

Festkörperoptik

Guilherme Stein & Ulrich Müller

FKO abstract ...

Betreuer: Dr. Christoph Brüne

Experimentdurchführung: 10. October 2013

1 Einleitung

Halbleiter spielen heutzutage eine wichtige Rolle in vielen technischen Anwendungen. Die Bandlücke, ein Energiebereich in dem es keine quantenmechanischen Zustände gibt, macht diese Materialklasse interessant für viele Anwendungen in der Elektronik und der Optoelektronik. Silizium zählt dabei zu den indirekten Halbleitern und ist ein wichtiger Bestandteil vieler Metall-Oxid-Halbleiter Bauelemente. Für optisch aktive Halbleiterbauelemente werden in der Regel Halbleiter mit einem direkten Bandübergang verwendet, um eine hohe Wechselwirkung der Elektronen mit Licht zu ermöglichen. Genau diese Wechselwirkung ist für viele Bereiche der Physik von großem Interesse.

Ein etabliertes Werkzeug zur Charakterisierung von Halbleitern ist das Fourier-Transform-Infrarotspektrometers (FTIR). In diesem können Reflexions- und Transmissionsspektren einer Probe mit hoher Auflösung analysiert werden. Daraus lassen sich anschließend die Materialeigenschaften der Probe, wie komplexer Brechungsindex, Dotierkonzentrationen und Bandlücken berechnen.

2 Theorie

- Theorie

3 Experimenteller Aufbau

- Experimenteller Aufbau

4 Versuchsdurchführung

- Versuchsdurchführung

5 Auswertung

5.1 Gasabsorption in Luft

Am Anfang soll die Gasabsorption der Umgebungsluft untersucht werden. Dazu verwenden wir die Globarquelle, die ein kontinuierliches Spektrum von $500 \frac{1}{\text{cm}}$ bis zu $5000 \frac{1}{\text{cm}}$ aussendet. Dieses Spektrum wird auf dem Weg zum Detektor von der Umgebungsluft an manchen Stellen absorbiert, was uns die Spektralbereiche starker Gasabsorption identifizieren lässt. In ?? ist das gesamte aufgenommene Spektrum gezeigt. Wir können jeweils zwei Bereiche der Absorption von Wasser (??,??) und Kohlenstoffdioxid (??,??) zuordnen. Deutlich zu erkennen sind dabei auch die im Fall von Kohlenstoffdioxid die P- und R-Zweige der Rotations-Schwingungsspektren.

5.2 Signal Rausch Verhältnis

Mit geringer Auflösung messen wir ohne eingebaute Probe das Spektrum der Globar-Quelle und normieren es auf eine zweite Messung mit gleichen Einstellungen. Diese Messung wiederholen wir mit 10, 50 und 100 Spiegeldurchläufe (Scans) und untersuchen, wie das Rauschen mit zunehmender Anzahl an Scans abnimmt. Zur Auswertung wählen wir einen Bereich in dem die Intensität der einzelnen Spektren ausreichend hoch ist. Das heißt einen Bereich ohne Absorptionslinien in der Nähe der maximalen Intensität ($1000 \frac{1}{\text{cm}}$ bis $2200 \frac{1}{\text{cm}}$).

In diesem Bereich erhalten wir vom FTIR normierte Intensitätswerte, die um die 1 schwanken. Aus diesen Intensitätswerten, bestimmen wir die Standardabweichung vom Mittelwert und interpretieren diese als Rauschen der Daten. Um zu untersuchen, ob das Rauschen einem $1/\sqrt{N}$ -Zusammenhang folgt, plotten wir in ?? das Rauschen über $1/\sqrt{N}$. Den Fehler der Standardabweichungen erhalten wir mit Gaußscher Fehlerfortpflanzung aus den Fehlern der einzelnen normierten Intensitätswerten, für die wir wiederum die Größe des Rauschens annehmen.

5.3 Brechzahl von GaAs und Si

Die untersuchten Proben bestehen aus mehreren hundert Nanometer dicken Schichten. Untersucht man das Reflexionsspektrum dieser Schichten, so kommt es zwischen den Grenzflächen dieser Schichten zur Interferenz, die sich als Modulation im Reflexionsspektrum bemerkbar machen. Wir bestimmen an verschiedenen Stellen im Spektrum jeweils den Abstand von 50 Interferenzmaxima. Die Ablesegenauigkeit der Peaks nehmen wir mit $\pm 1 \text{ cm}^{-1}$ an. Mit Hilfe der Probendicken (GaAs undotiert: $470 \mu\text{m}$, GaAs dotiert: $440 \mu\text{m}$, Si undotiert: $530 \mu\text{m}$) lässt sich nun der Realteil des Brechungsindex der verschiedenen Materialien an verschiedenen Stellen im Spektrum bestimmen.

| Wellenzahl | n GaAs undotiert | n GaAs dotiert | n Si undotiert |
|------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| 500 | 3.452(32) | - | 3.343(34) |
| 1000 | 3.245(28) | - | 3.348(34) |
| 1500 | 3.243(28) | - | 3.369(34) |
| 2000 | 3.224(28) | 3.303(27) | 3.363(34) |
| 2500 | 3.243(28) | 3.303(27) | 3.370(34) |
| 3000 | 3.263(28) | 3.284(27) | 3.394(35) |

Die entsprechenden Dielektrizitätskonstanten ergeben sich aus dem Quadrat der komplexen Brechungsindizes, zu deren Berechnung uns aber noch die Auswertung der Absorptionsmessung fehlt.

5.4 Reflexion und Transmission der Proben

5.5 Brechzahlen, Extinktions- und Absorptionskoeffizienten

- 6. Bandlücke und Impulsmatrixelemente

- 7. Bandlücke und charakteristische Phononenfrequenz für Si
- 8. Beitrag der freien Ladungsträger zur Reflexion
- 9. Leitfähigkeitsmassen, Stromrelaxationszeiten und Dotierkonzentrationen

5.6 Zusammenfassung

- Zusammenfassung

Literatur

- [1] <http://www.ansyco.de/CMS>
- [2] <http://chriscolose.wordpress.com/2010/03/02/global-warming-mapsgraphs-2/>
- [3] C.J. Vineis; C.A. Wang; K.F. Jensen (2001): In-situ reflectance monitoring of GaSb substrate oxide desorption 2001.
- [4] Murray, Lee M.; Yildirim, Asli; Provence, Sydney R.; Norton, Dennis T.; Boggess, Thomas F.; Prineas, John P. (2013): Causes and elimination of pyramidal defects in GaSb-based epitaxial layers. In: J. Vac. Sci. Technol. B 31 (3), S. 03C108. DOI: 10.1116/1.4792515.
- [5] J. Merikoski; S.C. Ying (1997): Collective diffusion on a stepped substrate. In: surface science letters.
- [6] <http://www.nanotec.es/products/wsxm/download.php>.