



Universiteit  
Leiden  
The Netherlands

## Conductance of perovskite oxide thin films and interfaces

Mubeen Dildar, I.

### Citation

Mubeen Dildar, I. (2013, February 6). *Conductance of perovskite oxide thin films and interfaces*. *Casimir PhD Series*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/20501>

Version: Not Applicable (or Unknown)

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/20501>

**Note:** To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/20501> holds various files of this Leiden University dissertation.

**Author:** Mubeen Dildar, Ishrat

**Title:** Conductance of perovskite oxide thin films and interfaces

**Issue Date:** 2013-02-06

## Samenvatting

Dit proefschrift behandelt de eigenschappen van dunne films en interfaces gemaakt van gedoopte manganaten met de perovskiet structuur en met perovskiet isolatoren. Deze materialen zijn van belang omdat de correlaties tussen de  $d$ -electronen van de Mn-ionen tot een bijzonder fenomeen leiden, namelijk een gekoppelde isolator-naar-metaal en paramagneet-naar-ferromagneet overgang, als het systeem wordt afgekoeld van hoge naar lage temperatuur. Er zijn verschillende openstaande vragen ten aanzien van de mechanismen hiervoor, met name in films die zo dun zijn dat de strain van belang wordt, die bijna onvermijdelijk geïnduceerd wordt door het substraat.

De fysica die ten grondslag ligt aan de faseovergang is die van een zogenoemde Mott isolator (in dit geval  $\text{LaMnO}_3$ ) waarin het driewaardige La vervangen wordt door tweewaardig Sr of Ca, zodat het systeem een metaal wordt, althans bij lage temperaturen. Wij hebben de magnetotransport eigenschappen van dunne films bestudeerd van twee welbekende materialen in de familie van manganaten,  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$  (LSMO) and  $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$  (LCMO). De hoeveelheid Sr (Ca) is hierbij zo gekozen dat daarmee de hoogste overgangstemperaturen binnen het doping-fasediagram bereikt worden.

De eerste vraag die onderzocht wordt heeft te maken met de sterke verlaging van de metaal-isolator (MI) overgangstemperatuur die optreedt wanneer de film onder rekspanning (strain) staat. We gaan in het bijzonder na of er in dit geval een andere ladingsdragerdichtheid optreedt. Hiervoor worden LSMO en LCMO films gegroeid met behulp van de zogenaamde sputter-techniek (zoals besproken in Hoofdstuk 3) op substraten met een verschillende roosterparameter. Vervolgens wordt het Hall effect gemeten. De resultaten, gepresenteerd in Hoofdstuk 4, laten zien dat er geen verschil is in ladingsdragerdichtheid voor films die wel of niet onder strain staan, en dat de verlaging van de overgangstemperatuur alleen het gevolg is van de kleinere bandbreedte van de Mn  $d$  electronen. De data laten echter

ook zien dat de ladingsdragerdichtheid gemiddeld over de filmdikte wel kleiner wordt als de films erg dun worden. Dit wordt toegeschreven aan de effecten van het grensvlak, en van de magnetisch dode lagen die zich daar vormen, waarbij de ladingsdiscontinuïteit tussen film en substraat waarschijnlijk een rol speelt. Verder laat het anomale Hall effect zien dat verschillende verstrooiingsmechanismes een rol spelen in dunne / gestraïnde of dikke / gerelaxeerde films.

Een andere vraag, besproken in Hoofdstuk 5, gaat over het gedrag van dergelijke films wanneer er bruggen van submicron afmetingen in worden aangebracht. For LCMO was al eerder gevonden dat in het smalle temperatuurgebied van de MI overgang de weerstand afhankelijk wordt van de stroom, in andere woorden dat de stroom (I) - spanning (V) karakteristiek niet-lineair wordt. Hier onderzoeken we het vergelijkbare LSMO, maar vinden heel ander gedrag. In bruggen met afmetingen groter dan  $1 \mu\text{m}$  zijn de IV karakteristieken perfect lineair, wat toont dat het Sr-gedoopte materiaal minder gevoelig is voor strain en wanorde dan het Ca-gedoopte materiaal. Voor bruggen van 300 nm breedte verandert dit, de IV-karakteristieken worden nu niet-lineair, maar dat is niet beperkt tot het gebied van de overgang. Het effect kan toegeschreven worden aan een lichte zuurstof-deficientie, mogelijk ontstaan tijdens de structurering.

Vervolgens wordt de aandacht verplaatst naar een ander vraagstuk (Hoofdstuk 6), namelijk de geleiding van het interface tussen de bandisolatoren  $\text{LaAlO}_3$  (Lanthaan aluminaat) and  $\text{SrTiO}_3$  (Strontium titanaat). Hierover is veel discussie, en het verschijnsel werd al intensief bestudeerd aan interfaces gegroeid met de zogenaamde pulsed laser deposition techniek (PLD) in een achtergrond van lage zuurstofdruk. Met de sputtertechniek moet een aanzienlijk hogere druk gebruikt worden om goede films en interfaces te groeien, en tot onze verrassing vinden we dat deze interfaces perfect isolerend zijn. Blijkbaar werkt de ladingsoverdracht (vaak elektronische reconstructie genoemd) die verondersteld wordt een rol te spelen bij het creëren van het geleidende interface, niet meer als er genoeg zuurstof tijdens de groei aanwezig is. Een gedetailleerde studie van de eigenschappen van de gesputterde  $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  films en interfaces toont aan dat La/Al verhouding in de film niet stoichiometrisch is, maar dat de films eerder  $\text{La}_{1.1}\text{Al}_{0.9}\text{O}_3$  zijn, waarschijnlijk omdat de hogere druk to een sterkere verstrooiing van het lichte Al atoom leidt. Deze verhouding groter dan 1 maakt het moeilijker om de hoeveelheid zuurstof aan het interface nog tijdens of na groei te variëren, wat leidt tot het isolerende karakter. Bij de geleidende interfaces gefabriceerd met de PLD techniek wordt een La/Al verhouding gevonden van minder dan 0.9. De depositiedruk, de La/Al verhouding en de geleiding van het interface zijn duidelijk gerelateerd, en zowel de stoichiometrie van de  $\text{LaAlO}_3$  film, als de zuurstof stoichiometrie aan het interface spelen een belangrijke rol bij de geleiding daarvan. Er werden ook magnetische metingen uitgevoerd aan de gesputterde en niet-geleidende interfaces, en ze bleken niet magnetisch. Dit is alweer anders dan voor de PLD-gegroeide geleidende interfaces. Aangezien het magnetisme verondersteld wordt samen te hangen met de aanwezigheid van zuurstofdefecten in de omgeving van de Ti atomen aan het interface benadrukt dit nogmaals het belang van de interface zuurstof stoichiometrie bij de mechanismen voor geleiding en magnetisme.