

グラフェンを用いた超伝導量子干渉計(SQUID)の作製

利用者：^a東京理科大学, ^b物質・材料研究機構MANA
津村公平^a, 古川直紀^a, 大杉正樹^a, 高柳英明^{a,b}

研究支援者：物質・材料研究機構 渡辺英一郎, 大里啓孝, 津谷大樹

【研究目的】

グラフェンはその発見以来さまざまな方面から研究が進められており、近年では輸送現象の光応答に関する研究も進められている。これらの研究では通常、常伝導電極が電極材料として使用されるが、超伝導電極を用いることによりグラフェン中に超伝導性を誘起することも可能である。本研究では、電子線描画装置や原子層体積(ALD)装置等を用いてグラフェンに微細加工を施し、超伝導体-グラフェン-超伝導体(SGS)接合を作製した。そして超伝導特性を含めた輸送現象に対する光照射効果の観測を試みた。

【成果】

図1に試料の模式図と顕微鏡写真を示す。試料は2つのSGS接合を超伝導ループ上に配置した超伝導量子干渉計(SQUID)上に、Auマスクを加えた光マスク付きグラフェンSQUIDである。まずSiO₂/Si基板上に劈開したグラフェンを転写し、ドライエッチング装置を用いてグラフェンを所望の形状に加工した。電子線描画、レーザー露光装置、超高真空電子銃型蒸着装置等を用いて超伝導電極やボンディングパッドを作製した。その後、ALD装置によってAl₂O₃絶縁膜を成膜し、電子線描画によってSGS接合直上に微小スリットを有する、光マスクを作製した。

測定はT=36mKで行い、グラフェンを介して超伝導電流が流れることを確認した。そして図2の通り、光照射に伴うSQUIDの最大超伝導電流値(I_c)の変化が観測された。図3にI_cの磁場(B)依存性の光照射パワー(P)特性を示す。SQUIDの特性を反映し、I_cはBに対して周期的振動を示す。一方、その振幅は光照射パワー変化と共に可逆的に変化し、光照射によってもSGS接合の輸送特性を制御可能であることを示した。今後はその時間応答等を含めた研究を進め、応用可能性も検討する。

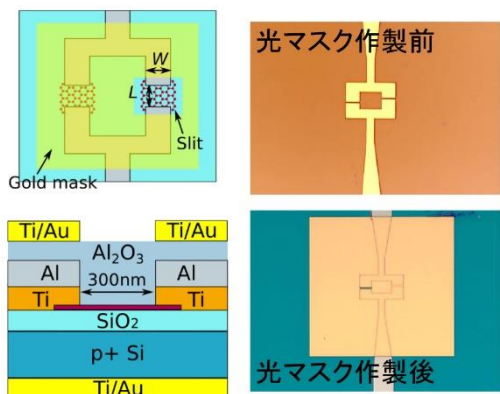


図1 試料の模式図(左)と顕微鏡写真(右)

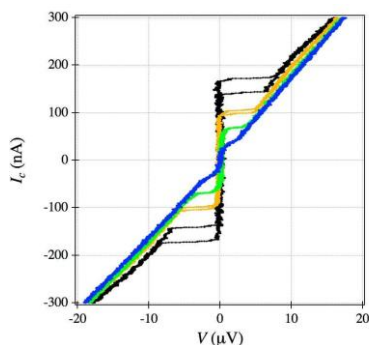


図2 試料のI-V特性の光照射パワー特性は図3に対応している。

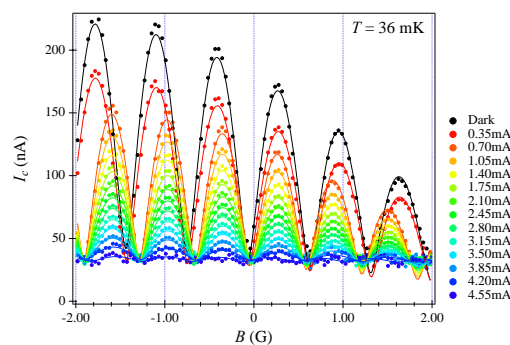


図3 I_cの光照射パワー特性

【支援実施機関からのコメント】

本件は、作製までの工程数が多い上、10台程度の異なる装置を使用するため、作製難易度の高い案件のひとつである。本利用者はほぼ全てのプロセス技術を習得した上で素子を作り上げ、またその測定結果は学術的に大変興味深く学会賞も受賞している。今後のさらなる発展のために引き続き支援を行う予定である。



2013年春季応用物理学会