



Elektron-Alüminyum Etkileşiminde Depolanan Enerjinin Hedef Kalınlığı ile Değişimi

Zehra Nur DEMİRCİ*¹, Nilgün DEMİR, İskender AKKURT¹

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 32260, Isparta
Uludağ Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 16059, Bursa

(Alınış Tarihi: 02.10.2012, Kabul Tarihi: 29.07.2013)

Anahtar Kelimeler

Elektron demet
Alüminyum hedef
Depo edilen enerji
FLUKA.

Özet: Yüksek teknolojiye sahip hızlandırıcı sistemler dünyada sayılı merkezlerde bulunmaktadır. Hızlandırılmış demetler parçacık fiziği ve nükleer fizik deneylerinde kullanılmaktadır. Elektronların hızlandırılarak Bremsstrahlung foton üretilmesinde kullanılan hedefin kalınlığı önemlidir. Bu çalışmada 8 MeV enerjiye sahip hızlandırılmış elektron demeti ile farklı kalınlıklardaki alüminyum hedeflerin etkileşimi sonucunda depolanan enerjinin hedef kalınlığı ile değişimi incelenmiştir. Al hedefte depolanan enerjinin hedefin kalınlığına bağlılığı FLUKA kodu kullanılarak simüle edilmiştir. Hedef malzemenin kalınlığı arttıkça hedefin üzerinde depo edilen enerji artmıştır.

Variation of Deposition Energy with the Target Thickness in Electron-Aluminum Interaction

Keywords

Electron beam
Aluminum target
Energy deposition
FLUKA.

Abstract: Accelerators, which are high technology, has been setup in a large number of facility in the world. The accelerated beams can be used in particle or nuclear physics experiment. Thickness of target, which used in production bremsstrahlung photon by accelerated electrons, is important. In this study, the variation of energy deposition with target thickness has been investigated due to interaction of 8 MeV energy accelerated electron beam with aluminum target at different thicknesses. Depending the target thickness of energy deposition on Al target has been simulated using FLUKA code. The energy deposition on the target has increased with increasing thickness of target material.

1. Giriş

Elektronlar yüklü oldukları için madde ile etkileşimleri ortamdaki çekirdeğin elektrik alanından kaynaklıdır. Elektron ve pozitron gibi hafif yüklü parçacıklar aynı enerjili ağır yüklü parçacıklara göre kütleleri küçük olduğundan hızları daha yüksektir. Hızları (yani enerjileri) yüksek olan beta parçacıkları bir çekirdek alanından geçerken radyasyon yoluyla bir enerji kaybına uğrarlar. Bu enerji Bremsstrahlung ya da frenleme radyasyonu denilen sürekli X ışını spektrumu olarak görülür. Bu radyasyon elektronun ivmelenmesinden dolayı oraya çıkar ve çekirdeğin elektriksel çekiminden dolayı izlediği düz yolda sapma meydana getirir.

Deneysel olarak, hızlandırılmış ve belirli bir enerji değerine sahip elektron demetleri, önceden

parametreleri belirlenmiş ve teorik işlemleri yapılmış bazı metaller üzerine yönlendirilerek (Al, Ta, Au v.b) elektromanyetik radyasyon (Bremsstrahlung) oluşturulur (Akkurt vd., 2008; Demirci, 2011).

Parçacık Hızlandırıcıları elektron (e⁻), pozitron (e⁺), proton (p), anti proton gibi yüklü temel parçacık demetlerini oluşturarak, onları istenilen enerji değerine kadar hızlandırabilen özel tasarımlı donanımlardır. Doğrusal hızlandırıcılarda hızlandırma düzeneği içerisinde genelde RF rezonans boşluğu bir defa geçilir ve hızlandırma gradyeni ve uzunluğuna göre linaklarda hafif parçacıklar birkaç GeV enerjilere kadar çıkarılabilmektedir.

Bu sistemler ile daha yüksek enerjilere çıkarılan parçacık demetleri genellikle sabit hedeflerle çarpıştırılmakta ve bunun sonucunda elde edilen veriler de detektör sistemleri ve bilgisayar

* İlgili yazar: demircizehranur@gmail.com

programları ile analiz edilmektedir. Elektron demeti ile sabit hedef arasındaki etkileşim sırasında hedefte depolanan enerjinin bilinmesi önemlidir. Bu özellikle hedefin dizayn edilmesinde kullanılan önemli parametrelerin başında gelir.

Konuyla ilgili farklı tesislerde yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Maddaluno ve arkadaşları (2003) tarafından yapılan çalışmada ITER-FEAT (International Thermonuclear Experimental Reactor-Fusion Energy Advanced Tokamak) Termonükleer Deney Reaktörü plazma bileşenlerinde (PFCs) 10 veya 50 MeV kaçak elektronlar tarafından depo edilen enerji profili ve sonrasında sıcaklık deseni Monte Carlo kodu FLUKA ve sonlu elemanlar ısı iletimi kodu ANSYS kullanılarak hesaplanmıştır. (Maddaluno vd., 2003).

Literatürde bu konu hakkında Rollet (2001) tarafından yapılan çalışmada, İgnitör deneyinde üretilen yüksek akıllı füzyon nötronlarına maruz kalan hedef malzemede oluşabilecek ciddi zararlardan dolayı, hedef malzeme üzerinde depo edilen enerji birikimi FLUKA kodu ile hesaplanmıştır (Rolet, 2001).

Bu çalışmada elektron demeti ile Al hedef arasındaki etkileşimde hedef malzemenin kalınlığına bağlı olarak depolanan enerji FLUKA kodu ile hesaplanmıştır.

2. Materyal ve Metot

FLUKA, parçacık ve radyasyon taşıma konularını geniş bir şekilde ele alabilen, radyasyon taşıma için hesaplamaları ve parçacığın madde ile etkileşimlerini kapsayan bir Monte Carlo kodudur. Proton ve elektron hızlandırıcısı için hedef dizaynından, dedektör tasarımı, dozimetri, aktivasyon, radyasyon hasarı, kozmik ışınlar, nötrino fiziği, radyoterapi gibi bir çok alanda kullanılabilir (Fassò vd., 1997).

FLUKA simülasyon kodu, herhangi bir hedef materyaldeki elektromanyetik ve hadronik etkileşimleri ve parçacık transportunu simüle edebilir ve aynı zamanda geniş bir enerji aralığına sahiptir. Bu kod ile simüle edilebilen hadronlar, müonlar, elektron ve fotonlar, düşük enerjili nötronlar dört temel radyasyon olarak sıralanabilir.

FLUKA yaklaşık 60 farklı parçacığın madde içinde yayılım ve yüksek doğrulukta etkileşimlerini simüle edebilir. Ayrıca foton ve elektronlar için 1 keV enerjiden TeV seviyelerine kadar, birçok değişik parçacık için kullanılabilir.

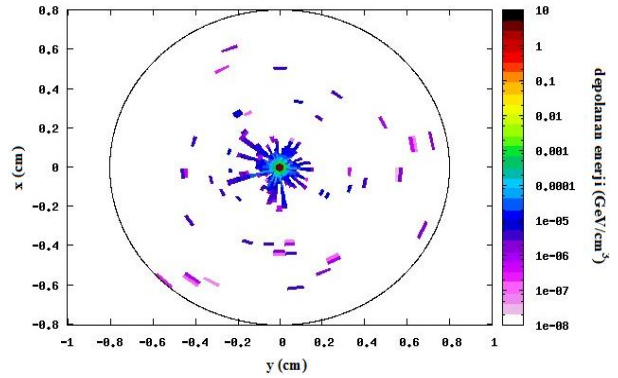
FLUKA simülasyon kodunda problemi çözebilmek için ilk aşamada radyasyon kaynağı, demet parametreleri, sistemin geometrisi ve kullanılan materyaller belirlenmeli ve istenilen sonuçlar tanımlanmalıdır (Ferrari vd., 2010).

Bu çalışmada radyasyon kaynağı olarak 8 MeV enerjili 10^7 adet elektrondan oluşan hızlandırılmış elektron demeti seçilmiştir. Hedef olarak disk geometriye sahip 0,8 cm yarıçaplı ve kalınlığı 5 μ m den 100 μ m kadar değişen Al metali seçilmiştir. Seçilen hedef ve hızlandırılmış elektron demeti, kenar uzunluğu 20 cm olan küp şeklindeki bir hava ortamının içerisinde tanımlanmıştır.

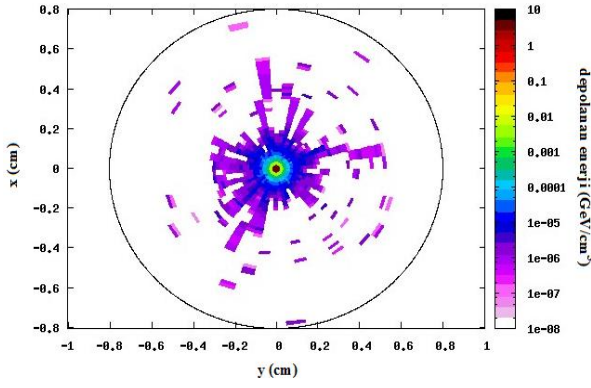
3. Araştırma Bulguları

8 MeV enerjili 10^7 tane elektrondan oluşan hızlandırılmış elektron demeti ile 40 μ m ve 100 μ m kalınlıktaki 0,8 cm yarıçaplı disk geometri şeklindeki Al hedefin etkileşmesi sonucu hedef üzerinde depolanan enerjinin FLUKA kodu ile simülasyonu Şekil 1 ve Şekil 2 de verilmiştir.

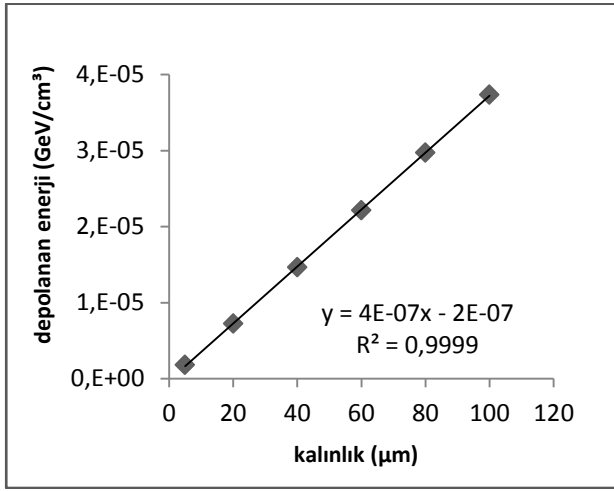
Hedef malzemenin kalınlığı arttıkça, elektronların etkileşeceği hedef atomlarının sayısı da artacak ve dolayısıyla malzeme üzerinde depo edilen enerji miktarı da artacaktır. Şekil 2 deki 100 μ m kalınlıklı Al hedef üzerinde depo edilen enerjinin Şekil 1 deki 40 μ m kalınlıklı Al hedef üzerinde depolanan enerjiye göre daha fazla olduğu görülmektedir. Aynı zamanda simülasyonlarda kalem biçimli elektron demet disk geometrili hedefin merkezi doğrultusunda etkileştirildiğinden Al hedefin merkezine doğru gidildikçe depolanan enerjinin arttığı simülasyonlardan görülmektedir.



Şekil 1. 40 μ m kalınlıktaki Al hedef ile 8 MeV enerjili elektron demetin etkileşmesi sonucu hedefte depolanan enerjinin (GeV/cm^3) FLUKA kodu ile simülasyonu



Şekil 2. 100 µm kalınlıktaki Al hedef ile 8 MeV enerjili elektron demetin etkileşmesi sonucu hedefte depolanan enerjinin (GeV/cm^3) FLUKA kodu ile simülasyonu



Şekil 3. Al hedefin 5µm ile 100µm aralığında değişen kalınlıklara bağlı olarak hedef üzerinde depolanan enerji (GeV/cm^3)

Şekil 3 de 5µm ile 100µm aralığında değişen kalınlıklardaki Al hedef ile 8 MeV enerjili 10^7 adet elektrondan oluşan hızlandırılmış elektron demet etkileştirilmesi sonucu hedefte depo edilen enerjinin değişimi verilmiştir. Şekilden anlaşıldığı üzere Al hedefin kalınlığı arttıkça hedef üzerinde depolanan enerjide artmaktadır.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, bir Monte Carlo kodu olan FLUKA kodu kullanılarak, 0,8 cm yarıçaplı disk geometrideki Al hedef ile 8 MeV enerji değerlerindeki hızlandırılmış elektron demeti etkileşimi simüle edilmiş ve Al hedefler üzerinde depolanan enerjiler hesaplanmıştır. Hedef malzemenin kalınlığı arttıkça hedefin üzerinde depo edilen enerjinin arttığı belirlenmiş hedefin merkezine yakın kısımlarda depo edilen enerjinin daha fazla olduğu görülmüştür.

Kaynaklar

Akkurt, I., Demir, N., Cakirli, R.B., Ozkorucuklu, S., Tapan, I., Pilicer, E., Akkuş, B., Yavaş, O., Aksoy, A., Yıldız, H.D. Yıldız, Sultansoy, S., 2008. Electron-LINAC-Based Radiation Facilities of the Turkish Accelerator Center (TAC). The 18th International Conference on Particles and Nuclei (PANIC08) Eilat-İsrail.

Demirci, Z. N., 2011. Bremsstrahlung Foton Işınımı için Radyatör Parametrelerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 54s.

Fassò, A., Ferrari, A., Roesler, S., Sala, P.R., Ballarini, F., Ottolenghi, A., Battistoni, G., Cerrutti, F., Gadioli, E., Garzelli, M.V., Empl, A., Ranft, J., 1997. The physics of fluka: status and recent development, in: H. Hiramaya, (Ed.), Proceedings of SARE-3, KEK-Tsukuba, KEK Report Proceedings, 97-5, p. 32.

Ferrari, A., Sala, P. R., Fasso, A., Ranft, J. FLUKA: a multi-particle transport code. <http://www.fluka.org/content/manuals/FM.pdf>. (Erişim tarihi: 01.10.2010).

Maddaluno, G., Maruccia, G., Merola, M., Rollet, S., 2003. Energy deposition and thermal effects of runaway electrons in ITER-FEAT plasma facing components. Journal of Nuclear Materials 313-316, 651-656.

Rollet, S., 2001. Energy deposition in the plasma-facing components of Ignitor, Radiation Physics and Chemistry, 61, 505-507.