

Nachweis von Elektronenpaketsubstruktur im Mikrometerbereich mittels Spektroskopie kohärenter Übergangsstrahlung bei FLASH.

Stephan Wesch¹ Christopher Behrens¹ Bernhard Schmidt¹
Hossein Delsim-Hashemi² Peter Schmüser²

¹Deutsches Elektronen-Synchrotron, Hamburg

²Institut für Experimentalphysik, Universität Hamburg

DPG Frühjahrstagung München, 9. – 13. März 2009



Übersicht.

1 Kohärente Strahlung

2 Spektrometer

3 Mikrostruktur

4 Zusammenfassung

Kohärente Strahlung.

Kohärente Emission eines Ensemble von Teilchen (Bunch):

$$\left. \frac{d^2 U}{d\omega d\Omega} \right|_{Ensemble} = \left. \frac{d^2 U}{d\omega d\Omega} \right|_{Einzel} \cdot [N + N(N-1) \cdot |F(\omega)|^2]$$

Formfaktor:

$$F(\vec{k}) = \int dx^3 \rho_{norm}(\vec{x}) \cdot \exp(-i\vec{x} \cdot \vec{k}) \quad \text{mit} \quad \int dx^3 \rho_{norm}(\vec{x}) = 1$$

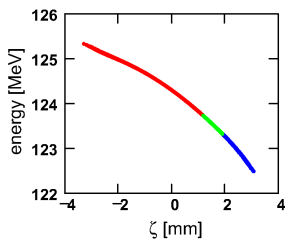
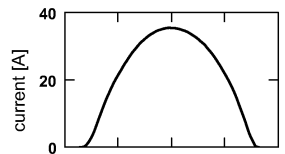
Approximation + CTR:

$$\left. \frac{dU}{d\omega} \right|_{Bunch} \approx \left. \frac{dU}{d\omega} \right|_{GF,e} \cdot N^2 \cdot |F_{long}(\omega)|^2$$

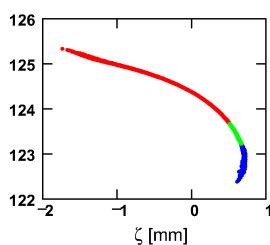
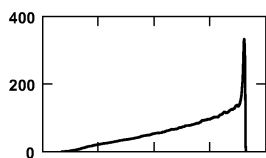
- geringe transversale Ausdehnung
- Abstrahlung im engen Kegel ($2/\gamma$)
- Detektion der kohärenten Strahlung

FLASH Elektronenpaket.

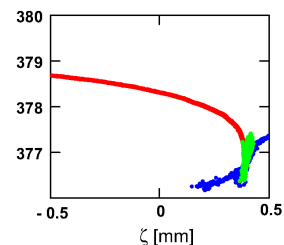
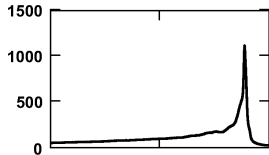
Vor BC2:



Nach BC2:

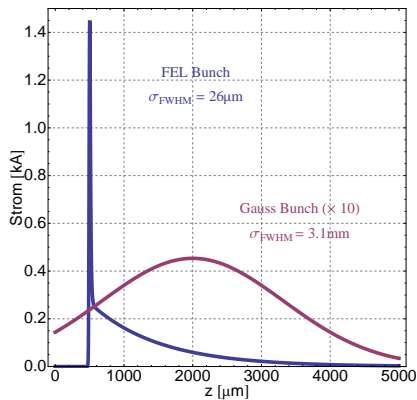


Nach BC3:

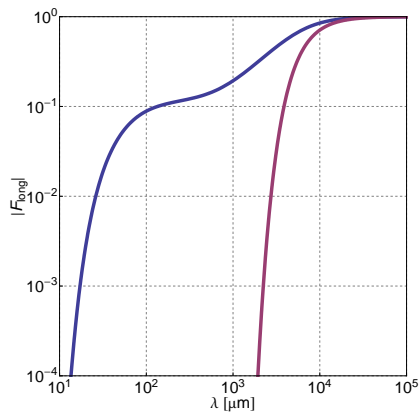
Schmüser, Dohlus, Rossbach: *Ultraviolet and Soft X-Ray Free Electron Lasers*, Springer 2009.

FLASH Elektronenpaket.

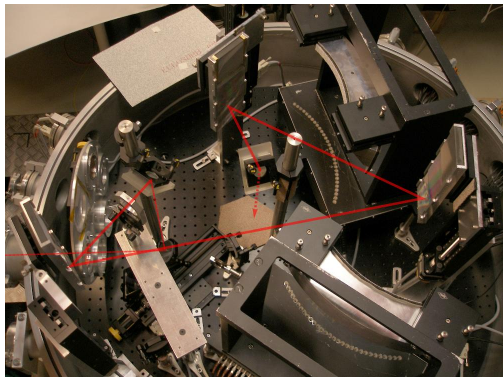
Dichteverteilung



longitudinaler Formfaktor



Spektrometer.



Letzte Konfiguration

Eigenschaften:

- 3 gestaffelte Reflexionsgitter (Filter + 2 dispersive Stufen)
- fokussierende Ringspiegel
- 2 × 30 pyroelektrische Sensoren
- 3 Gitterkombinationen
- Aufbau in Vakuumkammer (+Diamantfenster)

→ Spektralbereich:

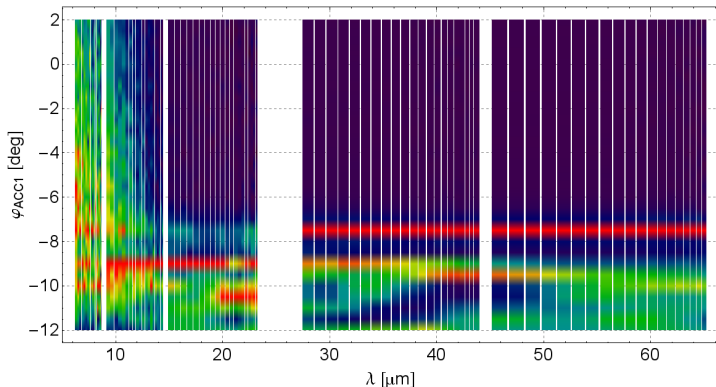
$$\lambda \in [3, 65] \mu\text{m}$$

→ Auflösungsgrenze (CTR):

$$|F| \approx 10^{-3} \text{ bei } 1 \text{ nC}$$

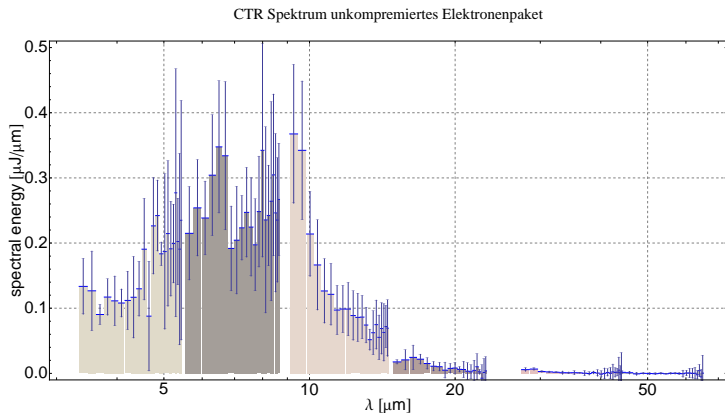
Variation der Phase.

Normiertes CTR Spektrum



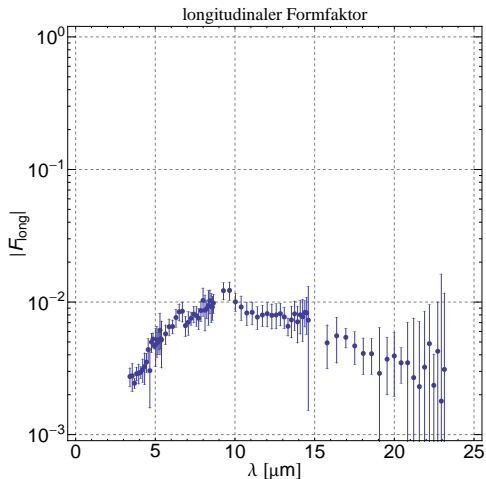
- 1 SASE Bedingung ($\varphi_{\text{ACC1}} \approx -7.5^\circ$): CTR über gesamten Spektralbereich
- 2 Überkompression ($\varphi_{\text{ACC1}} \leq -8^\circ$): Komplexe Strukturen durch Raumladungskräfte
- 3 Unterkompression ($\varphi_{\text{ACC1}} \geq -7^\circ$): Mikrometerstrahlung!

Oncrest Spektrum I.



- 1 Intensität auf gleichem Level ($\lambda \leq 8 \mu\text{m}$) wie unter FEL Kompression \rightarrow stete Präsenz
- 2 Starke Fluktuationen in Intensität + starke Variation des Spektrums

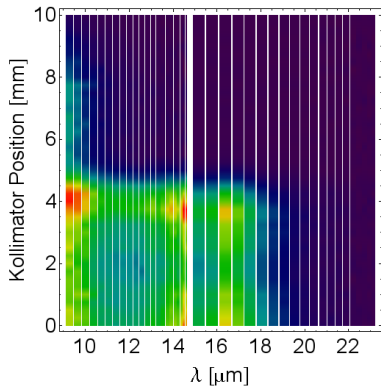
Oncrest Spektrum II.



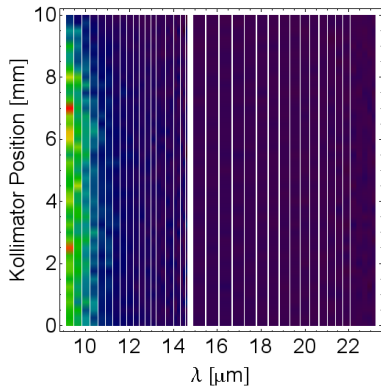
Longitudinaler Formfaktor:

- Formfaktor nicht verträglich mit globaler Bunchform
- ca. 1% des Gesamtladung emittieren bei 10 μm kohärent

Lokalisation I.

CTR Spektrum - $\Delta\varphi_{\text{ACC1}} = 0\text{deg}$ (FEL)

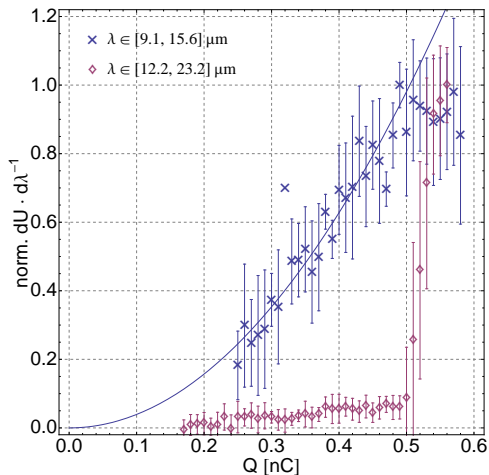
→ abrupter Abfall der Intensität

CTR Spektrum - $\Delta\varphi_{\text{ACC1}} = 1\text{deg}$ 

→ gleichbleibende Signalstärke über großen Kollimatorfahrweg

Lokalisation II.

Vergleich

FEL (\diamond):

- Abnahme der Ladung um ca. 10% lässt CTR Spektrum verschwinden
- Kohärent strahlender Teil beschränkt sich auf den Bunchkopf

 $\Delta\varphi$ (\times):

- Zunahme der Intensität skaliert quadratisch mit Anzahl der Ladungsträger
- Ursprung der Strahlung ist global!

Zusammenfassung.

Fazit:

- Nachweis von kohärenter Mikrometerstrahlung, die nicht vom Spike im Elektronenpaket erzeugt wird!
- 1% der Gesamtladung nimmt teil!
- Quelle ist über das gesamte Elektronenpaket verteilt.

Danke für Ihre Aufmerksamkeit.