

グラフェンにおける超伝導近接効果の理論

林 正彦（秋田大学教育文化学部）

共同研究者：吉岡英生（奈良女子大学理学部）

神田晶申（筑波大学物理）

近年、グラファイトの単層膜（グラフェン）の作成が可能となり、さまざまな実験が行われている。グラフェンはバンド構造のユニークさから、多様な電子物性の出現が期待出来るが、本講演では、著者らが共同で勤めているグラフェンを介しての超伝導電流の特性について報告する。

非超伝導の物質を超伝導体のリードで挟むと、超伝導体の間に近接効果によるジョセフソン電流が流れる。このときの、臨界電流の大きさは間に挟む物質の電子的な特性によって決まる。例えば、磁性体を挟む場合には、リードの間隔によって臨界電流が振動することが知られている。グラフェンは通常の金属とは異なるフェルミ面の構造をしているので、新奇な臨界電流の振る舞いが期待出来る。われわれは神田らによって行われたグラファイト薄膜の近接効果の実験（図1）を念頭において理論的な解析を行った。

この実験ではグラファイトの薄膜にゲート電極を付け、電極側の数原子層に電子を集めてグラフェン状の構造を実現したものである。2層、3層のグラファイト膜の電子の分散関係では、グラフェン的なフェルミ点の構造を持つ分散の他に、ゼロ・ギャップ半導体（フェルミ点において電子とホール分散が放物線で接する）や半導体的なフェルミ面が実現出来ることが知られている。

われわれはこれらの状況を取り入れるため、グラファイト膜の領域に図のような3種類のバンド構造を仮定して、計算を行った。その結果、下のような結果を得た。フェルミ点的な分散関係の場合、コヒーレンス長は（正常金属の clean limit と同様）温度に反比例する。ゼロギャップ半導体の場合には温度ゼロの極限でやや $\xi(T) \propto \sqrt{T}^{-1}$ の様な傾向が見られ、さらに高温では振動的な振る舞いが現れる。半導体の場合には低温に行ってもコヒーレンス長の発散が起きない。講演ではさらに実験との比較についても論じる予定である。

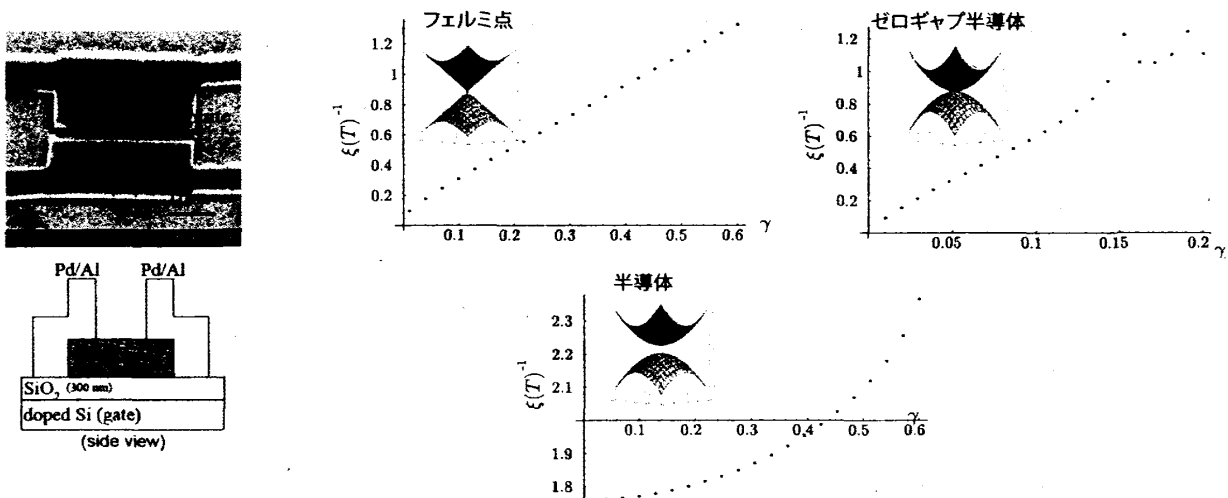


図 1: 実験に用いたサンプル（左）とコヒーレンス長の温度依存性（右）（ γ は温度に比例する定数）