

TARLA'da Compton Işınım Kaynağı Önerisi

Zafer Nergiz

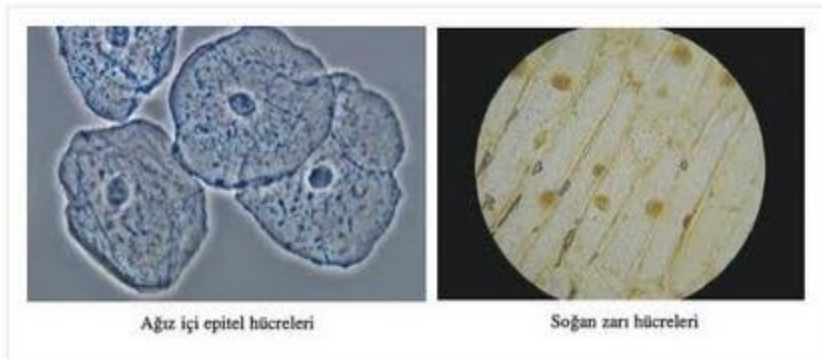
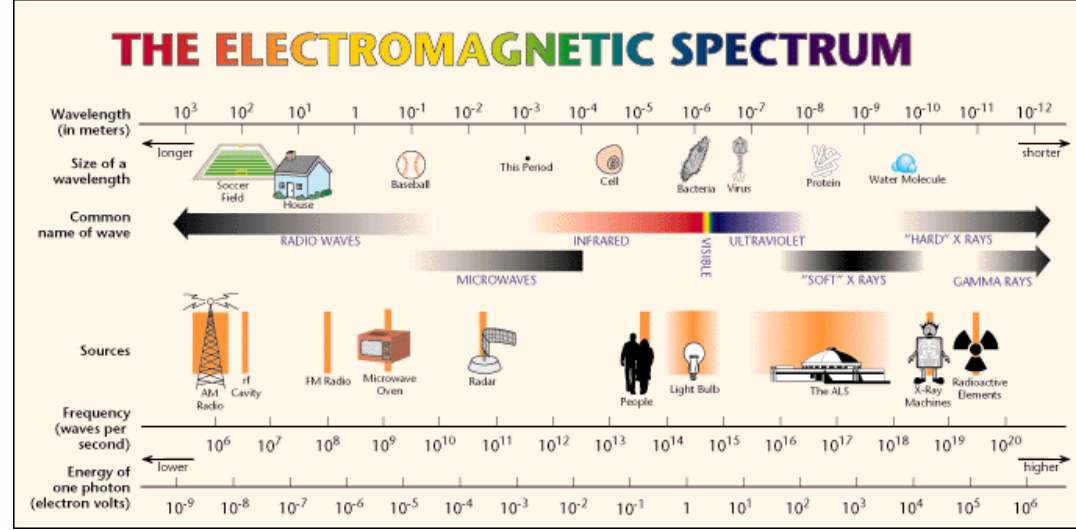
Niđe Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi
Fizik Bölümü

İçerik

- Işınım Kaynakları
- TARLA Tesisi
- Compton Saçılması yolu ile x-ışını üretimi
- TARLA'da gelecekte yapılması önerilen Compton ışınım kaynağından elde edilecek ışınımın parametreleri

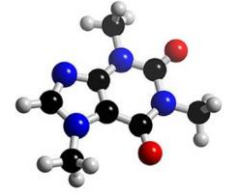
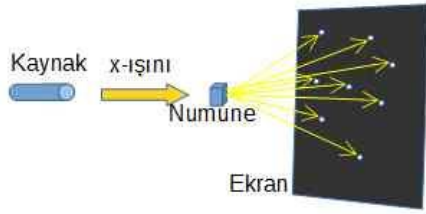
Işınım Kaynakları

Bilimsel araştırma yapılacak alanlarda incelenecek materyallerin boyutları ile ilişkili olarak yeni deneysel yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır.



Neden Işınım Kaynakları?

- Atom , Molekül veya protein düzeyine inildiğinde farklı yöntemler gereksinimi var

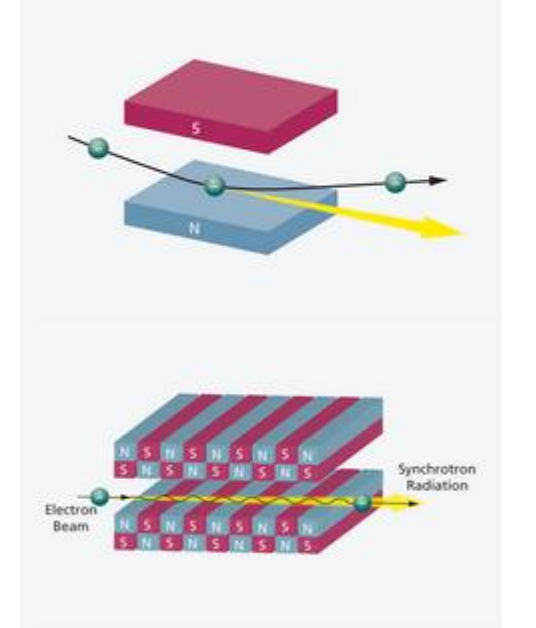
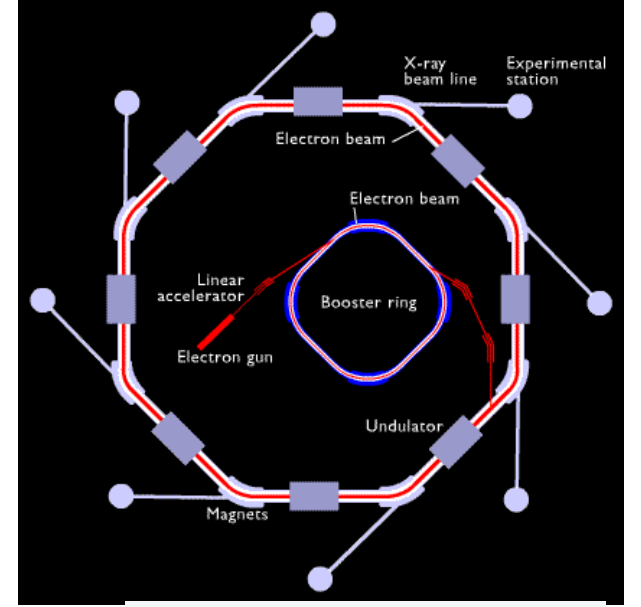


Bu tip deneyler için en uygun deney enstrümanları Serbest elektron lazeri ve Sinkrotron ışınımı kaynaklarıdır:

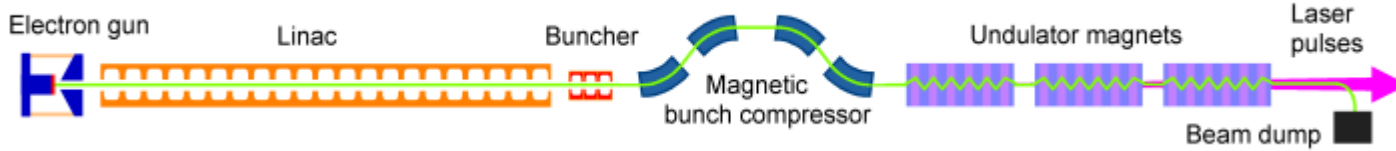
- ✓ Ayarlanabilir dalgaboyu
- ✓ Yüksek parlaklık parametresi.

Sinkrotron Işınım Kaynakları

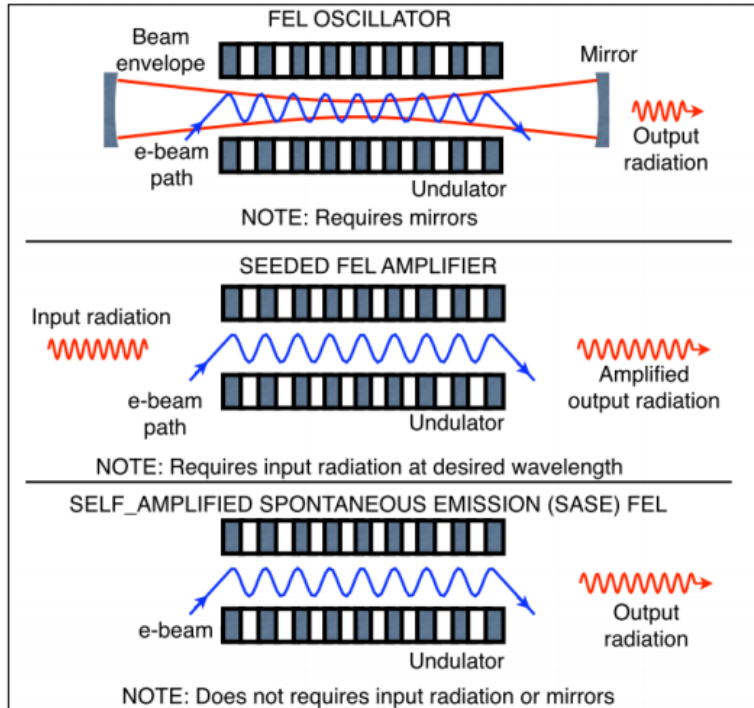
Öncelikli ışınım kaynakları salındırıcı (undulator) magnetlerdir.
90'ların başlarında kullanılmaya başlanmıştır.



Serbest Elektron Lazeri (FEL)

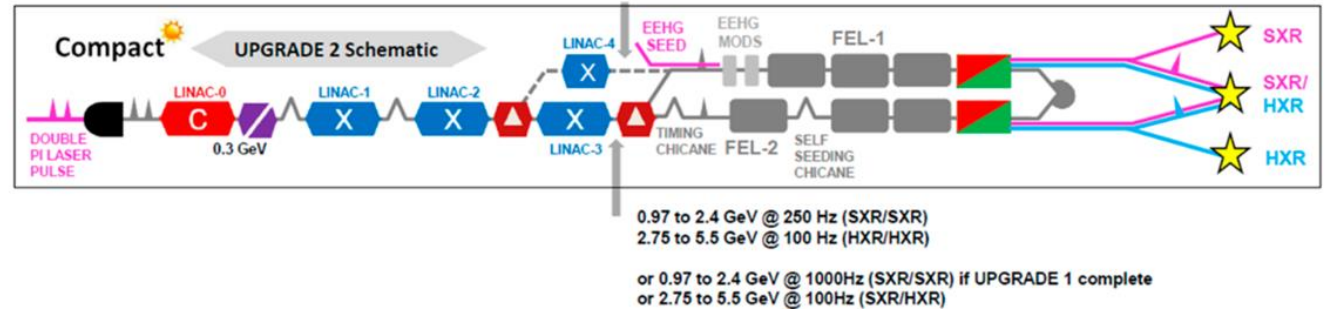


Hali hazırda çalışır durumda: LCLS, X-FEL, FLASH vs.



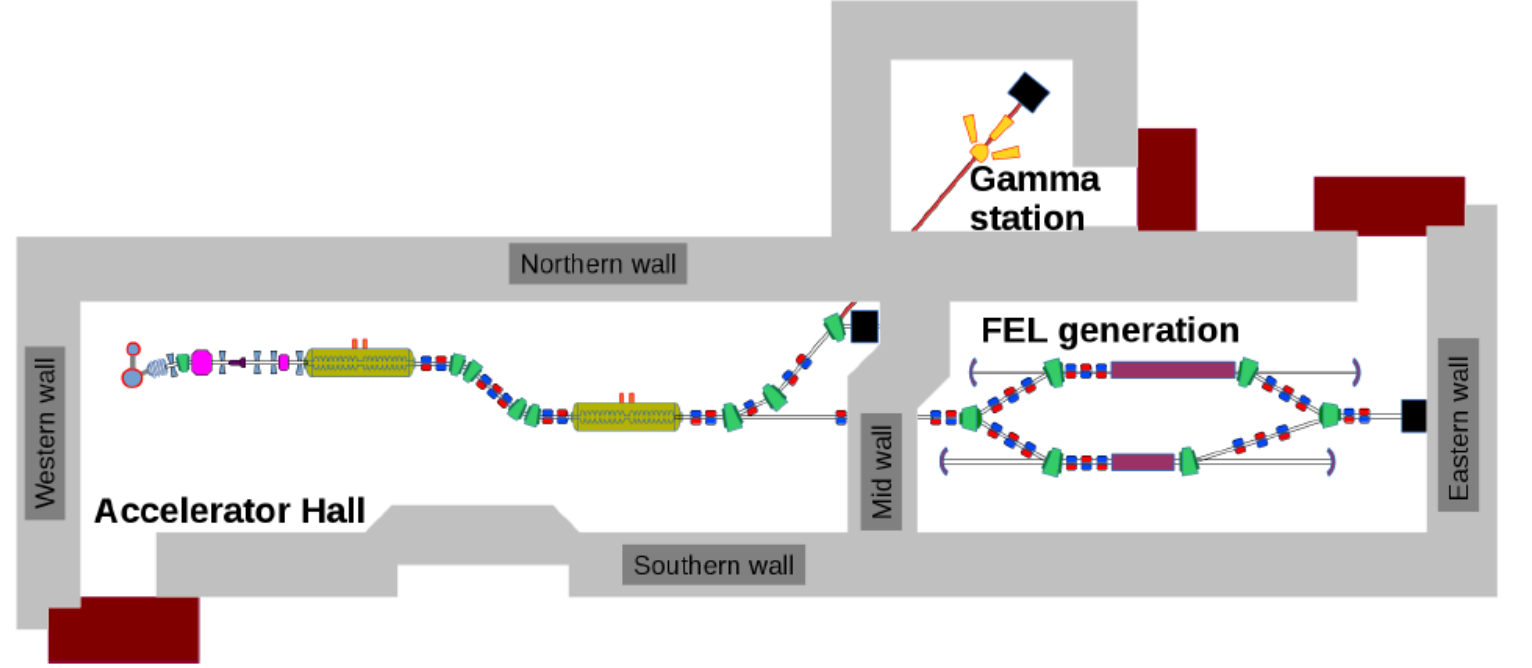
$$\lambda_r = \frac{\lambda_u}{2\gamma^2} \left(1 + \frac{K^2}{2} \right)$$

$$K=0.934 B(T)\lambda_u$$



Compactlight önerilen FEL projesinde layout

TARLA Tesisi



Tesiste Yapılması Hedeflenenler:

15-40 MeV enerjili elektron demetini, 35 mm ve 110 mm periyot uzunluğuna sahip farklı iki salındırıcı magnet sistemini kullanarak 5-350 μm dalga boyu aralığında Serbest Elektron Lazeri (SEL) üretmek.

0-30 MeV enerjili elektron demetini ve üç farklı radiator-colimator düzeneğini kullanarak Bremsstrahlung ışınımı üretmek ve nükleer yapı çalışmaları yapmak

0-40 MeV enerjili elektron demeti ile doğrudan sabit hedef deneyleri yapmak.

Parametre	Birim	Değer
Min.-Maks. demet enerjisi	MeV	15-40
Maks. demet akımı	mA	1.5
Paketçik tekrarlama oranı	MHz	13
Maks. Paketçik yükü	pC	115
Paketçik uzunluğu	Ps	0.5-5
Makropuls tekrarlama oranı	Hz	1-CW



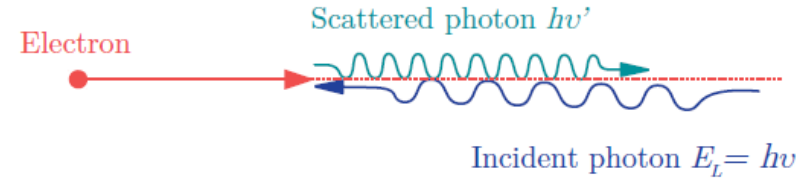
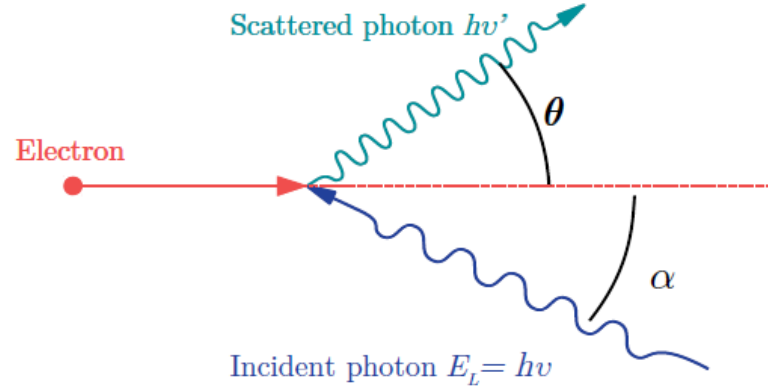
Compton Saçılması

$$hv' = \frac{2E_L\gamma^2(1 + \cos\alpha)}{1 + \gamma^2\theta^2}$$

Saçılan fotonlar elektronların hareket doğrultusunda $1/\gamma$ yarıçaplı koninin içinde kalacak şekilde pik yaparlar.

Saçılan fotonların enerjisi saçılma açısı arttıkça azalır

Band genişliği acceptans açısı değiştirilerek ayarlanabilir.
(Kolimasyon)



Compton Saçılmasına Dayanan Işınım Kaynaklarının Avantajı

Sinkrotronlarda Undulatörlerde elde edilen x-ışını enerjisi

$$E_X^u \sim hc \frac{\gamma^2}{\lambda_u}$$

$$\lambda_{ph} \sim 10^{-4} \lambda_u$$

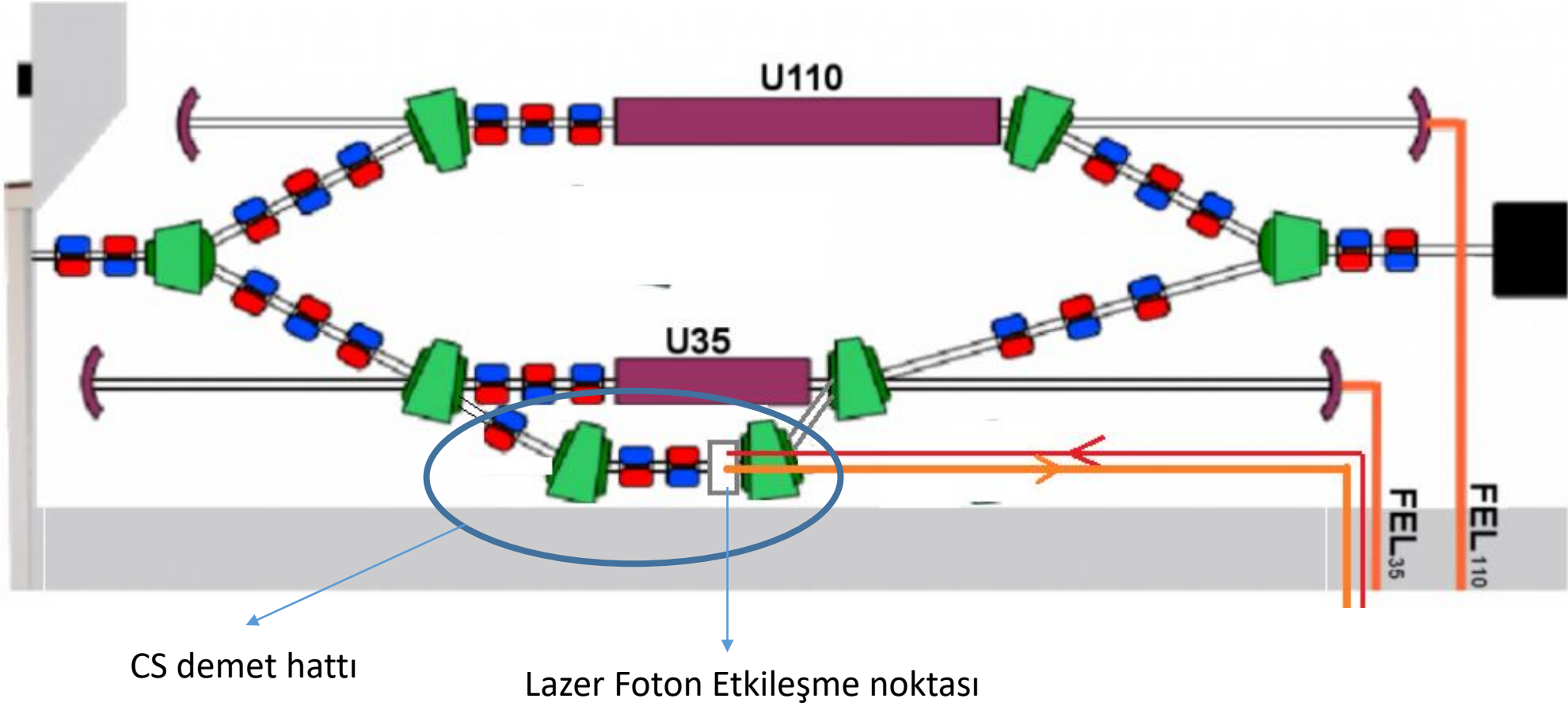
$$E_e^{CS} \sim 10^{-2} E_e^u$$

Daha düşük Elektron enerjisi ile daha yüksek enerjili x-ışını

Compton saçılmasından elde edilecek ışınım

$$E_X \sim hc \frac{\gamma^2}{\lambda_{ph}}$$

Mümkün yerleşim



Benzetim Çalışması

CAIN benzetim programı kullanılarak Compton saçılması ile üretilebilecek x-ışını özellikleri belirlenmiştir.

Elektron demeti parametreleri için TARLA demet parametreleri kullanılmıştır. (Emittans hariç)

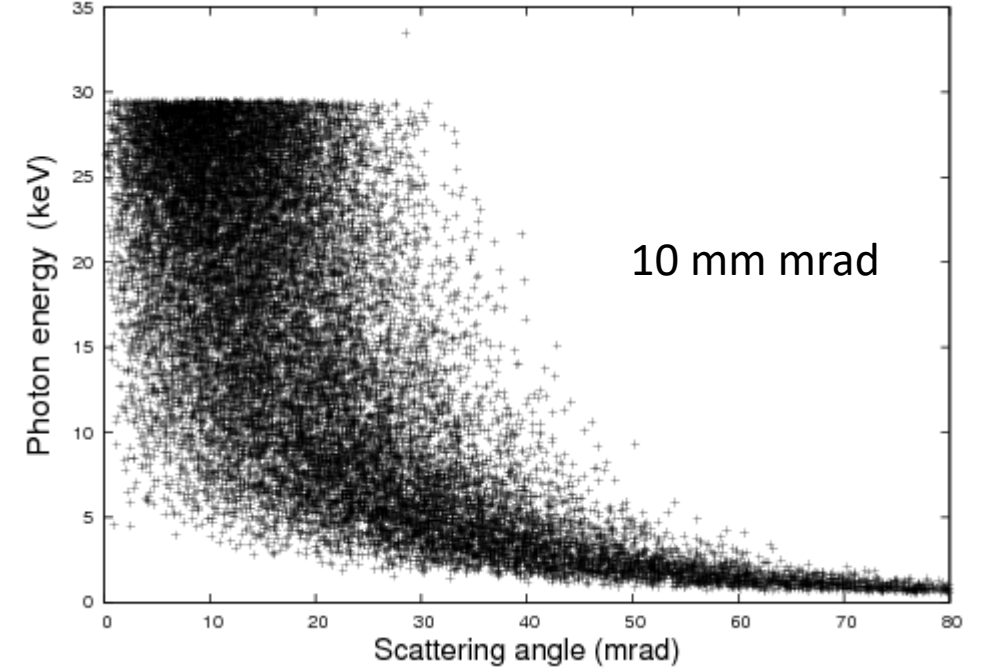
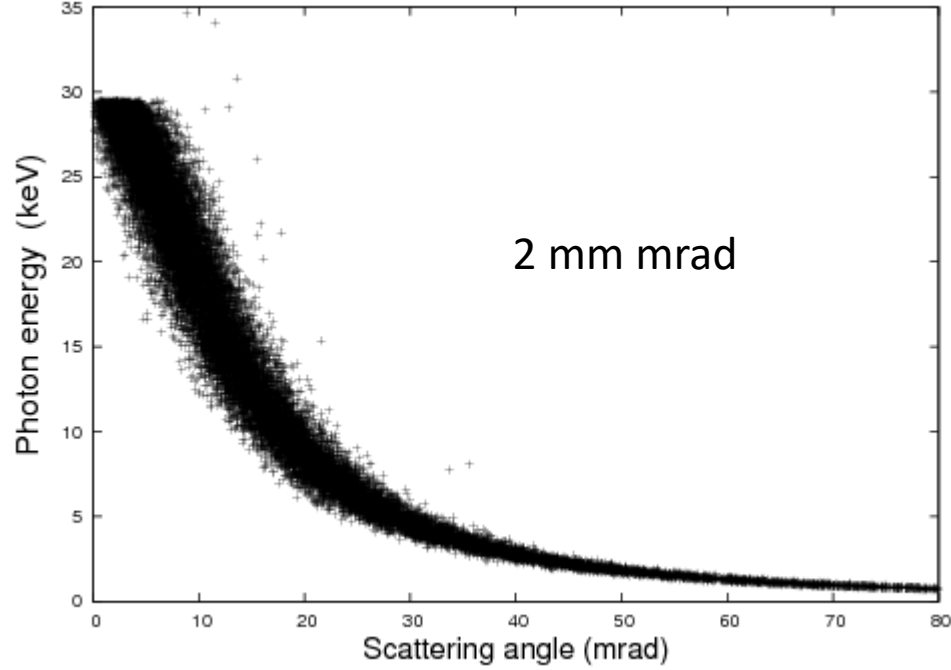
Lazer parametreleri için BoCSX'ta kullanılan Yb-YAG tipi lazer parametreleri kullanılmıştır.

(BoCXS: A compact multidisciplinary X-ray source, A. Bazzani et al., Article in Physics Open · August 2020, DOI: 10.1016/j.physo.2020.100036)

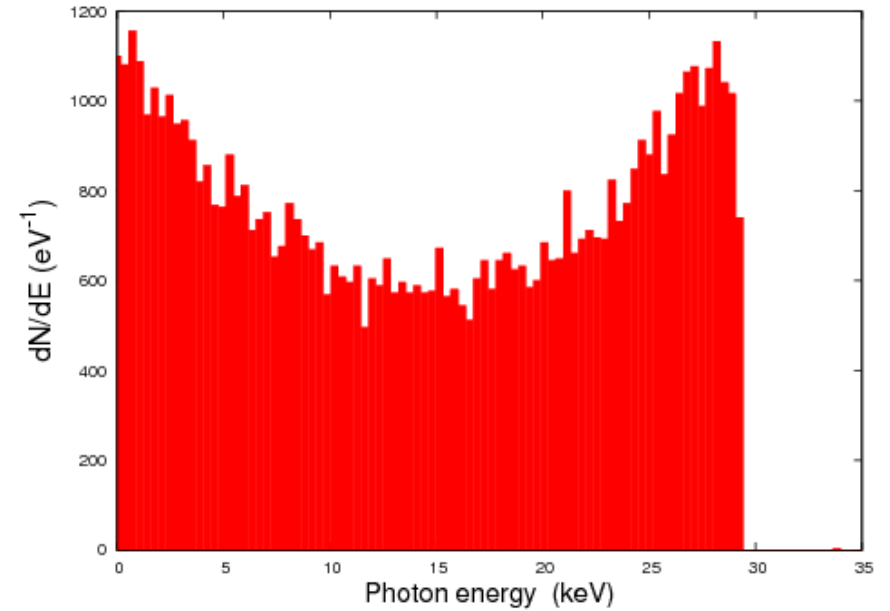
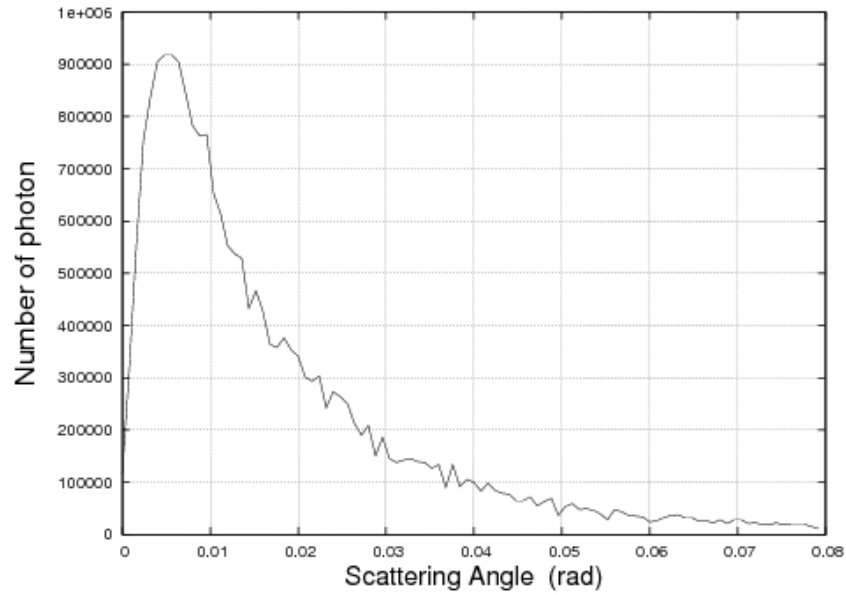
Parametre	Birim	Değer
Demet Enerjisi	MeV	40
Paketçik yükü	pC	115
N. Emittans (x, y)	mm mrad	2.0
Beta (x,y)	cm	0.8
Bunch length	(ps)	3.5
Tekrarlama frekansı	Hz	100

Parametre	Birim	Değer
Dalgaboyu	μm	1.030
Atma enerjisi	J	0.85
Atma uzunluğu	ps	5
Tekrarlama frekansı	Hz	100
Spot size	μm	40
Etkileşme açısı	Rad	0.035

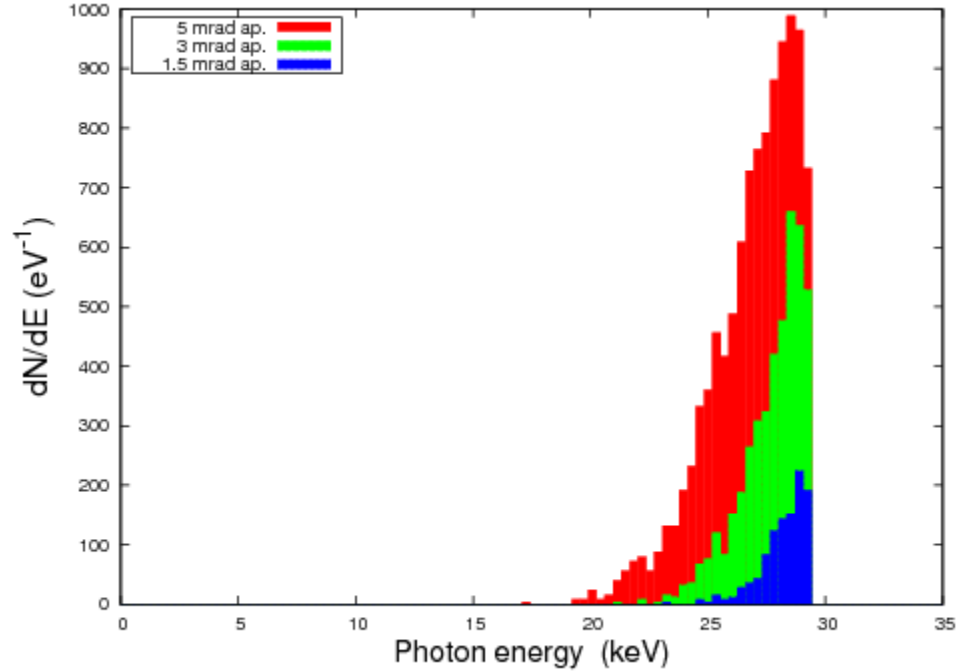
Saçılama açısı Foton enerjisi arası ilişki



Üretilen Foton spektrumu



Farklı Akseptans açıları için foton spektrumu



Band genişliği acceptans açısı değiştirilerek ayarlanabilir.
(Kolimasyon)

5 mrad için Foton sayısı 5.5×10^6 ve rms $\Delta E/E = \%6.7$
3 mrad için Foton sayısı 2.3×10^6 ve rms $\Delta E/E = \%4.5$

Üretilen Foton parametreleri

Parametre	Birim	Değer	
Pik foton enerjisi	keV	29	
Kolimasyon açısı	mrad	5	3
Görelî rms band genişliği	%	6.7	4.5
Kolimasyon sonrası foton sayısı	#	5.5×10^6	2.3×10^6
rms spot ölçüsü s_x / s_y	μm	11.6 / 13.5	
Parlaklık	*	2.31×10^{10}	1.44×10^{10}

* Foton/s/mm⁻²/mrad⁻²/0.1%BW

Sonuçlar:

- IR FEL kaynağı olan TARLA'da x-ışını bölgesinde ışınım talep eden kullanıcılara Compton geri saçılması ile bunu sağlayabilir.
- Elektron demet enerjisi ve ayna açıları değiştirilerek farklı enerjilerde foton üretmek mümkündür.
- 10 mm mrad normalize emittans değeri ile kolimasyon sonrası gerekli band genişliğinin sağlanması zordur. Bu sebep ile elektron kaynağı ile ilgili geliştirme gereklidir.
- Kaynakta yapılacak çalışma ile parçacık başına elektron sayısı da artırılabilir ve bu parlaklık parametresini 5 kat artıracaktır.