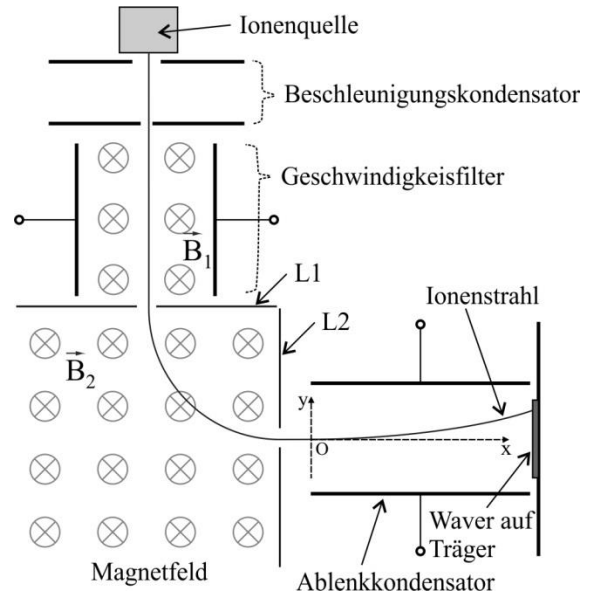


Fortsetzung I

BE 2.0 Bei der Ionenimplantation werden z. B. Halbleiterwaver gezielt mit Atomen einer bestimmten Stoffart dotiert (z. B. Borionen). Die nebenstehende Skizze zeigt den prinzipiellen Aufbau einer solchen Anlage. In der Ionenquelle werden einfach positiv geladene Borionen (B^+) mit teils unterschiedlichen Anfangsgeschwindigkeiten erzeugt. Im anschließenden Beschleunigungskondensator werden sie beschleunigt. Der darauffolgende Geschwindigkeitsfilter sorgt mit der dahinter angeordneten Lochblende L1 dafür, dass nur Ionen mit einer bestimmten Geschwindigkeit \vec{v} mit dem Betrag v in das Magnetfeld der Flussdichte \vec{B}_2 ($\vec{B}_2 \perp \vec{v}$) gelangen. In diesem Magnetfeld werden ungewünschte Verunreinigungen des Ionenstrahls, die auch in der Ionenquelle entstanden sind, im Zusammenspiel mit der Lochblende L2 ausgefiltert. Danach werden die Ionen mit Hilfe eines Kondensators, der den Ionenstrahl vertikal ablenken kann, auf den Waver geführt. Ein B^+ -Ion besitzt die Masse $m_B = 1,8 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$ und trägt die Ladung $q_B = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Die Gewichtskraft der Ionen kann vernachlässigt werden. Die gesamte Anlage befindet sich im Vakuum. Sämtliche elektrische und magnetische Felder können als scharf begrenzt, homogen und zeitlich konstant angesehen werden.



4 2.1 Es wird ein B^+ -Ion betrachtet, das mit vernachlässigbarer Anfangsgeschwindigkeit in den Beschleunigungskondensator gelangt. Aufgrund der anliegenden Beschleunigungsspannung U_B wird es auf $v = 1,5 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ beschleunigt. Zeigen Sie ausgehend von einem Zusammenhang zwischen Arbeit und Energie, dass für die notwendige Beschleunigungsspannung gilt: $U_B = \frac{m_B \cdot v^2}{2 \cdot q_B}$ und berechnen Sie U_B .

5 2.2 Im Kondensator des Geschwindigkeitsfilters hat die elektrische Feldstärke \vec{E} den Betrag $E = 10 \frac{\text{kV}}{\text{m}}$ und die notwendige magnetische Flussdichte \vec{B}_1 den Betrag B_1 . Es werden Ionen betrachtet, die den Filter geradlinig (siehe Skizze) mit $v = 1,5 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ durchfliegen. Benennen Sie alle Kräfte, die im Filter auf ein Ion wirken, geben Sie deren Richtungen an und berechnen Sie B_1 .

5 2.3 Alle Ionen, die das Magnetfeld der Flussdichte \vec{B}_2 durch die Blende L1 erreichen, haben die gleiche Geschwindigkeit \vec{v} . Neben den B^+ -Ionen befinden sich auch Verunreinigungen, wie z. B. Bordinfluoridionen (BF_2^+), im Ionenstrahl. Die BF_2^+ -Ionen besitzen ebenfalls die Ladung q_B , haben jedoch eine größere Masse als die B^+ -Ionen. Erläutern Sie ausgehend von einer allgemeinen Herleitung, wie in diesem Teil der Anlage die Verunreinigungen ausgefiltert werden, so dass nur die B^+ -Ionen in den Ablenkkondensator gelangen.

6 2.4 Der Ionenstrahl besteht nach dem Passieren der Blende L2 ausschließlich aus B^+ -Ionen mit $v = 1,5 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Der Strahl gelangt im Punkt O senkrecht zur elektrischen Feldstärke in das elektrische Feld des Ablenkkondensators. Der Punkt O ist der Ursprung des eingezeichneten Koordinatensystems. Der Ablenkkondensator hat die Länge ℓ , den Plattenabstand d und ist an eine Spannungsquelle mit der Spannung U_A angeschlossen. Zeigen Sie, dass für die Ablenkung y_E des Ionenstrahls am Ende des Ablenkkondensators bezüglich dieses Koordinatensystems gilt: $y_E \sim U_A$