

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Physikalische Grundlagen	7
2.1. Niedrigdimensionale Elektronensysteme	7
2.2. GaAs/AlGaAs-Heterostruktur	9
2.3. Quantenpunkte	12
2.3.1. Tunnelbarrieren	12
2.3.2. Ladungstransport durch einen QP mit schwacher Tunnelkopplung	13
2.4. Erzeugung eines quantisierten Stroms	17
2.4.1. Drehkreuze und Pumpen	17
2.4.2. Adiabatischer und nicht-adiabatischer Transport	18
2.5. Nicht-adiabatische Einzelelektronenpumpen auf Basis eines dynamischen QPs	19
2.5.1. Abhängigkeit von den DC-Gatespannungen	20
2.5.2. Auswirkung eines senkrechten Magnetfelds	21
2.5.3. Abhängigkeit von der gewählten Barrierenmodulation	22
2.5.4. Modellierung des Rücktunnelprozesses	23
3. Robuste lithographische Definition von lateralen Quantenpunkten	27
3.1. Materialsystem	28
3.1.1. Quanten-Hall-Effekt	28
3.1.2. Untersuchung der Varianz von Ladungsträgerdichte und Mobilität	29
3.2. Elektrische Kontaktierung	32
3.2.1. Prozesstechnik und Parameterwahl	34
3.2.2. Charakterisierung bei tiefen Temperaturen	35
3.3. Shallow-Etch	39
3.3.1. Trocken- und Nasschemische Ätzverfahren	40
3.3.2. Lacksystem	41
3.3.3. Entwicklung des Ätzverfahrens	44
3.3.4. Ätztiefe	49
3.3.5. Länge und Breite des Kanals	51
3.4. Metallische Gatestrukturen	53
3.5. Zwischenfazit	56

4. Mesoskopische Eigenschaften statischer Quantenpunkte	59
4.1. Reproduzierbarkeit mesoskopischer Eigenschaften	59
4.1.1. Verifizierung der Lithographie	60
4.1.2. Elektrische Charakterisierung grundlegender Probeneigenschaften	62
4.1.3. Ladeenergie und Hebelarme des statischen Quantenpunkts	65
4.2. Maximierung des geometrischen Einschlusses	69
4.3. Zusätzliche Gatestrukturen	73
4.3.1. Seitliches Gate am Rand des Kanals	74
4.3.2. Zusätzliches Gate auf dem Kanal	75
4.3.3. Maximierter Einschluss mit seitlichem Gate	77
4.4. Zwischenfazit	78
5. Quantenpunkte als Kandidaten für ein Quantenstromnormal	81
5.1. Grundlegende Verifizierung des gesamten Probensystems	82
5.1.1. Verifizierung der Lithographie	83
5.1.2. Verifizierung statischer Quantenpunkteigenschaften	84
5.2. Messaufbau rückgeführter Messungen	85
5.2.1. Transimpedanzverstärker	87
5.2.2. Programmierbares Josephson-Spannungsnormal	89
5.2.3. Schema des Messaufbaus	91
5.2.4. Ablauf einer Messsequenz	93
5.2.5. Stabilität und Messunsicherheiten	93
5.3. Verifizierung und Validierung einer Einzelelektronenpumpe	98
5.3.1. Verifizierung grundlegender elektrische Eigenschaften	98
5.3.2. Verifizierung der Eigenschaften des statischen Quantenpunkts	98
5.3.3. Validierung der Einzelelektronenpumpe	98
5.4. Reproduzierbarkeit	107
5.5. Zwischenfazit	111
6. Zusammenfassung	113
A. Anhang	117
A.1. Prozesstechnologie	117
A.2. Dimensionelle Verifizierung der Lithographie	123
A.3. Kryostatensysteme	127
A.4. Elektrische Messtechnik	130
Literaturverzeichnis	146