

Beschleunigerinstrumentierung und Strahldiagnostik

Übungsblatt 1, Besprechung 3. Mai 2016

Dr.P. Forck, Dr. R. Singh

Sommersemester 2016

Antworten

Anwendungsfelder von Teilchenbeschleunigern

1. Die kosmische Strahlung besteht zu ca. 85% aus Protonen und ca. 12 % aus α -Teilchen; den Rest machen Elektronen und schwerere Kerne aus. Geringe Spuren von Anti-Materie wurden ebenfalls detektiert. Die meisten Kerne haben in der Nähe der Erde eine kinetische Energie von ca. 1 GeV für Protonen und 0.9 GeV/u für α -Teilchen entsprechend einer Geschwindigkeit von $\beta = v/c \simeq 90$ %. Dies ist etwa die Energie, der mit dem Synchrotron-Beschleuniger SIS bei GSI erzeugten Ionen im Bereich von 0.1 GeV/u bis 2 GeV/u. Diese Ionen werden für Experimente, auch in Zusammenarbeit mit der ESA, benutzt. Mit der geplanten FAIR-Anlagen können noch höhere Energien bis ca. 20 GeV/u erreicht werden. (Eine detaillierte Beschreibung der Wirkung von kosmischer Strahlung auf Elektronik befindet sich z.B. auf: ccmc.gsfc.nasa.gov/RoR_WWW/SWREDI/training-for-engineers/Xapsos_Space_Weather_Training_GSFC.pdf)
2. (a) Der wesentliche Unterschied einer 3rd Generation und 4th Generation Lichtquelle ist die sehr viel höhere Spitzen-Brillanz während der Strahllieferung (die sogenannte peak brilliance). Diese Spitzen-Brillanz ist gegeben durch

$$B = \frac{N_p}{\Delta t \cdot 0.1\% BW \cdot mm^2 \cdot mrad^2}$$

hierbei ist N_p die Anzahl der Photonen pro Puls, Δt ist die *rms*-Breite der Bunchdauer und BW die Bandbreite bzgl. der Photonen-Wellenlänge (hier wird vereinbarungsgemäß immer mit 0.1 % Bandbreite gerechnet), die Einheiten $mm \cdot mrad$ resprenetieren ie transversale Emittanzen in horizontaler bzw. vertikaler Richtung. Um kurze Bunche zu erzeugen, ist es besser (aber auch sehr viel teurer) den Strahl direkt aus deinem LINAC zu benutzen. Zusätzlich soll bei einer 4th Generation Lichtquelle die Durchstimbarkeit der Wellenlänge gewährleistet sein und es sollen höhere Photonen-Energien bis in den harten Röntgen-Bereich erreichbar sein.

- (b) Eine typische 3rd Generation Lichtquelle ist der ESRF (European Synchrotron Radiation Facility) in Grenoble, Frankreich; siehe <http://www.esrf.eu/>.
Der Wellenlängenbereich ist 0.05 - 10 nm,
die Spitzen Brillanz ist $10^{19} - 10^{21} photons/s/mrad^2/mm^2/0.1\%BW$.
Ein Beispiel für eine 4th Generation Lichtquelle ist FLASH in Hamburg (Free electron LASer in Hamburg) mit einer Elektronen-Energie von 1.25 GeV, siehe <http://flash.desy.de/>.
Der Wellenlängenbereich ist 4.2 - 52 nm,
die Spitzen-Brillanz ist $10^{29} - 10^{31} photons/s/mrad^2/mm^2/0.1\%BW$.
Der in Aufbau befindliche Beschleuniger XFEL (X-ray Free Electron Laser) wird eine Elektronen-Energie von 17 GeV haben.
Damit wird der Wellenlängenbereich 0.01 - 6.4 nm sein

und die die Spitzen-Brilliance ist $10^{31} - 10^{34} \text{photons/s/mrad}^2/\text{mm}^2/0.1\%BW$.
Die erreichbare Wellenlänge λ_{ph} kann abgeschätzt werden über die Formel

$$\lambda_{ph} \simeq \frac{\lambda_u}{\gamma^2}$$

mit der Periodenlänge λ_u des Undulators und dem Lorentzfaktor γ ; d.h. bei gleichem Undulator kann mit höheren Energien auch kürzere Wellenlängen erreicht werden.

- (c) Es gibt weltweit ca. 50 Synchrotron-Lichtquellen. Das produzierte Licht wird für viele Anwendungen genutzt (siehe Seite 17 der Vorlesung): Biologie z.B. Protein-Kristallographie, Chemie z.B. Beobachtung der Reaktionsdynamik, Physik z.B. Grundlagenforschung der Atom- und Festkörperphysik unter anderem über Röntgen-Beugung, Ingenieurwissenschaften z.B. Präzisionsmechanik und Lithographie, Kulturwissenschaft z.B. Paläontologie, Archäologie, Kunstgeschichte und Kriminaltechnik.