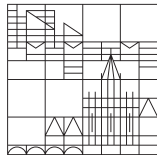


Landau-Niveaus und Quanten-Hall-Effekt in Graphen

Hermann Böttcher

Universität
Konstanz



22/11/2018

2018-11-17

Landau-Niveaus und Quanten-Hall-Effekt in Graphen

Landau-Niveaus und Quanten-Hall-Effekt in Graphen

Hermann Böttcher

Universität
Konstanz



22/11/2018

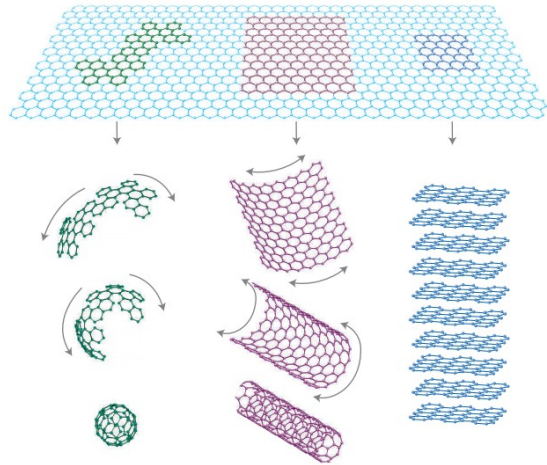
1 Graphen - Einführung

- 2D Monoschicht aus Kohlenstoffatomen in Bienenwabenstruktur
- Grundbaustein aller andersdimensionalen Graphitstrukturen
- Zunächst für "akademisches Material gehalten" (thermodynamisch instabil)
- 2004 als stabile Strukturen entdeckt
- Exeptionell hohe kristalline und elektronische Qualität

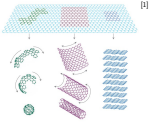
Graphen - Einführung

- Zwei überlappende Dreiecksgitter
- Bilder folgen gleich
- Schmelztemperatur von Dünnschichten sinkt rapide mit kleiner werdenden Dicke
- Erklärung: Wegen hoher interatomarer Bindungsenergie nicht anfällig für thermische Dislokationen und andere Kristalldefekte; Leicht gekrumpelt → Elastische Energie aber Unterdrückung thermischer Vibrationen
- Ladungsträger: Masselose Dirac-Fermionen

- 2D Monoschicht aus Kohlenstoffatomen in Bienenwabenstruktur
- Grundbaustein aller andersdimensionalen Graphitstrukturen
- Zunächst für "akademisches Material gehalten" (thermodynamisch instabil)
- 2004 als stabile Strukturen entdeckt
- Exeptionell hohe kristalline und elektronische Qualität



[1]



[1]

- nanotubes (1D), Fullerene (0D), Graphit (3D)
- Monolagen bisher kaum herstellbar → wie viele Lagen können als 2D Struktur betrachtet werden?
- Elektronische Struktur ändert sich rapide bei Erreichen von 10 Schichten
Bis zu 2 Schichten → 1 Ladungsträgertyp, 1 Lochtyp (simples elektronisches Spektrum);
3+ Schichten → mehrere Ladungsträger- und Lochtypen (kompliziertes elektronisches Spektrum);
- ⇒ 1, 2, 3+10 Lagenstrukturen in 3 2D Kristalle unterscheidbar

- Chemische Dampfablagerung auf Metallsubstraten
- Chemische Dekomposition von SiC
- Mikromechanisches Abspalten von Graphit

- Chemische Dampfablagerung auf Metallsubstraten
- Chemische Dekomposition von SiC
- Mikromechanisches Abspalten von Graphit

- Chemische Dampfablagerung auf Metallsubstraten
- Chemische Dekomposition von SiC
- Mikromechanisches Abspalten von Graphit

Abspalten mithilfe von Klebeband

20-100 Lagen, nicht weniger!

Quanten Hall Effekt in Graphen I

Besonderheiten in Graphen

2018-11-17

Landau-Niveaus und Quanten-Hall-Effekt in Graphen

Quanten Hall Effekt in Graphen I

Besonderheiten in Graphen

└ Quanten Hall Effekt in Graphen I

- 10 mal höhere Temperatur als bisher in anderen Materialien observiert
- Dirac-Gleichung, nicht Schrödinger-Gleichung beschreibt die elektrischen Eigenschaften am einfachsten
- Quasiteilchencharakter vergleichbar mit geladenen Neutrinos
- Anstelle der Lichtgeschwindigkeit c tritt die Fermi-Geschwindigkeit v_F der e^-

Quanten Hall Effekt in Graphen I

Besonderheiten in Graphen

- Observierbar bei Raumtemperatur

2018-11-17

Landau-Niveaus und Quanten-Hall-Effekt in Graphen

└ Quanten Hall Effekt in Graphen I

- 10 mal höhere Temperatur als bisher in anderen Materialien observiert
- Dirac-Gleichung, nicht Schrödinger-Gleichung beschreibt die elektrischen Eigenschaften am einfachsten
- Quasiteilchencharakter vergleichbar mit geladenen Neutrinos
- Anstelle der Lichtgeschwindigkeit c tritt die Fermi-Geschwindigkeit v_F der e^-

Quanten Hall Effekt in Graphen I

Besonderheiten in Graphen

- Observierbar bei Raumtemperatur
- Masselose relativistische Teilchen als Ladungsträger

2018-11-17

Landau-Niveaus und Quanten-Hall-Effekt in Graphen

└ Quanten Hall Effekt in Graphen I

- 10 mal höhere Temperatur als bisher in anderen Materialien observiert
- Dirac-Gleichung, nicht Schrödinger-Gleichung beschreibt die elektrischen Eigenschaften am einfachsten
- Quasiteilchencharakter vergleichbar mit geladenen Neutrinos
- Anstelle der Lichtgeschwindigkeit c tritt die Fermi-Geschwindigkeit v_F der e^-

Quanten Hall Effekt in Graphen I

Besonderheiten in Graphen

- Observierbar bei Raumtemperatur
- Masselose relativistische Teilchen als Ladungsträger

Ursprung

2018-11-17

Landau-Niveaus und Quanten-Hall-Effekt in Graphen

└ Quanten Hall Effekt in Graphen I

- 10 mal höhere Temperatur als bisher in anderen Materialien observiert
- Dirac-Gleichung, nicht Schrödinger-Gleichung beschreibt die elektrischen Eigenschaften am einfachsten
- Quasiteilchencharakter vergleichbar mit geladenen Neutrinos
- Anstelle der Lichtgeschwindigkeit c tritt die Fermi-Geschwindigkeit v_F der e^-

Quanten Hall Effekt in Graphen I

Besonderheiten in Graphen

- Observierbar bei Raumtemperatur
- Masselose relativistische Teilchen als Ladungsträger

Ursprung

- Gebundene e^- im C-Atom \rightarrow nicht relativistisch

2018-11-17

Landau-Niveaus und Quanten-Hall-Effekt in Graphen

└ Quanten Hall Effekt in Graphen I

- 10 mal höhere Temperatur als bisher in anderen Materialien observiert
- Dirac-Gleichung, nicht Schrödinger-Gleichung beschreibt die elektrischen Eigenschaften am einfachsten
- Quasiteilchencharakter vergleichbar mit geladenen Neutrinos
- Anstelle der Lichtgeschwindigkeit c tritt die Fermi-Geschwindigkeit v_F der e^-

Quanten Hall Effekt in Graphen I

Besonderheiten in Graphen

- Observierbar bei Raumtemperatur
- Masselose relativistische Teilchen als Ladungsträger

Ursprung

- Gebundene e^- im C-Atom \rightarrow nicht relativistisch

- Observierbar bei Raumtemperatur
- Masselose relativistische Teilchen als Ladungsträger

- Gebundene e^- im C-Atom \rightarrow nicht relativistisch
- e^- im periodischen Potential der Kristallstruktur von Graphen \rightarrow relativistisch

└ Quanten Hall Effekt in Graphen I

- 10 mal höhere Temperatur als bisher in anderen Materialien observiert
- Dirac-Gleichung, nicht Schrödinger-Gleichung beschreibt die elektrischen Eigenschaften am einfachsten
- Quasiteilchencharakter vergleichbar mit geladenen Neutrinos
- Anstelle der Lichtgeschwindigkeit c tritt die Fermi-Geschwindigkeit v_F der e^-

Quanten Hall Effekt in Graphen I

Besonderheiten in Graphen

- Observierbar bei Raumtemperatur
- Masselose relativistische Teilchen als Ladungsträger

Ursprung

- Gebundene e^- im C-Atom \rightarrow nicht relativistisch
- e^- im periodischen Potential der Kristallstruktur von Graphen \rightarrow relativistisch

Quanten Hall Effekt in Graphen I

Besonderheiten in Graphen

- Observierbar bei Raumtemperatur
- Masselose relativistische Teilchen als Ladungsträger

Ursprung

- Gebundene e^- im C-Atom \rightarrow nicht relativistisch
- e^- im periodischen Potential der Kristallstruktur von Graphen \rightarrow relativistisch
- Quasiteilchen; durch Dirac-Gleichung beschrieben

2018-11-17

Landau-Niveaus und Quanten-Hall-Effekt in Graphen

└ Quanten Hall Effekt in Graphen I

- 10 mal höhere Temperatur als bisher in anderen Materialien observiert
- Dirac-Gleichung, nicht Schrödinger-Gleichung beschreibt die elektrischen Eigenschaften am einfachsten
- Quasiteilchencharakter vergleichbar mit geladenen Neutrinos
- Anstelle der Lichtgeschwindigkeit c tritt die Fermi-Geschwindigkeit v_F der e^-

Quanten Hall Effekt in Graphen I

Besonderheiten in Graphen

- Observierbar bei Raumtemperatur
- Masselose relativistische Teilchen als Ladungsträger

Ursprung

- Gebundene e^- im C-Atom \rightarrow nicht relativistisch
- e^- im periodischen Potential der Kristallstruktur von Graphen \rightarrow relativistisch
- Quasiteilchen; durch Dirac-Gleichung beschrieben

Quanten Hall Effekt in Graphen I

Besonderheiten in Graphen

- Observierbar bei Raumtemperatur
- Masselose relativistische Teilchen als Ladungsträger

Ursprung

- Gebundene e^- im C-Atom \rightarrow nicht relativistisch
- e^- im periodischen Potential der Kristallstruktur von Graphen \rightarrow relativistisch
- Quasiteilchen; durch Dirac-Gleichung beschrieben
- v_F statt c

2018-11-17

Landau-Niveaus und Quanten-Hall-Effekt in Graphen

└ Quanten Hall Effekt in Graphen I

- 10 mal höhere Temperatur als bisher in anderen Materialien observiert
- Dirac-Gleichung, nicht Schrödinger-Gleichung beschreibt die elektrischen Eigenschaften am einfachsten
- Quasiteilchencharakter vergleichbar mit geladenen Neutrinos
- Anstelle der Lichtgeschwindigkeit c tritt die Fermi-Geschwindigkeit v_F der e^-

Quanten Hall Effekt in Graphen I

Besonderheiten in Graphen

- Observierbar bei Raumtemperatur
- Masselose relativistische Teilchen als Ladungsträger

Ursprung

- Gebundene e^- im C-Atom \rightarrow nicht relativistisch
- e^- im periodischen Potential der Kristallstruktur von Graphen \rightarrow relativistisch
- Quasiteilchen; durch Dirac-Gleichung beschrieben
- v_F statt c

Quanten Hall Effekt in Graphen I

Das **Besondere** Quantenelektrodynamische Phenomäne meist proportional zu c und damit

$$\frac{c}{v_F} \approx 300$$

mal stärker in Graphen!

2018-11-17

Landau-Niveaus und Quanten-Hall-Effekt in Graphen

└ Quanten Hall Effekt in Graphen I

Das **Besondere** Quantenelektrodynamische Phenomäne meist proportional zu c und damit

$$\frac{c}{v_F} \approx 300$$

mal stärker in Graphen!

