

Atf İçin: Eksi, D. (2023). İki Farklı Metalik Kapı Yöntemiyle Oluşturulan Hall Bar'daki Sıkıştırılmaz Şeritlerin Kalınlıkları ve Elektron Hızı. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(1), 278-284.

To Cite: Eksi, D. (2023). Thicknesses and Electron Velocity of Incompressible Strips in The Hall Bar Formed by The Two Different Metallic Gate Method. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(1), 278-284.

İki Farklı Metalik Kapı Yöntemiyle Oluşturulan Hall Bar'daki Sıkıştırılmaz Şeritlerin Kalınlıkları ve Elektron Hızı

Deniz EKŞİ^{1*}

Öne Çıkanlar:

- Hall bar geometrisi
- İki farklı metalik kapı yöntemi
- Sıkıştırılmaz şeritlerin kalınlığı ve bu bölgedeki elektron hızı

Anahtar Kelimeler:

- Kuantum Hall etkisi
- İki boyutlu elektron sistemi
- Sıkıştırılmaz şerit

ÖZET:

Bu çalışmada, üç boyutlu hetero yapılarda oluşturulan iki boyutlu elektron sistemi üzerinde metalik kapılar kullanılarak tanımlanabilen Hall bar geometrisi, iki farklı kapı yöntemi için incelenmiştir. Hesaplamalarda üç boyutlu Poisson denklemi, kendinden tutarlı çözülerek elektron yoğunluğunun ve potansiyel profilinin iki boyutlu uzaysal dağılımları belirlenmiştir. Dik bir manyetik alan varlığında, her iki kapı yöntemi ile elde edilen elektron dağılımlarında oluşan sıkıştırılmaz şeritlerin yerleri, kalınlıkları ve bu bölgelerdeki elektronların hızları manyetik alanın bir fonksiyonu olarak sunulmuştur. Manyetik alanın artması ile Sıkıştırılmaz Şeritlerin kalınlıklarının arttığı ve bu bölgelerdeki elektronların hızlarının azaldığı görülmektedir. Yapılan hesaplamaların sonuçları, daha önce yapılmış çalışmalar ile uyumludur. Aynı zamanda, çalışmanın, kuantum sensörler ve bilgisayarlar alanında katkı sunacağı düşünülmektedir.

Thicknesses and Electron Velocity of Incompressible Strips in The Hall Bar Formed by The Two Different Metallic Gate Method

Highlights:

- Hall bar Geometry
- Two different metallic gate methods
- The thickness of the incompressible strips and the electron velocity in this region

Keywords:

- Quantum Hall effect
- Two-dimensional electron system
- Incompressible strip

ABSTRACT:

In this study, Hall bar Geometry, which can be defined using metallic gates on a two-dimensional electron system formed in three-dimensional heterostructures, was investigated for two different gate methods. In the calculations, the two-dimensional spatial distributions of the electron density and potential profile were determined by solving the three-dimensional Poisson equation in a self-consistent manner. In the presence of a perpendicular magnetic field, the locations of the incompressible strips formed in the electron distributions obtained by both gate methods, thicknesses and velocities of the electrons in these regions has been presented as a function of the magnetic field. It is seen that the thickness of the Incompressible Strips increases with the increase of the magnetic field and the velocity of the electrons in these regions decreases. The results of the calculations are in agreement with previous studies. At the same time, it is thought that the study will contribute in the field of quantum sensors and computers.

¹ Deniz EKŞİ (Orcid ID: 0000-0002-5523-4619), İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, İstanbul, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Deniz EKŞİ, e-mail: deniz.eksi@yeniuyuzyl.edu.tr

GİRİŞ

Kuantum Hall etkisini (Klitzing ve ark. 1980) açıklamak için kullanılan olgulardan biri kenar durumlarıdır (Eksi ve ark., 2007; Sıddıki ve ark., 2008). Bu kenar durumlar, faz-korunumlu olduklarından gerek parçacık interferometrelerinde gerek kuantum bilgi iletimi alanlarında hem deneysel hem kuramsal olarak önem arz etmektedir (Camino ve ark., 2005; Neder ve ark., 2006; Litvin ve ark., 2008; Roulleau ve ark., 2008; Ping ve ark., 2009; Zhang ve ark., 2009; McClure ve ark., 2009). Son yıllarda yapılan deneysel (Ahlsvede ve ark., 2002; Ilani ve ark., 2004) ve teorik (Güven ve Gerhardts, 2003; Sıddıki ve Gerhardts, 2004; Kramer, 2006; Sohrmann ve Römer, 2007; Gaury, 2014) çalışmalarda, iki boyutlu elektron sistemine (2BES) dik bir manyetik alan uygulandığında elektron yoğunluğu, akım, potansiyel ve sıkıştırılabilirlik hakkında bilgiler sağlanmıştır. 2BES'de Hall bar geometrisini (HBG) oluşturabilmek için, kimyasal kesme ve metalik kapılara uygulanan negatif gerilim voltajı (Arslan ve ark., 2008; Eksi ve ark., 2010; Eksi ve Sıddıki, 2022) gibi yöntemlerle farklı sınırlandırma potansiyelleri tanımlanabilir. Bu her iki yöntemde sınırlama potansiyeli farklı olduğundan elektron yoğunluğu ve elektron dağılımının kenarlardaki profili de farklılık göstermektedir.

Chklovskii ve arkadaşlarının (Chklovskii ve ark., 1992) yaptıkları çalışmada, kenarlardan sınırlandırılmış elektron dağılımına dik bir manyetik alan uygulandığında yoğunluk profili üzerinde iki farklı rejimin olduğunu görülmüştür. 2BES'e homojen olarak uygulanan dik bir manyetik alan varlığında elektronlar, Landau enerji seviyelerine yerel olarak yerleşirler. Elektron sisteminde perdeleme özelliği, girilebilir durumların olmasına bağlı olarak ortaya çıkar. Manyetik alanın etkisi ile oluşan iki Landau enerji seviyesi arasına Fermi enerjisinin denk geldiği bölgelerde girilebilir durum olmadığından perdeleme zayıftır ve sıkıştırılmaz şerit (SŞ) oluşur. Bu bölgelerde elektron dağılımları sabittir. Girilebilir durumun olduğu diğer bölgelerde ise elektron dağılımı değişkendir ve perdeleme güçlüdür. Bu bölgeler ise sıkıştırılabilir bölgeler (SB) olarak isimlendirilir. Yine aynı çalışmada, elektron dağılımının kenarlarda konuma göre değişim oranı, SŞ'lerin kalınlıklarını etkilediği belirtilmiştir. Değişim oranı küçük olursa SŞ'lerin kalınlıkları büyük, değişim oranı büyük olursa da kalınlıklar küçük olmaktadır.

Dik bir manyetik alan varlığında elektron yoğunluğu, Landau kuantizasyonu (Wulf ve ark., 1988) kullanılarak doldurma faktörü (ν) ile tanımlanır. Zeeman yarılması yani spin etkileri hesaba katılmadığında yerel olarak $\nu=2,4,6,..$ 'ya denk gelen konumlar SŞ'lerin olduğu bölgelerdir.

Bu çalışmada, $GaAs/Ga_{1-x}Al_xAs$ yarı iletkenleri ile oluşturulan üç boyutlu (3B) hetero yapıda, 2BES üzerinde iki farklı metalik kapı yöntemi ile iki farklı Hall bar geometrisi (HBG1 ve HBG2) oluşturulmuştur. Oluşan elektron dağılımlarına dik bir manyetik alan uygulanmış ve doldurma faktörünün $\nu=2$ olduğu bölgede SŞ'lerin kalınlıkları ve bu bölgelerdeki elektronların sürüklenme hızları manyetik alanın bir fonksiyonu olarak farklı örnek büyüklükleri için hesaplanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışmanın temel amacı, iki farklı metalik kapı yöntemleri ile Hall bar geometrilerini oluşturup, dik bir manyetik alan varlığında her iki geometri için elde edilen elektron dağılımının kenar durumlarını manyetik alanın bir fonksiyonu olarak belirlemek ve bunları karşılaştırmaktır. Bunun için 3B'li hetero yapıda sabit pozitif yüklerin (donörler) ve sınır koşullarının tanımlandığı bir başlangıç koşulu ile sıfır sıcaklık ve manyetik alanın olmadığı durumda Poisson denklemini kendinden tutarlı bir yöntemle çözüp (Weichselbaum A. ve Ulloa S. E., 2006) elektron yoğunluğunu elde edilir. Şekil 1' de HBG1 ve HBG2 için kullanılan 3B'li hetero yapının büyütme parametreleri, metalik kapıların geometrisi ve konumları, donör yoğunlukları ve konumları verilmektedir.

Fermi enerjisine kadar doldurulan elektron yük yoğunluğu $n_{el}(r)$ sıfır sıcaklıkta,

$$\nabla^2 V(r) = -\frac{\rho(r)}{\varepsilon} \quad (1)$$

Poisson denklemi ile elde edilir. Burada $\rho(r) = -e[n_{el}(r) - n_0]$ perdelenen yük yoğunluğu, n_0 donör yük yoğunluğu, ε dielektrik sabiti, $V(r)$ elektronlar için potansiyel enerjisi, e elektron yüküdür. Yerel olarak 2B'de elde edilen bu yoğunluk profiline dik bir manyetik alan uygulandığında Landau kuantizasyonu (Wulf ve ark., 1988) kullanılarak,

$$v(x, y) = 2\pi l_B^2 n_{el}(x, y) \quad (2)$$

2B'li doldurma faktörü belirlenir (Siddiki ve Gerhardts, 2003). Burada $l_B = \sqrt{\hbar/eB}$ manyetik uzunluk, $2\pi\hbar$ Planck sabiti ve B z yönündeki manyetik alanın büyüklüğüdür. Thomas Fermi yaklaşıklığı (Oh ve Gerhardts, 1997) ile Chklovskii ve arkadaşları (Chklovskii ve ark., 1992) doldurma faktörünün tam sayı olduğu durumda SŞ'lerin kalınlıklarını,

$$w_v^2 = \frac{2\varepsilon\hbar\omega_c}{\pi^2 e^2 \left. \frac{dn_{el}(x)}{dx} \right|_{x=x_v}} \quad (3)$$

ifadesi ile tanımlanmışlardır. Burada ε ($= 12.4$ GaAs için) malzemenin dielektrik sabiti, ω_c ($= eB/m^*$) siklotron frekansı, m^* ($= 0.067m_0$ GaAs için) elektronun etkin kütlesi, m_0 serbest elektron kütlesi, x_v ise doldurma faktörünün tam sayı olduğu durumdaki elektron yoğunluğunun konumudur. Bu denklem ile sadece $v=2$ değerinde SŞ'lerin kalınlıkları her iki geometri (HBG1 ve HBG2) için hesaplanmıştır. SŞ'lerin olduğu bölgelerde girilebilir durumların olmaması nedeni ile perdeleme zayıftır ve bu bölgelerde perdelenmiş potansiyelde konuma göre değişim gözlenir. Bu durum x yönünde bir elektrik alan meydana getirir. Sürüklenme hızı genel olarak (Eksi, 2007),

$$\vec{V}_D = \frac{\vec{E} \times \vec{B}}{B^2} \quad (4)$$

ile tanımlanır. Dik manyetik alan varlığında oluşan iki Landau enerji seviyesi arasındaki fark $\hbar\omega_c$ 'dir. Bu durumda SŞ'lerin olduğu bölgede elektrik alanın x yönündeki büyüklüğü,

$$E_x = \frac{\hbar\omega_c}{ew_v} \quad (5)$$

olur. Elektrik alan ve manyetik alan birbirine dik olduklarından Eşitlik 4.,

$$V_D = \frac{E_x}{B_z} \quad (6)$$

şekline dönüşür. Bu ifadede Eşitlik 5. yerine yazıldığında SŞ'lerdeki elektronun y yönündeki hızının büyüklüğü,

$$V_y = \frac{\hbar}{m^* w_v} \quad (7)$$

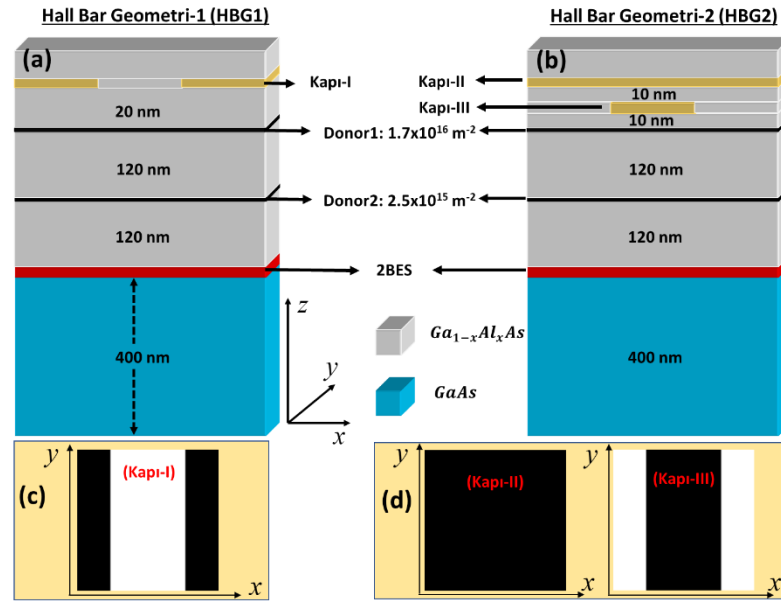
olarak elde edilir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

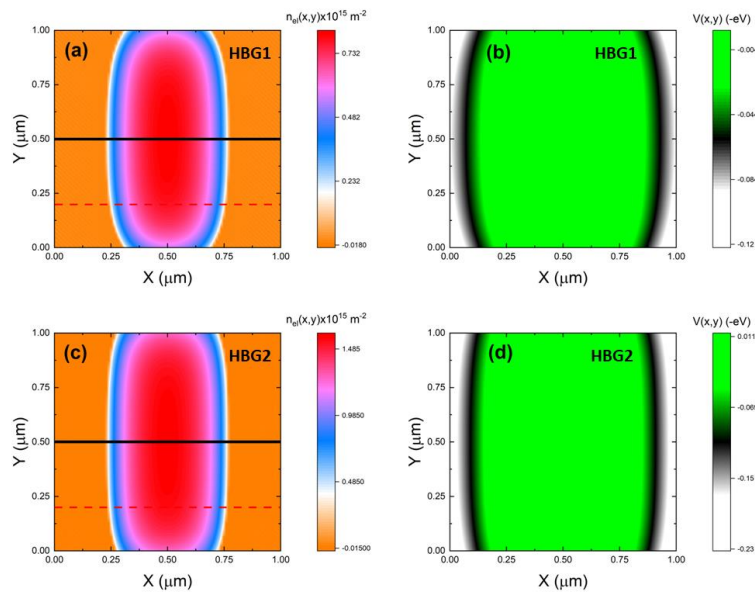
Bu çalışmada, Şekil 1.'de gösterildiği gibi 128x128x105 ağ örgüsüne sahip hetero yapı için oluşturulan 2BES üzerinde iki farklı kapı (HBG1-HBG2) yöntemi ile Hall bar geometrisinin elektron yoğunluklarının uzaysal dağılımları hesaplanmıştır. Hesaplamalar için kullanılan 3B'li hetero yapı deneysel olarak kullanılan gerçek bir örneğin büyütme parametreleri kullanılarak tanımlanmıştır (Camino ve ark., 2005; Ping ve ark., 2009). Şekil 1. a) ve b). 'de 3B'li hetero yapının z yönünde büyütme parametreleri, metalik kapıların konumları, donörlerin konumları-miktarları ve 2BES'in konumu verilmektedir. Yapıda donörler literatürde delta doping olarak tanımlanan (x-y) düzleminde tek bir ağ örgüsündedir (Camino ve ark., 2005; Ping ve ark., 2009). Şekil 1. c). 'de HBG1 için kullanılan metalik kapı (Kapı-I) ve Şekil 1. d). 'de ise HBG2 için kullanılan metalik kapılar (Kapı-II, Kapı-III)

resmedilmiştir. Siyah renk ile gösterilen konumlar metalik kapıların olduğu ve negatif veya pozitif voltajın uygulandığı bölgeler, beyaz renk ile gösterilen konumlar ise metalik kapıların olmadığı bölgelerdir. Hesaplamalarda 3B'li hetero yapıdaki alüminyum konsantrasyonunun değeri, deneylerle uyumlu olarak, $x=0.3$ alınmıştır.

HBG1 için metalik kapı voltajı değeri $V_{Kapı-I} = -1.0 \text{ Volt}$ olarak alınmıştır ve hesaplanan elektron yoğunluğunun uzaysal dağılımı Şekil 2. a)'da ve potansiyel profili de Şekil 2. b)'de gösterilmiştir. HBG2 için metalik kapı voltajları değerleri $V_{Kapı-II} = -1.35 \text{ Volt}$ ve $V_{Kapı-III} = 0 \text{ Volt}$ olarak alınmış ve hesaplanan elektron yoğunluğunun uzaysal dağılımı Şekil 2. c)'de ve potansiyel profili de Şekil 2. d)'de gösterilmiştir.



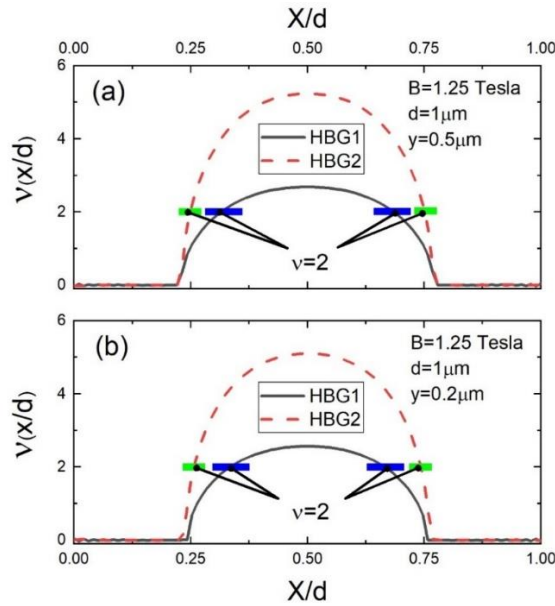
Şekil 1. (a) ve (b) üç boyutlu hetero yapının büyüme parametrelerinin şematik gösterimi, (c) HBG1 için kullanılan metalik kapı (Kapı-I), (d) HBG2 için kullanılan metalik kapılar (Kapı-II ve Kapı-III).



Şekil 2. HBG1 yöntemi ile belirlenen (a) elektron yoğunluğunun uzaysal dağılımı ve (b) potansiyel profili. HBG2 yöntemi ile belirlenen (c) elektron yoğunluğunun uzaysal dağılımı ve (d) potansiyel profili.

Bu sonuçlardan da görüldüğü gibi her iki yöntemle oluşturulan Hall bar geometrisi için elektron yoğunlukları farklı olmakta ve bu da potansiyel profillerine yansımaktadır. HBG2 yöntemi ile oluşturulan elektron yoğunluğu, HBG1 yöntemi ile oluşturulan elektron yoğunluğundan daha fazla yük içermektedir. Bunun nedeni HBG2 durumunda Kapı-II'ye uygulanan voltaj Kapı-III tarafından perdelenmekte ve bu yüzden elektron yoğunluğu HBG1'e göre daha fazla olmaktadır.

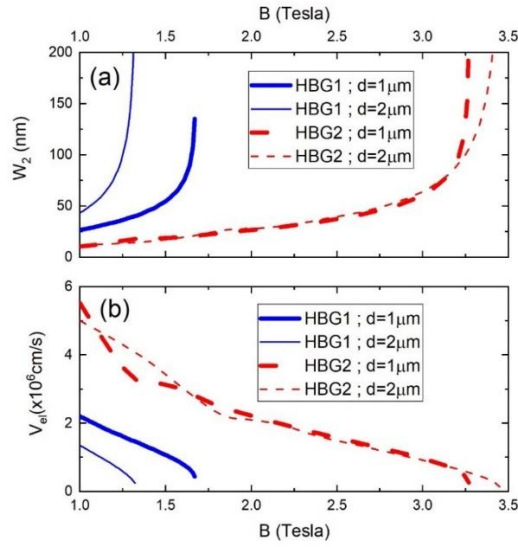
Şekil 2. a) ve b)'deki elektron yük yoğunluklarına dik bir manyetik alan uygulandığında ($B=1.25$ Tesla), $y=0.5\mu\text{m}$ (siyah düz çizgi) ve $y=0.2\mu\text{m}$ (kırmızı kesikli çizgi) konumlarından alınan tek boyutlu doldurma faktörleri Şekil 3. a) ve b)'de konuma göre değişimi gösterilmiştir. Şekil 3. içerisinde tanımlanan d , örneğin $(x-y)$ boyutunu tanımlamaktadır. $d=1\mu\text{m}$ için örneğin $(x-y)$ boyutu ($1\mu\text{m} \times 1\mu\text{m}$), $d=2\mu\text{m}$ için ($2\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$)'dir.



Şekil 3. Dik bir manyetik alan varlığında ($B=1.25$ Tesla), (a) $y=0.5\mu\text{m}$, (b) $y=0.2\mu\text{m}$ konumlarda HBG1 ve HBG2 için doldurma faktörünün yerel olarak dağılımı.

$\nu=2$ değerinde, örnek boyutları $d=1\mu\text{m}$ ve $d=2\mu\text{m}$ için Şekil 4. a)'da SŞ'lerin kalınlıkları, Şekil 4. b)'de ise bu bölgelerdeki elektronun hızı manyetik alanın bir fonksiyonu olarak hesaplanmıştır. Büyük manyetik alan değerlerinde, Şekil 4. a)'da HBG2 için hesaplanan SŞ kalınlığı, HBG1 için hesaplanan SŞ kalınlığına göre varlığını sürdürmektedir. HBG1 için SŞ kalınlığı örnek boyutu $d=1\mu\text{m}$ için yaklaşık olarak $B=1.65$ Tesla değerinden sonra yok olmakta (kalın mavi çizgi), buna karşılık HBG2 için SŞ kalınlığı yaklaşık $B=3.25$ Tesla'ya kadar varlığını sürdürmektedir (kalın kırmızı kesikli çizgi). Benzer şekilde $d=2\mu\text{m}$ için HBG1 yaklaşık olarak $B=1.3$ Tesla değerinden sonra yok olmakta (ince mavi çizgi), buna karşılık HBG2 için SŞ' kalınlığı yaklaşık $B=3.45$ Tesla'ya kadar varlığını sürdürmektedir (ince kırmızı kesikli çizgi).

HBG1 için düşük manyetik alan değerlerinde elde edilen SŞ'lerin kalınlıklarını HBG2'de elde etmek için daha yüksek manyetik alan değeri uygulamak gerekmektedir. Elektron yoğunluğunun yüksek olması istenilen deneysel çalışmalar için HBG2 yöntemi HBG1 yöntemine göre daha uygun olacaktır.



Şekil 4 $v=2$ 'de, manyetik alana göre, farklı örnek boyutları ($1\mu\text{m} \times 1\mu\text{m}$ ve $2\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$) ve HBG1-HBG2 için, $y=d/2$ konumunda (a) SŞ'lerin kalınlıkları, (b) elektron hızının değişimi.

SONUÇ

İki farklı metalik kapı yöntemi ile 3B'li hetero yapıda tanımlanan Hall bar geometrisine uygulanan dik manyetik alan varlığında oluşan SŞ'lerin kalınlıkları ve bu bölgelerdeki elektronun hızları araştırılmıştır. Hesaplamaların sonucuna göre SŞ'lerin kalınlıkları manyetik alana göre artmakta ve bu bölgelerdeki elektronun hızı ise manyetik alana göre azalmaktadır. HBG2 yöntemi ile HBG1'e göre elektron yoğunluğu daha fazla olmaktadır. HBG2 yöntemi ile belirlenen SŞ'lerin kalınlıkları HBG1'e göre manyetik alanın artmasına bağlı olarak varlığını korumaktadır. HBG1 yöntemi ile HBG2'e göre daha düşük manyetik alan değerlerinde daha kalın SŞ'ler elde etmek mümkündür. İki farklı metalik kapı yöntemiyle SŞ'lerin kalınlıklarının ve bu bölgelerdeki elektronun hızının karşılaştırılması ilk kez bu çalışmada hesaplanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu makaleyi hazırlarken verdiği destek için değerli hocam Prof. Dr. Afif Sıddıki'ye teşekkür ederim.

Çıkar Çatışması

Makale tek yazarlı olduğu için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Yazar Katkısı

Yazar makalede bütün aşamaları kendisinin yaptığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Ahlsweide, E., Weis, J., Klitzing, K. v., Eberl, K. (2002). Hall potential distribution in the quantum Hall regime in the vicinity of a potential probe contact. *Physica E*, 12(1-4), 165-168.
- Arslan, S., Cicek, E., Eksi, D., Aktas, D., Weichselbaum, A., Siddiki, A. (2008). Modeling of quantum point contacts in high magnetic fields and with current bias outside the linear response regime. *Physical Review B*, 78, 125423.
- Camino, F. E., Zhou, W., Goldman, V. J. (2005). Aharonov-Bohm electron interferometer in the integer quantum Hall regime. *Physical Review B*, 72, 155313.

- Chklovskii, D. B., Shklovskii, B. I. ve Glazman, L. I. (1992). Electrostatics of edge channels. *Physical Review B*, 46, 4026.
- Eksi, D., Cicek, E., Mese, A. I., Aktas, S., Siddiki, A., Hakioglu, T. (2007). Theoretical investigation of the effect of sample properties on the electron velocity in quantum Hall bars. *Physical Review B*, 76, 075334.
- Eksi, D., Kilicoglu, O., Goktas, O., Siddiki, A. (2010). Screening model of metallic nonideal contacts in the integer quantized Hall regime. *Physical Review B*, 82, 165308.
- Eksi, D. ve Siddiki, A. (2022). Investigating the current distribution of parallel-configured quantum point contacts under quantum Hall conditions. *Journal of Computational Electronics*, 21, 1–9.
- Gaury, B., Weston, J. ve Waintal, X. (2014). Stopping electrons with radio-frequency pulses in the quantum Hall regime. *Physical Review B*, 90, 161305(R).
- Güven, K. ve Gerhardts, R. R. (2003). Self-consistent local equilibrium model for density profile and distribution of dissipative currents in a Hall bar under strong magnetic fields. *Physical Review B*, 67, 115327.
- Ilani, S., Martin, J., Teitelbaum, E., Smet, J. H., Mahalu, D., Umansky, V., Yacoby, A. (2004). The microscopic nature of localization in the quantum Hall effect. *Nature*, 427, 328-332.
- Klitzing, K. v., Dorda, G. ve Pepper, M. (1980). New Method for High-Accuracy Determination of the Fine-Structure Constant Based on Quantized Hall Resistance. *Physical Review Letters*, 45, 494.
- Kramer, T. (2006). A heuristic quantum theory of the integer quantum hall effect. *International Journal of Modern Physics B*, 20, 1243-1260.
- Litvin, L. V., Helzel, A., Tranitz, H. -P., Wegscheider, W., Strunk, C. (2008). Edge-channel interference controlled by Landau level filling. *Physical Review B*, 78, 075303.
- McClure, D. T., Zhang, Y., Rosenow, B., Levenson-Falk, E. M., Marcus, C. M., Pfeiffer, L. N., West, K. W. (2009). Edge-State Velocity and Coherence in a Quantum Hall Fabry-Pérot Interferometer. *Physical Review Letters*, 103, 206806.
- Neder, I., Heiblum, M., Levinson, Y., Mahalu, M., Umansky, V. (2006). Unexpected Behavior in a Two-Path Electron Interferometer. *Physical Review Letters*, 96, 016804.
- Oh, J. H. ve Gerhardts, R. R. (1997). Self-consistent Thomas-Fermi calculation of potential and current distributions in a two-dimensional Hall bar geometry. *Physical Review B*, 56, 13519.
- Ping, V. L., Camino, F. E ve Goldman, V. J. (2009). Electron interferometry in the quantum Hall regime: Aharonov-Bohm effect of interacting electrons. *Physical Review B*, 80, 125310.
- Rouilleau, P., Portier, F., Roche, P., Cavanna, A., Faini, G., Gennser, U., Mailly, D. (2008). Noise Dephasing in Edge States of the Integer Quantum Hall Regime. *Physical Review Letters*, 101, 186803.
- Siddiki, A., Eksi, D., Cicek, E., Mese, A. I., Aktas, S., Hakioglu, T. (2008). Theoretical investigation of the electron velocity in quantum Hall bars, in the out of linear response regime. *Physica E*, 40, 1217-1219.
- Siddiki, A. ve Gerhardts R. R. (2003). Thomas-Fermi-Poisson theory of screening for laterally confined and unconfined two-dimensional electron systems in strong magnetic fields. *Physical Review B*, 68, 125315.
- Siddiki, A. ve Gerhardts, R. R. (2004). Incompressible strips in dissipative Hall bars as origin of quantized Hall plateaus. *Physical Review B*, 70, 195335.
- Sohrman, C. ve Römer, R. A. (2007). Compressibility stripes for mesoscopic quantum Hall samples. *New Journal of Physics*, 9, 97.
- Weichselbaum, A. ve Ulloa, S. E. (2006). Tunability of qubit Coulomb interaction: Numerical analysis of top-gate depletion in two-dimensional electron systems. *Physical Review B*, 74, 085318.
- Wulf, U., Gudmundsson, V. ve Gerhardts, R. R. (1988). Screening properties of the two-dimensional electron gas in the quantum Hall regime. *Physical Review B*, 38, 4218.
- Zhang, Y., McClure, D. T., Levenson-Falk, E. M., Marcus, C. M., Pfeiffer, L. N., West, K. W. (2009). Distinct signatures for Coulomb blockade and Aharonov-Bohm interference in electronic Fabry-Pérot interferometers. *Physical Review B*, 79, 241304(R).