

ORGANİK ARAYÜZEY TABAKALI METAL–YARIİLETKEN YAPILARIN ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERİNİN BETA RADYASYONUNA BAĞLI İNCELENMESİ

Özlem ABAY¹, Murat ULUSOY², Esra UYAR³, Şemsettin ALTINDAL⁴, Sema BİLGE OCAK⁵

¹⁻⁵Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, İleri Teknolojiler, Ankara / Türkiye

²⁻³⁻⁴Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Ankara / Türkiye

Öz: Transistörler, MOS kapasitörler, MS/ MIS / MPS tipi Schottky diyotlar (SDs) ve güneş pilleri, uzay uygulamaları (uydu sistemleri), nükleer sanayi ve tıbbi uygulamalar için üretilen cihazlarda elektronik bileşen olarak geniş bir kullanım alanına sahiptirler. Bu malzemelerin radyasyona karşı dayanıklılık derecesinin belirlenmesi ve onların radyasyona karşı tepkilerinin araştırılarak radyasyon etkilerinin doğru ve detaylı bir şekilde anlaşılması uyduların veya diğer uygulamalardaki cihazların güvenilirliğini artırmak için oldukça önemlidir. Beta ışınları ile elektron ve proton gibi yüksek enerjili parçacıklar, yukarıda bahsi geçen malzemelerin elektriksel özelliklerinde kristal yapının değişiminin yanı sıra elektron-hol çiftlerinin oluşumu sebebiyle önemli değişikliklere yol açmaktadır. Bunlar, malzemelerin kullanımlarında beklenen karakteristiklerin dışına çıkmasına sebebiyet verebilecek değişimler olabileceği gibi karakteristiklerindeki belirli bölgelerde bazı küçük artış ve azalışlar olarak da ortaya çıkabilmektedir. Bu çalışmada, geleneksel yalıtkan arayüzey tabakalı metal-yarıiletken (MS) yapılar yerine metal/polimer/yarıiletken (MPS) tipi Schottky diyotları (SDs) hazırlanmış ve bu diyotların beta ışınlama etkileri araştırılmıştır. Metal/polimer/yarıiletken (MPS) tipi Schottky diyotun beta radyasyonundan önce ve sonra elektriksel özelliği, I-V ölçümlerinden bariyer yüksekliği (ϕ_{B0}), idealite faktörü (n), ters doyum akımı (I_0) Termiyonik Emisyon metodu ile incelenmiştir. Bu elektriksel parametrelerinin radyasyondan belirlen bir şekilde etkilendiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Schottky Diyotlar, Beta Radyasyonu, Akım Voltaj Karakteristikleri, Schottky Diyotların Elektriksel Karakteristikleri

GİRİŞ ve KURAMSAL ÇERÇEVE

Metal/yarıiletken (Schottky) yapılar yarıiletken malzemelerin karakterizasyonunda önemli araştırma aygıtlarıdır ve teknolojik olarak bazı yararlı cihazların üretilmesinde rol oynarlar. Bir metal bir yarıiletkenle temas ettirildiğinde termal denge kuruluncaya kadar bu iki malzeme arasında taşıyıcı geçişleri meydana gelir. Her iki malzemenin yük alışverişi sonucunda Fermi enerji düzeyleri eşit olduğunda yeni bir yük dağılımı meydana gelir ve bir potansiyel engeli oluşur. Bu tip aygıtlarda metal ile yarıiletken arayüzeyinde bir potansiyel engel oluştuğunu ilk olarak Schottky, meydana gelen bu potansiyelin, metal ile yarıiletkenin iş fonksiyonları arasındaki farktan kaynaklandığını ise Mott ortaya atmıştır. Engelin omik ya da doğrultucu olması tamamen yarıiletkenin tipine, metalin ve yarıiletkenin iş fonksiyonlarına bağlıdır. Bir arayüzey tabaka metali yarıiletkendeki yalıtma amacı ile kullanıldığında ise oluşan metal/yalıtkan/yarıiletken yapılar, yarıiletken yüzeylerini incelemek için yararlı birer aygıt haline gelirler (Nicollian ve ark., 1982).

Radyasyonun malzemeler üzerinde kalıcı ve geçici olmak üzere iki önemli etkiye sahiptir (Güllü ve ark., 2008). Bu etkilerden elektron-hol çiftlerinin oluşumu veya rekombinasyonu geçici etki olarak görülürken radyasyon bombardımanı nedeniyle malzemelerde meydana gelen kristal yapı bozukluğu ve/veya değişikliği kalıcı etki olarak ortaya çıkmaktadır. Işınlanmış numunelerin performansı, radyasyona bağlı kusurlar, arayüzey tuzakları, sarkan bağlar ve yeniden kristalizasyon gibi durumlardan dolayı önemli ölçüde etkilenebilmektedir (Badila ve ark., 2001; Garcia ve ark., 2009). Diğer bir deyişle, gama ışınları ile elektron ve proton gibi yüksek enerjili parçacıklar, yukarıda bahsi geçen malzemelerin hem elektrik/

TAM METİN SÖZEL SUNUMLAR

dielektrik karakteristiklerinde hem de elektro-optik özelliklerinde kristal yapının değişiminin yanı sıra elektron-hol çiftlerinin oluşumu veya rekombinasyonu sebebiyle önemli değişikliklere yol açarlar (Feteha ve ark., 2002). Bunlar, malzemelerin kullanımlarında beklenen karakteristiklerin dışına çıkmasına sebebiyet verebilecek değişimler olabileceği gibi karakteristiklerindeki belirli bölgelerde bazı küçük artış ve azalışlar olarak da ortaya çıkabilmektedir. Dolayısıyla, radyasyona bağlı olarak malzemelerde ortaya çıkan bu etkiler, zaman zaman cihazların performanslarının bozulmasına sebebiyet verebilmektedir.

AMAÇ

Uzay ortamı, doğal olarak elektrik/manyetik alanlardan, yüklü parçacıklardan ve güneş/galaktik radyasyondan oluşmaktadır. Ayrıca güneş pilleri, diyotlar, kapasitörler ve taransistörler gibi elektronik malzemelerin yoğun bir şekilde kullanıldığı medikal cihazlarda ve bazı endüstriyel uygulama alanlarında radyasyon çoğunlukla kaçınılmaz olmaktadır. Bu durumda, bu uygulamalarda kullanılmak üzere radyasyona dayanıklı malzemeler üretilmesi oldukça önem arz etmektedir. Temel diyot parametreleri vasıtasıyla da radyasyonun SDs üzerindeki etkilerinin incelenmesi ve böylece radyasyon etkilerinin doğru bir şekilde anlaşılması/açıklanması bu çalışmanın amacı içerisinde.

KAPSAM

Radyasyona dayanıklı yeni nesil yarı iletken aygıtlar tasarlamayı ve tasarlanan bu yarıiletkenler ile kullanım alanlarının daha genişletilmesi.

YÖNTEM

Bu çalışmada MPS yapıların üretiminde kullanılmak üzere elektron eğirme yöntemi ile büyütülmüş 350µm kalınlığında 5.08 cm çapında fosfor katkılı (100) düzleminde kesilmiş tek taraflı parlatılmış n tipi Silisyum tek kristali kullanılmıştır. Polimer arayüzeyli Schottky yapıları oluşturmak için kristaller ilk olarak bir dizi kimyasal işleme tabi tutulmuştur. Kimyasal temizleme işlemi bittikten kristaller, alt yüzeylerine omik kontak oluşturmak üzere vakum sistemine yerleştirilmiş ve yüksek vakumlu (yaklaşık 10^{-6} Torr) basınçta ve 1500 Å kalınlığında %99.999'luk saflıkta altın (Au) metali kaplanmıştır. Omik kontağı oluşturulmuş kristale elektron eğirme yöntemiyle polimer tabakası ince film kaplama tekniğiyle kaplanmıştır. Bir yüzeyine polimer film kaplanan kristallerin üzerinde, doğrultucu kontakların oluşturulması vakum ortamında sağlanmıştır. Kristalin organik ince film kaplı yüzeyleri üzerine bir maske yerleştirilmiş ve yaklaşık 10^{-6} Torr basınçta 1500 Å kalınlığında %99.999'luk saflıkta altın(Au) kaplamak suretiyle 1mm çapında doğrultucu kontaklar oluşturulmuştur. Şekil 1'de üretilen polimer arayüzeyli Schottky diyotların şematik gösterimi verilmektedir.

Yapıların doğru ve ters beslem akım-gerilim (I-V) ölçümleri radyasyon öncesi ve sonrası olmak üzere oda sıcaklığında alınmıştır. MPS yapıları beta kaynağı kullanılarak 2kGy iyonize radyasyon ile ışınlanarak. Yapıların akım-gerilim ölçümlerinden idealite faktörü (n), ters doyum akımı (I_0) ve bariyer yüksekliği (Φ_{B0}) değerleri Termiyonik emisyon yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

BULGULAR

Şekil 2'de metal/polimer/yarıiletken (MPS) yapıların -5 ila +5 V aralığında alınmış iyonize radyasyon öncesi ve sonrası akım-gerilim eğrileri görülmektedir. Şekil 3'de görüldüğü üzere 0.08-0.38 V aralığında bir çizgisel bölgenin olduğu gözlenmiş olup, bu doğru beslem bölgesinde yapının akım- gerilim arasındaki bağıntı (Card ve ark., 1971),

$$I = I_0 \left[\exp \left(\frac{qV}{nkT} \right) - 1 \right] \quad (1)$$

İfadesiyle verilmektedir. Burada n diyotun idealite faktörü ve I_0 ters beslem doyum akımı olup aslında sıfır beslem de diyotun çektiği akım anlamına gelir. Bu da aşağıdaki bağıntı ile verilir.

$$I_0 = A A^* T^2 \exp \left(\frac{-q \Phi_{B0}}{kT} \right) \quad (2)$$

Burada A , A^* ve Φ_{B0} terimleri sırasıyla diyot alanı, Richardson sabiti ve bariyer yüksekliğidir. Çizgisel eğrinin akım eksenini kestiği noktadan I_0 doyum akımı değeri ve engel yüksekliği elde edilmiştir. İdealite faktörü ise $\ln(I)$ - V eğrisinin eğiminden hesaplanmıştır.

Şekil 2 incelendiğinde akımın radyasyona bağlı olarak değişim sergilediği açık bir şekilde görülebilmektedir. Akımında oluşan bu artış, yeni yük taşıyıcılarının ve yarıiletkenin yakınındaki çok sayıda kusurun ortaya çıkmasıyla ilişkilendirilmektedir (Dixit ve ark., 2007). Çünkü bu kusurlar yük taşıyıcıları için yollar sağlar ve böylece akımlarda bir artışın ortaya çıkmasını neden olurlar. Öte yandan, metal tarafında görülen bariyer yüksekliğinin azalması ve/veya yarıiletken yakınındaki rekombinasyon (yeniden birleşme) merkezleri de bu artışa neden olabilir (Dökme ve ark., 2008).

MPS yapısında radyasyonsuz ve 2kGy radyasyona maruz bırakılmasıyla elde edilen idealite faktörünün (n) 1'den çok büyük olduğu ve $\ln(I)$ - V eğrilerindeki lineerliğin genelde çok küçük bir gerilim bölgesinde olması, yapıların akım mekanizmasında Termiyonik emisyon veya azınlık taşıyıcı enjeksiyonunun etkin olması ihtimalini güçlendirmektedir (Kar ve ark., 1980). Malzemeye radyasyon uygulandığında idealite faktöründe arttığı, engel yüksekliğinin ise azaldığı gözlenmiştir. Aygıtın elektriksel özelliklerinin kötüleşmesinin sebebi grafen ince filmin içerisinde bulunan karbon ve hidrojen bağlarının iyonize radyasyon tarafından kırılarak yapıda kusurlar oluşması olarak düşünülebilir. Diğer yandan ışınlama sırasında tuzak formunda ve aktif olan diğer gizli kusurlar da aygıt parametrelerinin bozulmasından sorumludur (Arshak ve ark., 2004).

Tablo 1. MPS yapıların radyasyonsuz ve 2kGy beta radyasyonuna bağlı n , I_0 ve Φ_{B0} değerleri

Doz (kGy)	n	I_0 (A)	Φ_{B0} (eV)
0	3.115	9.14×10^{-11}	0.890
2	5.595	3.59×10^{-9}	0.795

Tablo 1'de görüldüğü üzere MPS yapılarında oda sıcaklığında radyasyon öncesi engel yüksekliği 0.890 eV olup, 2 kGy radyasyon uygulandığında azalmıştır. Bazı araştırmacıların (Mamor ve ark., 2007; Grussell ve ark., 1980) rapor ettiği üzere, bu durum radyasyona maruz bırakılan n-tipi veya p-tipi Schottky yapılarının bant aralığında serbest taşıyıcı konsantrasyonuna etki eden kusurlar yaratmakta ve engel yüksekliğini azaltmakta veya arttırmaktadır.

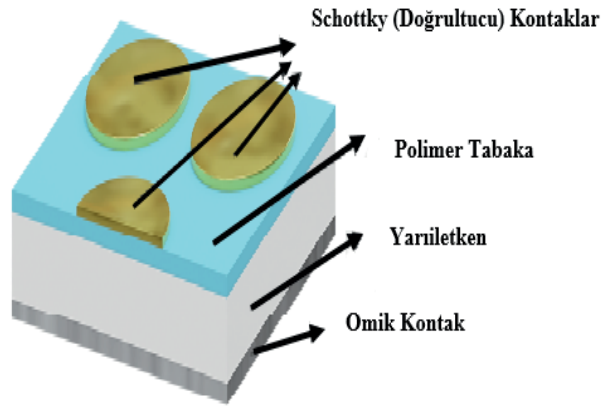
SONUÇ

Bu çalışmada MPS Schottky diyotlar üzerinde iyonize radyasyonun etkisi incelenmiştir. Bunun için polimer arayüzeyli Schottky yapılar üretilerek 2 kGy ışınlama dozunda beta radyasyonuna maruz bırakılmış. Karakterizasyon işlemleri yardımıyla yapının radyasyon öncesi ve sonrası bazı temel parametrelerindeki değişimler belirlenmiştir. İyonize radyasyonun MPS yapısında akım-gerilim eğrilerine

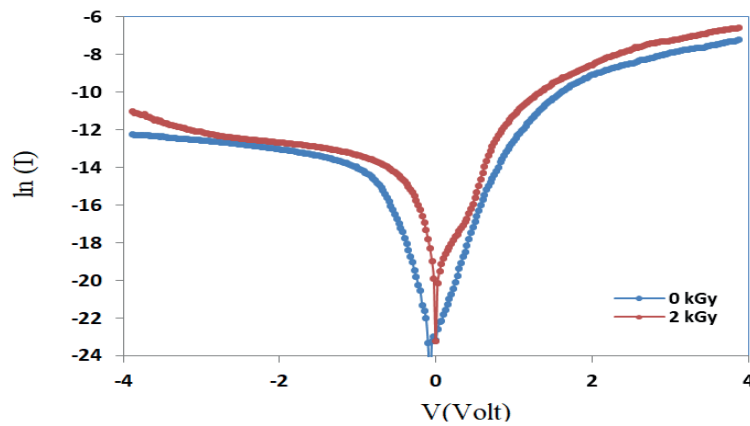
TAM METİN SÖZEL SUNUMLAR

sistematiik bir etkisinin olduğu ve bu etkinin radyasyon dozuna bağlı olarak aygıt akımında bir artma meydana getirdiği gözlenmiştir. Bu durum radyasyon sonrası polimer/yarıiletken arayüzeyindeki tuzakların artması sonucu serbest yük taşıyıcılarının tuzaklar tarafından yakalanmasına atfedilmiştir. Yapıların idealite faktörünün 1'den çok büyük ve yarılogaritmik akım gerilim eğrilerindeki lineer bölgenin çok küçük olması, yapıların akım mekanizmasında Termiyonik emisyonun yanında azınlık taşıyıcı enjeksiyonunun da etkin olması ihtimalini güçlendirmiştir. Beta radyasyonu uygulandığında yapının idealite faktöründe artış, engel yüksekliğinde ise azalma meydana gelmiş olup, aygıt parametrelerindeki bu tür bozulmaların ışınlama sırasında tuzak formunda ve aktif olan gizli kusurlar tarafından oluştuğuna atfedilmiştir. Bu çalışmadaki deneysel sonuçlardan elde edilen veriler sayesinde radyasyon ortamında çalıştırılacak olan polimer tabanlı SDs'ın davranışı önceden tahmin edilebilecek ve radyasyon etkisiyle değişen performans parametreleri göz önünde bulundurularak aygıt tasarımları yapılabilecek. Diğer taraftan üretilen MPS polimer tabanlı Schottky aygıtlarının elektriksel parametrelerin uygulanan radyasyon dozuna bağlı olarak değiştirilip kontrol edilebileceği görülmüştür.

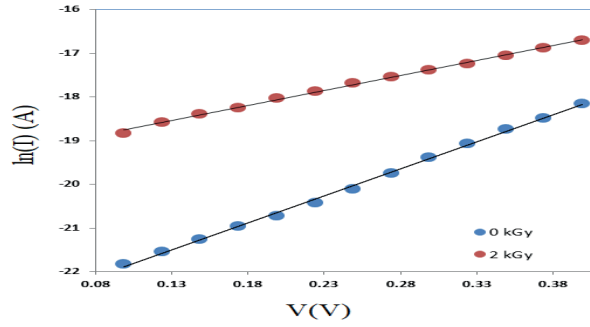
Şekil 1. Hazırlanan MPS yapının şematik gösterimi



Şekil 2. MPS yapısının oda sıcaklığındaki radyasyon öncesi ve sonrası $\ln(I)$ - V eğrileri



Şekil 3. MPS Schottky diyotlarda $\ln(I)$ -V grafiğinin lineer bölgesi



KAYNAKÇA

- Kaptein, EM., (1996). Thyroid hormone metabolism and thyroid diseases in chronic renal failure. *Endocrine Reviews* 17:(1);45-63.
- Martin, WH., Sandler, P., (2003). Thyroid Imaging. Diagnostic Nuclear Medicine, Sandler MP, Coleman RE, Patton JP, Wackers FJ, Gottschalk A. Fourth ed. Vol. I, 607-651.
- Becker, D., Charkes, ND., Dworkin, H., Hurley, J., McDougall, IR., Price, D., Royal, H., and Sarkar, S., (1996). Procedure guideline for thyroid uptake measurement: 1.0. Society of Nuclear Medicine. *Journal of Nuclear Medicine*, 37(7):1266-1268.
- Hegedüs, L., Perrild, H., Poulsen, LR., Andersen, JR., Holm, B., Schnohr, P., Jensen, G., and Hansen, JM., (1983). The determination of thyroid volume by ultrasound and its relationship to body weight, age, and sex in normal subjects. *Journal of Clinical Endocrinology Metabolism*, 56(2):260-263.
- Knudsen, N., Bols, B., Bülow, I., Jørgensen, T., Perrild, H., Ovesen, L., and Laurberg, P., (1999). Validation of ultrasonography of the thyroid gland for epidemiological purposes. *Thyroid*, 9(11):1069-1074.
- Gutekunst, R., Becker, W., Hehrmann, R., Olbricht, T., and Pfannenstiel, P., (1988). Ultrasonic diagnosis of the thyroid gland. *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 113(27):1109-12.
- Dai G, Levy O, Carrasco N. Cloning and characterization of the thyroid iodine transporter. *Nature* 379:458-460, 1996.
- Eskandari S, Loo DDF, Dai G et al. Thyroid Na⁺/I⁻ symporter: mechanisms, stoichiometry and specificity. *J Biol Chem* 272:27230-27238, 1997.
- Sostre S, Parikh S. A visual index of thyroid function. *Clin Nucl Med* 4:59-63, 1979.