

GaS Monokristalinde Akustik Dalgaların Yayılma Özellikleri

Vahid FERECOV¹

Rafet AKDENİZ¹

Elmira KAFAROVA²

¹Trakya Üniversitesi
Çorlu Mühendislik Fakültesi
Elektronik ve Haberleşme Müh. Bölümü
Tel: 0.282.652 94 75, Fax: 0.282.652 93 72
59860 Çorlu-Tekirdağ
e-posta: vferecov@corlu.edu.tr, akdeniz@corlu.edu.tr

²Azerbaycan Teknik Üniversitesi
Elektronik Mühendisliği Bölümü
Tel: 0099412713949, Fax: 0099412383280
Bakü- Azerbaycan

Özet: Yapılan bu çalışmada, GaS monokristalinin elastiklik katsayıları kullanılarak akustik dalgaların yayılma karakteristikleri belirtilerek, enerji kaybı olmaması için istenen durumlarda elektronik sistemlerin tasarlanmasında bu yüzeylerin kullanılması daha uygun olacağı öngörülmüştür.

I. Giriş

A^{III}B^{VI} tipi yarıiletken bileşimler, tabakalı ve zincir şekilli yapıya sahiptirler. Bu bileşimler yarıiletken ve kuantum elektronığında fonksiyonel mikroelektronik ve lineer olmayan optik araçların ve bellek elemanlarının yapımı açısından geniş uygulama alanına sahiptirler. Yarı iletken bileşimlerin akustik özelliklerinin öğrenilmesi kristal örgüsünün dinamik modellerinin analizinde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

Bu bileşimlerden, fiziksel özelliklerinde büyük anizotropik düzeni bulunan GaS monokristali, hücre sabitleri $a = 3,585A^\circ$, $c = 15,500A^\circ$ olan D_{6h}^4 ($6 / mmm$) heksogonal yapıya sahiptir. GaS monokristali heksogonal yapıya sahip olmasından dolayı, C_{11} , C_{13} , C_{33} , C_{44} , C_{66} gibi beş bağımsız elastiklik katsayısı ile karakterize olunur. Bu bağımsız elastiklik katsayılarından C_{11} , C_{33} , C_{44} , C_{66} katsayıları, [100] ve [001] yönünde saf L ve T-akustik dalgaların yayılma hızına göre bulunabilir. C_{13} katsayısının hesabı için istenen yönde yayımlanan kuazi L veya T dalgalının hızı kullanılabilir.

II. Yöntem

Burada faz-impuls yönteminin bir modifikasyonu [1] ile faz kristalinin bağımsız katsayıları yaklaşık 3 mm.'lik kalınlıkta [100], [001] ve [001] yönü ile 25° lik açı oluşturan örneklerde L ve T dalgalarının yayılma hızının ölçülmesi ile hesaplanmıştır. Bu katsayılar için 10^{10} N/m² cinsinden $C_{11}=15.50$, $C_{13}=1.35$, $C_{33}=3.87$, $C_{44}=1.10$, $C_{66}=6.15$ değerleri elde edilmiştir.

Bağımsız katsayılar için bulunan değerler [2]'de elde edilen değerlere uyduğu ve [3]-[4] ile iyi uyum sağlamadığı görülmüştür. Bunun nedeninin saf GaS monokristalinin büyütülme yöntemine ve elastiklik katsayılarının bulunma yöntemlerine bağlı olması düşünülmektedir.

GaS monokristalinin fiziksel özelliklerinin anizotropik hacmi akustik dalgaların yayılma karakteristiğine kesin etki göstermektedir. Böyle bir anizotropinin dikkate alınması kristalin akustik ve dinamik özelliklerinin incelenmesinde büyük bir öneme sahiptir. Bu açıdan ultrasonik dalgaların yayılma özelliklerinin sağlıklı bir biçimde araştırılması dolayısıyla faz ve grup hız yüzeylerinin belirtilmesi gerekmektedir. Bu amaçla ilk kez aşağıda verilen Green-Kristoffel denklemi bu monokristal için uygulanmıştır.

$$|\Gamma_{ik} - \rho v^2 \delta_{ik}| = 0 \quad (1)$$

Burada Γ_{ik} Kristoffel katsayıları, ρ GaS monokristalinin yoğunluğu, v ultrasonik dalganın yayılma hızıdır.

Yukarıda da görüldüğü gibi bu denklem ultrasonik dalgaların yayılma hızının karesine göre kübik bir denklemdir. Denklemin çözümünden belirli kristallografik yüzeylerde istenen yönlerde dalgaların yayılma hızları hesaplanabilmektedir. Bu verilere göre faz ve grup hız yüzey çizgilerinin yapıları belirtilmiştir. Grup hız yayılma yönünün, yani akustik enerjinin yayılma hızının dalganın yayılma yönünden farklı olduğu gösterilmiştir. Dolayısıyla kuazi dalgalar için enerjinin taşıma yönünün, yayılma yönünden saptığı belirtilmiştir.

Bilindiği gibi her bir kristallografik yönde üç değişik hıza sahip akustik dalga yayımlanabilir. Bunlardan biri boyuna diğer ikisi ise enine dalgalardır. GaS monokristalinde (001) yüzeyinde her üç akustik dalga saf moda sahiptirler ve onların hızları yayılma yönünden bağımsızdır. Bu nedenle faz ve grup hızları biri birlerine eşit olup Şekil 1.a'da görüldüğü gibi iç içe üç daire şekilli yüzeyler oluştururlar. Enerji kaybı olmaması için istenen durumlarda elektronik sistemlerin tasarlanmasında bu yüzeylerin kullanılması daha uygun olacağı söylenebilir.

(a)

(b)

Şekil 1. Faz yüzey çizgileri. (a) (001) yüzeyinde, (b) (100) yüzeyinde

Şekil 1.b'de (100) yüzeyinde faz hızı yüzeylerinin çizgileri gösterilmiştir. Bu yüzeyde kuazi L ve saf T₂ dalgaları büyük anizotropiye sahip olduğu belirtilmiştir. Böyle bir yüksek anizotropinin nedeni GaS monokristalinin tabakalı strüktüründen kaynaklanır. T₁ dalgası kuazi enine dalgadır GaS kristalinde c-ekseni ile yanı sıra [100] eksenini ile 56° açı oluşturan

yönde her iki kuazi enine akustik dalganın hızları eşit olur ve T_1 dalga polarını değiştirir ve saf enine dalgaya dönüşür.

(110) yüzeyinde faz hız yüzeyi daha karmaşık şekle sahiptir. Şekil 2'de (100) yüzeyinde grup hız yüzey çizgileri gösterilmiştir. T_1 ve L dalgalarının grup hızları $[100]$ yönü ile 16° 'lik açı oluşturan yönde bir birlerine eşit olur.

Şekil 2. (100) yüzeyinde grup hız yüzey çizgileri.

Bilindiği gibi kristallerde akustik enerjinin yayılma yönünü belirleyen grup hızının yayılma yönü dalganın yayılma yönü ile aynı değildir. Bu nedenle (100) yüzeyinde akustik dalganın yayılma yönü ile akustik enerji akısının yönü arasındaki açı hesaplanmıştır. Şekil 3'de grup ve faz hızları arasındaki maksimum sapma açısı L dalgası için $\varphi=60^\circ$ yönünde olup, değeri $\gamma=45^\circ$, T_2 dalgası için ise $\varphi=80^\circ$ olduğunda $\gamma=54^\circ$ olur.

Şekil 3. (100) yüzeyinde grup hızı ile faz hızı arasındaki açı.

III. Sonuç

Bu yöntem, akustik dalgaların yayılma karakteristiklerinin öğrenilmesi ile GaS monokristalinde değişik yönde bağlanma kuvvetlerinin değişik değere sahip olması nedeniyle akustik enerjinin yayılma yönünden kesin kaymaya neden olduğunu göstermektedir. Enerji kaybı olmaması için istenen durumlarda elektronik sistemlerin tasarlanmasında (001) yüzeyinin kullanılması daha uygun olacağı söylenebilir.

IV. Kaynaklar

- [1] Agayev A.I., İskenderzade Z. A., Ferecov V.C., “Katılarda ultrasonik dalgaların yayılma hızının faz-impuls yöntemi ile ölçülmesi”, Akustik Dergisi, 20(169, sy.120-121, 1972 (Rusça)
- [2] Gatulle M., Fisher M., Chevy A., “Elastic constants of the layered compounds GaS, GaSe, InSe and their pressure dependence”, Phys. Stat. Sol., 119(1), sy.327-336, 1993
- [3] Honma Y., Yamada M., Yamamoto K., “Elastic constant of GaS and GaSe Layerd crystals determined by Brillouin Scattering”, Journal of Phys., 52(8), sy.2777-2783, 1983
- [4] Pollian A., Besson B. Ss., “Elastic properties of GaS under high pressure by Brillouin Scattering.”, Phys. Rew. 25(4), sy.2767-2775, 1982