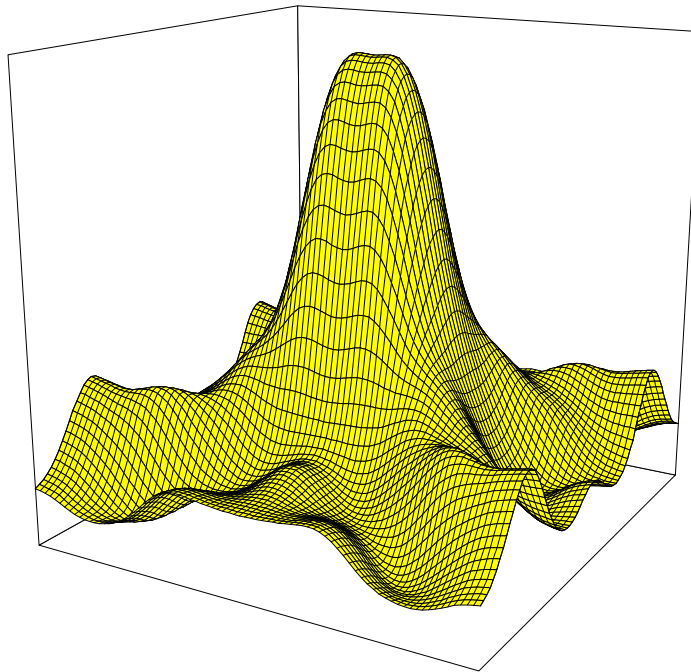


Gitterführungsexperimente an ionenimplantierten Halbleitern



Diplomarbeit

angefertigt von Michael Dalmer

am Lehrstuhl von Prof. Dr. E. Recknagel

an der Fakultät für Physik der Universität Konstanz

Konstanz, im Juni 1996

Inhaltsverzeichnis:

1. Einleitung

2. Diamant

2.1 Das Diamantgitter

2.2 Klassifizierung von Diamanten

2.3 Allgemeine physikalische Eigenschaften von Diamant

2.4 Diamant als Halbleiter

3. Ionenimplantation

3.1 Grundlagen

3.2 Grenzen der Dotierbarkeit von Diamant durch die Ionenimplantation

4. Emission-Channeling

4.1 Grundlagen

4.2 Emission-Channeling mit Elektronen

4.3 Gitterplatzbestimmung von radioaktiven Fremdatomen in Einkristallen

5. Theoretische Simulation der Emissionsspektren

5.1 Theoretisches Modell für die Gitterführung von Elektronen und die Simulation der Effekte mit der Manybeam-Rechnung

5.2 Empfindlichkeit der Rechnung auf experimentelle Parameter

6. Radioaktive Sondenatome

6.1 Der Beta - Zerfall und die schwache Wechselwirkung

6.2 Das Isotop ^{32}P

6.3 Das Isotop ^{33}P

6.4 Das Isotop ^{73}As

7. Durchführung der Experimente

- 7.1 Implantation von ^{32}P und ^{33}P am Schwerionenbeschleuniger in Konstanz
- 7.2 Ausheilen von Gitterschäden
- 7.3 Kristallorientierung mit Laue - Aufnahme
- 7.4 Aufbau und Funktionsweise der Channeling-Kammer

8. Gitterplatzbestimmung von ^{32}P und ^{33}P in Diamant

- 8.1 Besonderheiten des Emissionschannelings bei Elektronen aus dem β^- Zerfall
- 8.2 Meßergebnisse und Auswertung

9. Gitterplatzbestimmung von ^{73}As in Diamant

- 9.1 Vergleich der Channelingmessungen mit $e^- - \gamma$ Messungen

10. Gitterplatzbestimmung von ^{32}P in Silizium

- 10.1 Motivation
- 10.2 Meßergebnisse und Auswertung

11. Diskussion der Ergebnisse

12. Zusammenfassung

13. Literatur

1. Einleitung

Diamant als Halbleitermaterial ist von großem technologischen Interesse. Aufgrund seiner besonderen physikalischen Eigenschaften könnten es möglich sein, mit ihm elektronische Bauteile zu entwickeln, die bei einer höheren Frequenz und bei einer höheren Temperatur betrieben werden können als dies mit den bisherigen Halbleitern möglich ist. Um Diamant allerdings für die Halbleiterelektronik nutzen zu können, muß er als p- und als n-Typ vorhanden sein. Bislang war es nur möglich durch HTHP-Synthese, CVD-Synthese oder Ionenimplantation den mit Bor dotierten p-Typ Diamant zu realisieren, wie er auch in der Natur vorkommt [PRIN88].

Für eine mögliche n-Typ Dotierung kommen im Prinzip alle Elemente der ersten bzw. der fünften Hauptgruppe in Frage. Bedingung für eine Dotierung ist hierbei jedoch der interstitielle Einbau in das Diamantgitter im Falle der Dotieratome der ersten Hauptgruppe bzw. der substitutionelle Einbau im Falle der fünften Hauptgruppe. Eine andere Frage ist die Durchführung der Dotierung. Das Eindiffundieren von Fremdatomen in Diamant ist wegen der hohen Atomdichte des Diamanten nicht in ausreichender Menge möglich. Für das Einbringen von Fremdatomen in natürliche Diamanten kommt die Ionenimplantationsmethode in Frage. Der Nachteil der Ionenimplantation ist der dabei entstehende Gitterschaden. Da Diamant nur eine metastabile Phase des Kohlenstoffes ist, die ab einer bestimmten Implantationsdosis, die von der Masse der implantierten Ionen abhängt, in die stabile Phase Graphit übergeht, muß mit möglichst geringen Implantationsdosen gearbeitet werden, um die Gitterschäden in einem, der Implantation folgenden Anlaßprozess, möglichst gut wieder auszuheilen zu können. Der Gitterplatz eines Fremdatomes läßt sich mit der RBS-Channeling- oder mit der Emissions-Channelingmethode bestimmen. RBS – Messungen von ionenimplantierten Diamanten zeigen eine Graphitisierung oberhalb einer Implantationsdosis von ca. $10^{14}/\text{cm}^2$ [BRAU80]. Bei geringeren Dosen scheidet die RBS-Channelingmethode für eine Gitterplatzbestimmung wegen mangelnder Empfindlichkeit aus. Außerdem erzeugt man durch die RBS-Channelingmethode weitere Gitterschäden durch den analysierenden Strahl, die ebenfalls zu einer Graphitisierung führen können. Eine Gitterplatzbestimmungsmethode, die die notwendige Empfindlichkeit aufbringt, ist das Emissionschanneling. Bei dieser Methode sind noch bei Dosen unter $10^{11}/\text{cm}^2$ brauchbare Ergebnisse zu erzielen.

In dieser Arbeit wurde nun eine Gitterplatzbestimmung von Phosphor und Arsen nach Ionenimplantation in Diamant durchgeführt, um die Grundvoraussetzung für eine n-Typ-Dotierung von Diamant, nämlich der substitutionelle Einbau von Fremdatomen der V-Hauptgruppe, zu untersuchen.