

Bild 3.3: Erzeugter Strahlenschaden durch Ionenimplantation in Abhängigkeit der Tiefe, berechnet mit TRIM für implantierten ³³P in Diamant mit einer Implantationsenergie von 30 keV.

4. Emission-Channeling

4.1 Grundlagen

Schießt man mit Heliumkernen auf einen Kristall, so kann man über die Energieverteilung der rückgestreuten Kerne die Masse der sich im Kristall befindenden Atome ermitteln (Rutherford Back Scattering). Richtet man den Kristall nun so aus, daß man genau entlang einer Kristallachse hineinschießt, so können die Heliumkerne über viele Kleinwinkelstreuungen entlang der Achse in den Kristall hineingeführt werden. Trägt man jetzt die Anzahl der rückgestreuten Kerne in Abhängigkeit des Winkels des Ionenstrahls mit der Kristallachse auf, so erhalten wir ein Minimum bei 0°. Ist der Kanal, in dem die Ionen geführt werden sollen, durch ein Fremdatom oder einen Gitterfehler versperrt, so tritt eine Großwinkelstreuung auf, und die Rückstreurrate, gemessen in einem Energiefenster nahe der entsprechenden Rückstreuante, wird bei 0° größer. Mit der RBS-Channeling-Methode kann also im Prinzip die Güte eines Kristallgitters [CHU78] und der Gitterplatz des Fremdatomes [MAYE70] bestimmt werden. Für die Gitterplatzbestimmung von Fremdatomen sind allerdings Implantationsdosen $> 10^{14} \text{cm}^{-2}$ nötig, da der Streuquerschnitt klein ist. Mit wesentlich kleineren Dosen kann man bereits messen, wenn man radioaktive Atome als Sonden implantiert und die Gitterführungseffekte der Zerfallsprodukte untersucht, denn hier

ist die Nachweisgrenze nicht durch den Streuquerschnitt, sondern durch den Raumwinkel für die Teilchendetektion limitiert. Bei α -Emittern kann ein Channelingeffekt der α -Teilchen zwischen den Atomreihen oder ein Blockingeffekt durch die Atome in den Atomreihen auftreten. Mißt man nun die Anzahl der aus dem Kristall austretenden α -Teilchen in Abhängigkeit des Winkels für verschiedene Kristallachsen, so kann der Gitterplatz eines Fremdatoms bestimmt werden. Die gleiche Methode ist im Prinzip auch auf Elektronen- und Positronenemitter anwendbar.

4.2 Emission-Channeling mit Elektronen

Bei Elektronen ist der Gitterführungsprozeß nicht mehr wie beim RBS-Ionen-Channeling oder α -Channeling klassisch kinematisch zu beschreiben. Hier handelt es sich um eine Potentialstreuung der Elektronen, die quantenmechanisch als Welle aufgefaßt werden müssen. Die Elektronen spüren eine attraktive Wechselwirkung mit den positiv geladenen Atomkernen bzw. deren periodischem Potential. Bewegt sich ein Elektron entlang einer Kristallachse, so wird es in dem Potential gebunden und durch dieses nach außen geführt. Man erwartet also eine erhöhte Emissionsrate entlang einer Achse im Vergleich mit einer isotropen Emissionsverteilung. In Bild 4.1 sieht man einen mit dem Manybeam-Formalismus (siehe Kap. 5.1) simulierten Channelingeffekt der β -Elektronen des ^{32}P entlang der $\langle 110 \rangle$ Achse. Die Breite des Effektes mißt 2° . Um diesen auflösen zu können ist eine Winkelauflösung von 0.2° wünschenswert.

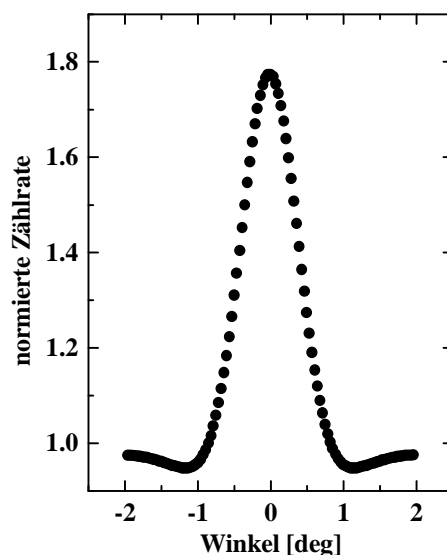


Bild 4.1:

Simulierter Channelingeffekt für 1MeV Elektronen des ^{32}P in Diamant entlang der $\langle 110 \rangle$ Achse, berechnet mit dem Manybeam-Formalismus.

Die Tiefenverteilung der Emitter entspricht der, der 30 keV Implantation von P in Diamant (Bild 3.1)

4.3 Gitterplatzbestimmung von radioaktiven Fremdatomen in Einkristallen

Die Methode des Emissionschannelings wird hier verwendet, um implantierte Sonden zu lokalisieren. Es wird die Intensität der Elektronenemission als Funktion des Winkels zwischen Detektor und Kristallachse gemessen. Bei einem substitutionellen Einbau der Fremdatome ist eine Gitterführung in $\langle 100 \rangle$, $\langle 110 \rangle$ und $\langle 111 \rangle$ möglich. Bei interstitiellen Plätzen ist je nach Platz die Gitterführung nur in eine der beiden Richtungen $\langle 100 \rangle$ und $\langle 111 \rangle$ oder in beiden Richtungen möglich. Aus den Channelingmessungen aller drei Richtungen kann also eine Aussage über den Gitterplatz des Fremdatomes gemacht werden.

In Bild 4.2 sehen wir einen Schnitt durch eine $\{110\}$ Ebene und qualitativ der zu erwartende Elektronen-Channelingeffekt in den verschiedenen Kristallachsen. In der oberen Hälfte ist das Emissionsverhalten für ein Fremdatom auf einem substitutionellen, auf der unteren Hälfte auf einem tetraedalen interstitiellen Gitterplatz gezeigt.

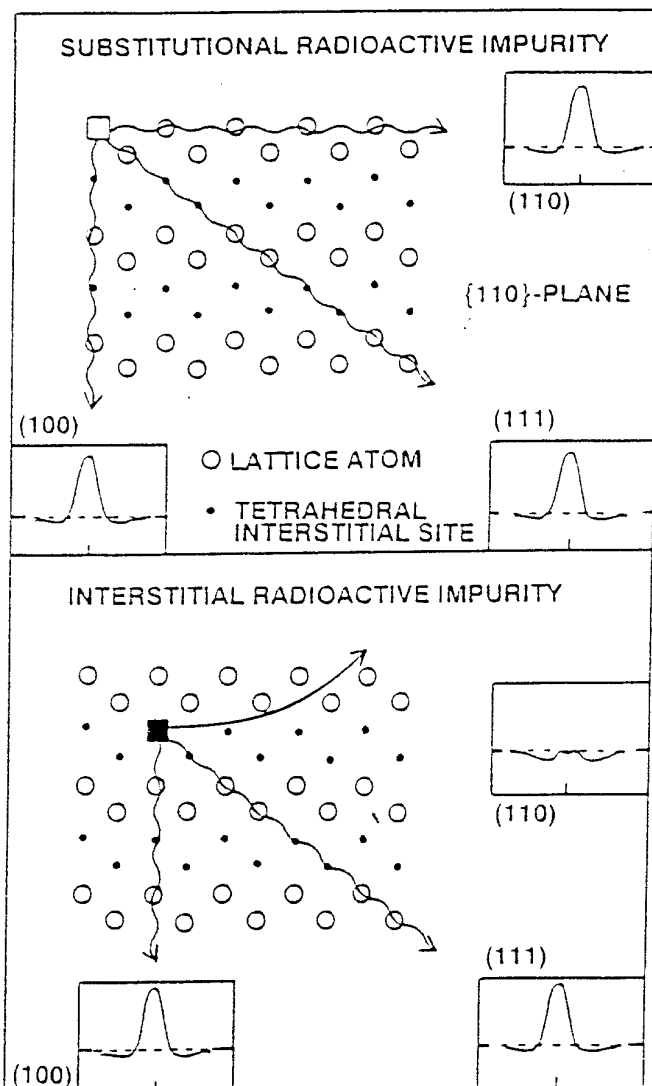


Bild 4.2:

Schnitt durch die $\{110\}$ Ebene und die zu erwartenden Elektronen-Channelingeffekte in bestimmte Achsenrichtungen [WINT92].