

ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurden ultradünne Schichten aus SrTiO_3 (STO) im Hinblick auf ihre Eignung als künstliche Barrieren für Quasiteilcheninjektions-Bauelemente untersucht. Hierzu wurden die Prozesse zur reproduzierbaren und homogenen Abscheidung dünner $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ (YBCO)- und STO-Einzelschichten sowie daraus aufgebauter Mehrlagenschichten auf STO-Substraten durch Kathodenzerstäubung mit einem invertierten Zylinder-Magnetron (IZM) optimiert.

Die Einzel- und Mehrlagenschichten wurden mittels Röntgendiffraktometrie, Rutherford Rückstreuung (RBS) und Rasterkraftmikroskopie (AFM) untersucht, wobei eine Mosaikbreite $\Delta\omega \approx 0,4^\circ$ und eine mittlere Rauigkeit $< 2\text{nm}$ für optimierte YBCO-Schichten festgestellt wurde. Diese Oberflächenqualität von YBCO erlaubte das homogene Aufwachsen von nur wenigen Einheitszellen dünnen STO-Schichten, die auch bei extrem geringer Dicke in YBCO/STO/Au-Multilagen eine gute elektrische Isolation zwischen der YBCO- und Au-Lage bewirken.

Solche Multilagen wurden durch Standard-UV-Photolithographie und Ionenstrahlätzen mit Argon zu Injektionstransistoren strukturiert. Die Dicke der YBCO- und Au-Elektroden betrug dabei jeweils 50-80 bzw. 50nm. Die Fläche des Injektionskontaktes variierte zwischen 5×20 und $5 \times 40 \mu\text{m}^2$.

Der Stromtransportmechanismus in den dünnen STO-Barrieren wurde an c-Achsen-orientierten YBCO/STO/Au-Injektionskontakten mit 2-30nm dicken STO-Barrieren untersucht. Aufgrund der Messungen der Leitfähigkeit als Funktion von Temperatur T , Bias-Spannung U und Dicke d konnte festgestellt werden, daß direktes oder resonantes Tunneln und Hopping über eine kleine Anzahl lokalisierter Zustände in der Barriere für die elektrische Leitfähigkeit im isolierenden Material verantwortlich ist. Elastisches Tunneln konnte an einer nominell 2nm dicken STO-Barriere mit einer Energielücke Δ von ungefähr 20meV für die (001)-Richtung von YBCO beobachtet werden. Bei dickeren STO-Barrieren herrscht dagegen inelastischer Hopping-Transport über lokalisierte Zustände vor, dessen niedrigste Ordnung, nämlich das Hüpfen über zwei lokalisierte Zustände, durch die Temperatur- und Bias-Spannungs-Abhängigkeiten $G_2^{hop}(T) \propto T^{4/3}$, $G_2^{hop}(U) \propto U^{4/3}$ charakterisiert wird. Mit wachsender Barrierendicke tragen zunehmend Hopping-Kanäle höherer Ordnung zum Stromtransport bei, wie Temperatur- und Bias-Spannungs-Abhängigkeiten belegen. Ein Übergang in "variable range hopping" (VRH)-Verhalten wurde an Kontakten mit dickeren Barrieren ($d > 20\text{nm}$) bei hohen Temperaturen bzw. hohen Bias-Spannungen beobachtet. Durch die Anpassung der experimentellen Daten an theoretische Modelle konnten physikalische Parameter der lokalisierten Zustände in den STO-Barrieren bestimmt werden. So ergab sich beispielweise für den Radius der lokalisierten Zustände ein Wert von $\sim 4,6 \times 10^{-8}\text{cm}$, was ungefähr der Gitterkonstanten der STO-Einheitszelle entspricht, sowie eine hohe Defektzustandsdichte von $\sim 6 \times 10^{19}(\text{eV})^{-1}\text{cm}^{-3}$. Für die Höhe der STO-Barriere wurde ein Wert von $\sim 0,4\text{eV}$ abgeschätzt.

Für Injektionsbauelemente mit 3nm dicken STO-Barrieren wurde ein Verstärkungsfaktor von ~ 5 bei 77K erzielt. Bessere Ergebnisse sind zu erwarten, wenn die Dicke der Barrieren, die Länge der aktiven Mikrobrücke oder die Betriebstemperatur noch weiter verringert werden.