

Katkısız Hidrojenlendirilmiş Amorf Silisyum İnce Film Malzemelerde Staebler-Wronski Etkisi: Malzemenin Nanoyapısında Mevcut Elektronik Kusurların İki Demetli Fotoiletkenlik Spektroskopisi ile Belirlenmesi

Mehmet Güneş¹, Jimmy Melskens² and Arno H. M. Smets³

1. *Mugla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Kotekli Yerleşkesi, Mugla, Türkiye*

2. *Eindhoven University of Technology, Netherlands*

3. *Photovoltaic Materials and Devices, Faculty of Electrical Engineering, Delft University of Technology, The Netherlands*

Katkısız hidrojenlendirilmiş amorf silisyum (a-Si:H) malzemelerde 1977 yılında keşfedilen Staebler-Wronski etkisi, malzemenin güneş ışığı altında beklediğinde elektronik özelliklerini zamanla kaybetmesine neden olmaktadır. Bu etki amorf silisyum güneş hücre teknolojisinin gelişimine en büyük engeldir. Malzeme karanlıkta 150C'nin üzerinde ısı işleme tabi tutulduğunda ise kaybettiği elektronik özelliklerini tamamen geri kazandığı bu etkinin ışık ile yaratılan elektronik kusurlarda kaynaklandığı anlaşılmış olmasına rağmen, bugüne kadar yapılan bilimsel çalışmalar ışık ile yaratılan ve film büyütme sırasında nanoyapıda mevcut elektronik kusurların tam resmini ortaya koyamamıştır. Çok farklı deneysel yöntemlerle yapılan çalışmalar ilk başta elektron spin rezonans tekniğinin belirttiği tek tip elektronik kusur (tek elektronlu silisyum sallanan bağları-yüksüz özellikte) üzerine yoğunlaşmış olmasına rağmen, başka yöntemlerle elde edilen bulgular birden fazla özellikli elektronik kusurların, özellikle yüklü silisyum sallanan bağların varlığını da işaret etmektedir. Bu konuda binlerce yapılmış bilimsel çalışmalara rağmen, katkısız hidrojenlendirilmiş amorf silisyumun nanoyapısındaki elektronik kusurların çeşitleri, enerji dağılımları ve yoğunluklarının nasıl belirlendiği konusu tam anlaşılamamıştır. Mevcut elektronik kusur modelleride deneysel bulguların ortaya koyduğu Staebler-Wronski olayını tam açıklayamamaktadır.

Laboratuvarımızda gerçekleştirilen çalışmalar kapsamında, farklı nanoyapılara sahip katkısız hidrojenlendirilmiş amorf silisyum ince film malzemeler RF-PECVD büyütme sisteminde farklı silan gazı seyreltme oranlarında Delft Teknoloji Üniversitesinde büyütülmüştür. Cam taban malzeme üzerine özel Ohmik kontak mimarisi ile hazırlanan örnek malzemeler 430K'de ısı işleme bırakıldıktan sonra 300K'de kararlı durum fotoiletkenlik ve geliştirilmiş iki demetli fotoiletkenlik spektroskopisi yöntemleri ile analiz edildikten sonra vakumda 1 güneş ışık şiddeti altında ve sabit sıcaklıkta (25C) Staebler-Wronski etkisi yaratılıp tekrar aynı koşullarda karakterize edilmiştir. Enerjiye bağlı ham ac fotoiletkenlik spektrumu ve optik geçirgenlik spektrumlarından girişim saçaksız optik soğurma katsayısı spektrumu hesaplanmıştır. Hem ısı işlem sonrası hem de ışık altında bekletme sonrasında elde edilen optik soğurma katsayısı spektrumun analizinden katkısız hidrojenlendirilmiş amorf silisyumun yasak enerji aralığında yerleşmiş dört farklı Gauss tipi elektronik kusur dağılımı tespit edilmiştir. Literatürdeki gibi A, B, C, ve X adları ile adlandırılan elektronik kusur dağılımları film büyütme işlemi sırasında yaratılmış olan doğal elektronik kusurlar ve ışık ile yaratılmış Staebler-Wronski kusurları ile aynıdır, sadece yoğunlukları ışık altında bekletme süresi ile artmaktadır. Elde edilen bulgular, son zamanlarda benzer malzemelerde gerçekleştirilen Fourier transform fotocurrent spektroskopisi (FTPS) bulguları ile uyumludur, dört adet elektronik kusur dağılımını işaret etmektedir. Ayrıca, yakın zamanda gerçekleştirilen "time-domain pulsed" elektron paramagnetik rezonans (EPR) deneyleri de farklı özellikli iki adet paramagnetik silisyum sallanan bağlarına (elektriksel yüksüz) ait elektronik kusurların varlığını ortaya koymaktadır. Bu çalışmada elde edilen dört adet Gauss tipi elektronik kusurlardan 2 adet Gauss tipi elektronik kusur dağılımının EPR deneylerinin tespit ettiği elektronik kusurlar ile de uyumlu olduğu anlaşılmıştır.