its application to cubic SiC films“ (Kaiser, Khodos) [13], hier wird eine Methode vorgestellt, mit der alle Burgersvektoren im fcc-Gitter bestimmt werden können, sie ist allgemeingültig und konnte am Material SiC demonstriert werden.. Ein wichtiger Parameter des Materials (kubisches SiC), seine Stapelfehlerenergie, konnte durch Anwendung der Methode erstmalig bestimmt werden. Ein weiterer Schwerpunkt in den beiden ersten Projektjahren lag auf dem Verständnis der Schichtherstellungs-Struktur-Beziehung (siehe die Publikationen: [1,2,4]. Daraus ableitend wurden Rückschlüsse zur Optimierung der Schichtbildungsparameter gezogen werden..

Ein besonderer Schwerpunkt im Jahr 2000 lag auf der Interpretation der Defektstruktur in SiC und AlN, und GaN-Schichten im Zusammenhang mit ihren optischen Parametern. [10,11].. Darüberhinaus lag ein weiterer Schwerpunkt auf der Erarbeitung eines Programms zur genauen Bestimmung der Gitterkonstante aus konvergenten Beugungsbildern.. Dieses ist ein notwendiges und in der käufliche Software bisher nicht vorhandenes .Werkzeug zur Bestimmung von Gitterverzerrungen und soll in Zukunft veröffentlicht werden. In der Zukunft sollen hiermit die Experimente zur Veränderung der Gitterkonstante von multi-quantum well Strukturen ausgewertet werden

Anschaffungen für die russischen Projektpartner:

Institut für Katalyse in Novosibirsk

1 Computer: (1998, 2000), 2 Printers, Software (1999)

Institut für neue Materialien in Chernogolovka

Ionendünnungsanlage (1999),

Hochspannungsisolatoren (Ti element) für das Transmissionselektronenmikroskop (1999)

Diamantsäge für die TEM-Probenpräparation (1999)

Negative für die Transmissionselektronenmikroskopie (1998-2000)

Publikationen

1. U.Kaiser, P.D.Brown, I.Khodos, D.Schenk, C.J.Humphreys, W.Richter. "The Effect of Growth Condition on the Structure of 2H-AlN Films Deposited on Si(111) by Plasma-Assisted Molecular Beam Epitaxy" .
J. Mater. Res. 1999, 14, 2036-2042.
2. U.Kaiser, I.Khodos, P.D.Brown, A.Chuvilin, M.Albrecht, C.J.Humphreys, A.Fissel, W.Richter. "A transmission electron microscopy investigation of SiC films grown on SiC substrates by solid-source molecular beam epitaxy",
J. Mater. Res. 14, (1999) 3226-3236.
3. U.Kaiser, A. Chuvilin, W. Richter. „On the peculiarities of bright/dark contrast in HRTEM images of SiC polytypes ,
Ultramicroscopy, 76 (1999) 21-37.
4. U. Kaiser, I. Khodos, J. Jinschek, W. Richter. „A TEM study of local non-uniformities in epitaxial 2H-AlN films on Si(111) substrate” .
J. Electron Microscopy, 1999, 48, 545-554.
5. U.Kaiser, I.Khodos, P.D.Brown, D.Schenk, W.Richter, "Structure of AlN films grown by molecular beam epitaxy on Si(111) substrate", Proc.of the Russian Academy of Sciences, Physical Seria, 67 (1999) 1358-1364.
6. U.Kaiser, I.I.Khodos, M.N.Kovalchuk, W.Richter. "Determination of Burgers of dislocations in 2H-AlN and 2H-GaN films"
Proc.XVIII Russian conference on electron microscopy, Chernogolovka 2000, p.45.
7. U.Kaiser, I.I.Khodos, M.N.Kovalchuk, W.Richter. "Nonuniformities of the structure of epitaxial AlN films on the Si substrate".
Proc.XVIII RCEM Chernogolovka 2000, p.47.
8. U.Kaiser, I.I.Khodos, P.D.Brown D.Schenk, W.Richter, "Structure of AlN films grown on Si(111) substrate by molecular-beam epitaxy", 2000 Proc.XVII Russian conference on electron microscopy, p.169.
9. Kaiser U., Gruzintsev A.N., Khodos I.I. "The dependence of ultraviolet and blue luminescence of GaN films on the substrate type" .
Proc.Conf. „Physical processes in non-ordered semiconductor structures“,Uljanovsk, 1999, p.11-14.
10. A.N.Gruzintsev, U.Kaiser, A.N.Georgobiani, M.O.Vorobiev, I.I.Khodos, W.Richter. "The fine structure of the edge ultraviolet luminescence of the plasma activated GaN:Mg films and the ZnO-GaN:Mg electroluminescent heterostructures on their base"
Inorganic Materials.2000, 38, 192-199
11. Kaiser U., Gruzintsev A.N., Khodos I.I., Richter W. "Substrate effects on the structure and optical properties of GaN Epitaxial films" .
Inorganic Materials, 2000, 36, 595-598.
12. U.Kaiser and I.I.Khodos. Dislocations in epitaxial AlN and GaN films, Poverhnost, 2000, (3) 257-262.
13. U.Kaiser and I.I.Khodos. "Unequivocal Determination of Burgers vectors of partial dislocations in the fcc lattice and its application to cubic SiC films,
Philosophical Magazine.A 2002, 82 (3) 541-551