

Beschleunigerinstrumentierung und Strahldiagnostik

P. Forck, R. Singh

Sommersemester 2016

Signalstärke eines Ionisationsprofil-Monitor

- a) Der Strom I berechnet sich aus der Anzahl der Strahlionen N mit $I = \frac{eN}{t_{puls}} \Leftrightarrow N = \frac{I \cdot t_{puls}}{e} \Rightarrow N = 6.25 \cdot 10^{13}$.
- b) Der Energieverlust pro Ion für $l = 10$ cm ist $\Delta E = \frac{dE}{dx} \cdot l \Rightarrow \Delta E = 4.1$ meV.
- c) Der total Energieverlust für $N = 6.25 \cdot 10^{13}$ Ionen ist $\Delta E_{tot} = \Delta E \cdot N \Rightarrow \Delta E_{tot} = 0.26 \cdot 10^{12}$ eV.
- d) Die Anzahl der sekundären Restgasionen ist $N_{sek} = \frac{\Delta E_{tot}}{W} \Rightarrow N_{sek} = 7.1 \cdot 10^9$. Der sekundäre Strom ist damit $I_{sek} = \frac{eN_{sek}}{t_{puls}} \Rightarrow I_{sek} = 1.1 \mu\text{A}$.
- d) Der gesamte Strom verteilt sich auf 10 Streifen \rightarrow Strom pro Streifen $I_{sek}^{Streifen} = 110$ nA. Dieser Strom ist mit einem Trans-Impedanz Verstärker (auch I/U Konverter genannt) gut messbar.

Transversale Profilmessung mit einem 'Flying Wire'

- a) Der Energieverlust bei einmaligem Durchlauf durch den $\Delta x = 50 \mu\text{m}$ dicken Draht ist $\Delta E_{pass} = \frac{dE}{dx} \cdot \Delta x = 0.021$ MeV
- b) Die gesamte Zeit zum Durchlaufen des $d_{Strahl} = 10$ mm breiten Strahls mit $v = 10$ m/s ist: $t_{tot} = \frac{d_{Strahl}}{v} = 1$ ms. Die Zeit um $\Delta x = 50 \mu\text{m}$ zurückzulegen ist: $t_{\Delta x} = \frac{\Delta x}{v} = 5.0 \mu\text{s}$. Mit der Umlaufzeit der Protonen im Synchrotron von $t_{umlauf} = 1 \mu\text{s}$ ist $N_{pass} = \frac{t_{\Delta x}}{t_{rev}} = 5$, d.h. im Mittel durchläuft jedes Proton den Draht fünf mal.
- c) Der mittlere Energieverlust pro Proton ist damit $\Delta E_{proton} = N_{pass} \cdot \Delta E_{pass} = 0.105$ MeV. Der relative Energieverlust der Protonen mit $E_{kin} = 1$ GeV ist $\Delta E_{pass}/E_{kin} = 10^{-4}$. Dies ist geringer als die Akzeptanz und die Teilchen werden weiterhin gespeichert.
- d) Der gesamte Energieverlust aller $N_{stored} = 10^{12}$ Protonen ist $W = e \cdot N_{stored} \cdot \Delta E_{proton} = 0.0168$ J. Unter Verwendung der Zeit zum Durchlaufen des Strahls von $t_{tot} = 1$ ms ergibt sich die Leistung von $P = W/t_{tot} = 16.8$ W. Mit der Strahlbreite von $d_{Strahl} = 10$ mm ergibt sich die spezifische Leistung von $p_{mm} = P/d_{Strahl} = 1.68$ W/mm. Dieser Wert ist also über dem Sicherheitswert von 1 W/mm und eine genauere Rechnung ist notwendig. Bei genannten Strahlparametern ist mit einer langsamen Veränderung des Drahtes zu rechnen.

Vergleich von Leuchttargets mit OTR (Optical Transition Radiation) screens

- a) Wichtige Eigenschaften eines Leuchttargets:

1. Lichtausbeute
2. Dynamikumfang (dynamic range): lineare Lichtausbeute vs. Nummer der auftreffenden
3. Partikel Abklingzeit
4. Strahlenfestigkeit
5. optisches Spektrum
6. Die Abklingzeit definiert die Zeitauflösung des Leuchttargets.

b) Die Lichtausbeute eines Leuchttargets wäre viel höher im Vergleich zu OTR Licht aus einem Chrombox Target (vor allem bei niederenergetischen Strahlen). Da OTR ein elektromagnetischer Effekt ist, hängt die Lichtausbeute stark von der Permittivität des Targetmaterials ab. Metallische Targets emittieren die meiste Strahlung. Daher sind normale Leuchttargets nicht als OTR Targets geeignet.

c) Unterschied: OTR und scintillation

1. OTR hat eine (gamma)abhängige und isotrope Lichtverteilung.
2. OTR ist ein instantaner Prozess. Leuchttargets haben begrenzte Antwort- und Abklingzeiten.
3. Die Lichtausbeute ist immer linear zur Anzahl der auftreffenden Teilchen (keine Sättigungseffekte). Die Lichtausbeute hängt stark von der Teilchenenergie und dem Ladungszustand ab.
4. Die Spektralverteilung von OTR ist flach. Szintillationsspektren hängen stark vom Targetmaterial ab und haben normalerweise mehrere Maxima im Spektrum.

d) Das Target wird durch eine dünne Metallfolie ausgetauscht. Der Winkel des Targets zum Strahl muss entsprechend der Strahlenregie verändert werden um so viel Licht wie möglich zu detektieren. Für $(\text{gamma}) = 10$ liegt der Winkel der Photonenemission bei ± 0.1 rad. Bei $(\text{gamma}) = 10$ emittieren OTR Schirme viel weniger Licht als Leuchttargets (ca. Faktor 10^{-4}). Deswegen kommen normalerweise bildverstärkte Kameras zum Einsatz.