

Slutrapport, ref. nr 14-375
Y-In-N thin films for optoelectronic and electroacoustic applications

Målet med projektet har varit att utveckla en process för syntes av tunna skikt av det nya materialet Y-In-N med magnetron sputtering, samt att utvärdera materialegenskaperna med avseende på optoelektriska och elektroakustiska tillämpningar.

Work package 1: Tillväxt av tunna skikt av YInN är en utmaning på grund av materialets metastabila natur samt på grund av låg temperaturstabilitet av InN. Inledande experiment resulterade i skikt med hög ytolämnhet och med låg kristallin kvalitet. Dessa problem löstes genom användande av ett groddlager av AlN som ledde till en tiofaldig reduction av ytojämnheten (uppmätt med atomkraftmikroskopi (AFM)) och förbättrad kristallin kvalitet (uppmätt med röntgendiffraktion (XRD)). Beräkningar av blandningsentalpin visade att den oönskade zinkblendefasen av ren InN i är nästan lika stabil som den önskade wurztitfasen men att stabiliteten för zinkblende minskar mer än för wurztit då InN legeras med små mängder av YN. Vi har bekräftat detta experimentellt där XRD visar att legering av YInN med 15% YN leder till ren wurztitfas med avsevärt förbättrad kristallin kvalitet. Vi beredde tunna skikt av $Y_xIn_{1-x}N$ i hela sammansättningsområdet med $x=0.00, 0.09, 0.15, 0.24, 0.28, 0.40, 0.53, 0.69$ och 1.00 . Höga koncentrationer resulterade, i enlighet med de teoretiska beräkningarna, i oordnad kristallin struktur. En speciell uppsättning prover tillverkades med elektroder för mätningar med piezoelektrisk nanoindentation.

Work package 2: Sammansättningen analyserades med RBS (Rutherford back-scatter spectrometry) vid Uppsalas university. Laterala och transversella gitterparametrar mättes upp med XRD och uppvisade god överensstämmelse med beräkningarna. Detta bekräftar att legeringen bildar fast lösning. Det optiska bandgapet hos materialet uppmättes med spektroskopisk ellipsometri och data uppvisar en trend af ökande bandgap med ökande legeringsgrad. En uppsättning prover har preparerats och är redo för mikrostrukturell analys med transmissionselektronmikroskopi. Dock har dessa analyser fördröjts, pga tekniska problem med elektronmikroskopet, varför inga resultat ännu finns att presentera. Dessa experiment kommer dock att genomföras under våren och kommer att inkluderas i en vetenskaplig artikel. Mekaniska nanoindentationstester visar att hårdheten av Y-In-N-skikten är jämförbara med ren InN. Vi beräknade även de piezoelektriska egenskaperna hos materialet som visar på att båda piezoelektriska koefficienterna e_{33} och d_{33} ökar med mer än 400% för $x=0.5$, vilket är jämförbart med den nyligen publicerade ökningen hos Sc-Al-N. Preliminär elektrisk karaktärisering visar att $Y_xIn_{1-x}N$ med $x=0.15$ har piezoelektriska egenskaperna jämförbara med ren InN.

Work package 3: Sammanställning av data och författande av en vetenskaplig artikel är pågående och kommer att slutföras under våren 2015.

Sammanfattningsvis har projekt 14-375 resulterat i:

- *Framgångsrik syntes och undersökning of det nya materialet Y-In-N (både experimentellt och teoretiskt) där de nyvunna kunskaperna om tillväxtprocessen och materialegenskaperna med säkerhet kommer att leda till nya projekt i framtiden.*
- *En presentation vid en vetenskaplig konferens (IWN2014 in Wroclaw, Poland).*
- *Publicering av en vetenskaplig artikel (manuskript skickas in under våren 2015).*

Stort tack för stödet till detta projekt!

Y-In-N thin films for optoelectronic and electroacoustic applications

Summary in English

The project resulted in successful synthesis and investigation of novel material Y-In-N (both experimental and theoretical), the knowledge obtained about the growth process and material properties will lead to new projects in the future. $Y_xIn_{1-x}N$ with $x=0.00, 0.09, 0.15, 0.24, 0.28, 0.40, 0.53, 0.69,$ and 1.00 were prepared to cover full compositional range. In-plane and out-of-plane lattice parameters were measured and compared with the calculations, and the match is very good. This confirms the formation of solid solution. By introducing low amounts of Y, the stability of the parasitic zinc blende phase is decreasing faster than for desired wurtzite crystal structure. We confirmed this experimentally: with up to 15% yttrium, the zinc blende phase is no longer detected using X-ray diffraction and crystal quality of the material improves tremendously. At higher concentrations, however, the crystalline structure of the material becomes more disordered, as expected from the theoretical predictions. Piezoelectric properties of this material were calculated as well, and we see that both piezoelectric coefficients e_{33} and d_{33} is increasing more than 400%, and is comparable to recently published data on better investigated Sc-Al-N. The collection of measurement data and the preparation of the manuscript are ongoing and will be finalized in spring 2015.