

分子吸着を利用した強磁性金属ナノワイヤーの創製および電子物性

北海道大学 木口学

派遣期間 2005年4月1日～2005年10月31日

派遣機関 Leiden University, Niels Bohrweg 2,
Postbus 9504 - 2300 RA Leiden, Netherlands

研究指導者 Prof. Jan M van Ruitenbeek

背景

これまでに以下のような単一分子の電子伝導特性が調べられている。

- (1) H_2 伝導度 : 1 Go
- (2) HS-C₆H₄-SH 0.004 Go
- (3) ビピリジン 0.01 Go
- (4) Dithiol n=6: 0.0012 Go, n=8 0.00025 Go
- (5) DNA 0.0013 Go

以上の系において、電気伝導度しか測定されておらず、実際に分子が実在するか明らかではない。分子の存在を確認するには振動スペクトルを測定すればよい。しかし、これまで水素分子以外では単一分子の電送特性と振動スペクトルの同時計測には成功していない。今後のデバイスへの応用を考えるにあたり、有機分子について同様の実験を行う事は意義深い。そこで、ベンゼンをターゲットに、伝導特性と振動スペクトルの同時計測を試みた。

0. 実験セットアップ

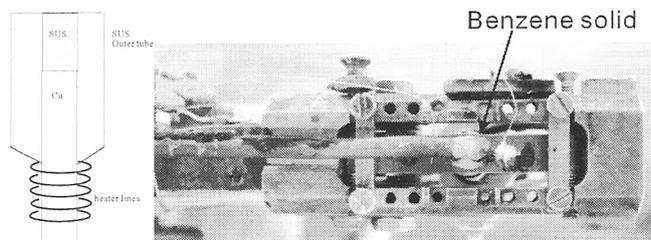


Fig.1: Schematic experimental setup for introducing Benzene molecule to the nano contact.

実験は超高真空、極低温で行うため、沸点の高いベンゼンを導入するにあたり、ベンゼン導入機構を作製した。

1. ベンゼン分子の電気伝導度

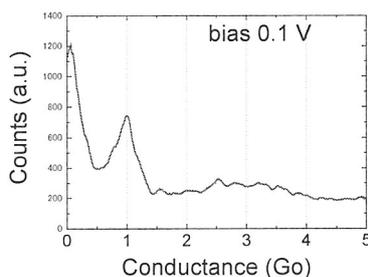


Fig.2. Conductance histogram of Benzene on Pt electrodes. Bias voltage was 0.1 V.

Fig. 2にベンゼン分子を導入後のコンダクタンスヒストグラムを示す。1Goにピークが観測され、

低コンダクタンス側にテールが観測された。これは 1Go を示す特定の構造が安定化された事を示している。

2. コンダクタンス揺らぎ

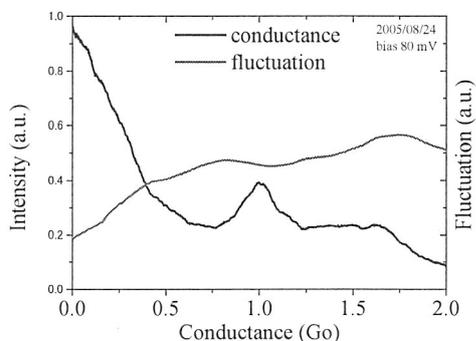


Fig.3. Standard deviation of the conductance versus conductance, and conductance histogram of Benzene on Pt electrodes.

Fig. 3 にコンダクタンスヒストグラムとコンダクタンス fluctuation の結果を示す。コンダクタンス fluctuation に最小値は観測されず、1Go のコンダクタンスを示す状態において伝導チャンネルが複数で有る事が明らかになった。

3. 低コンダクタンス領域における振動スペクトル

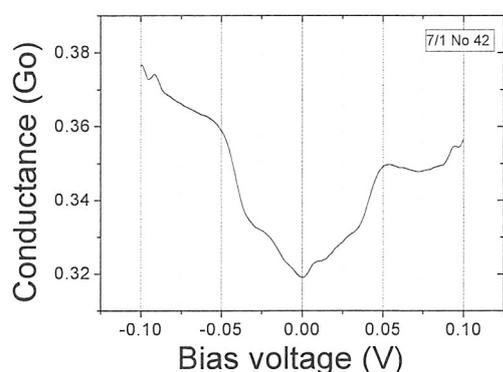


Fig. 4. dI/dV spectra of benzene

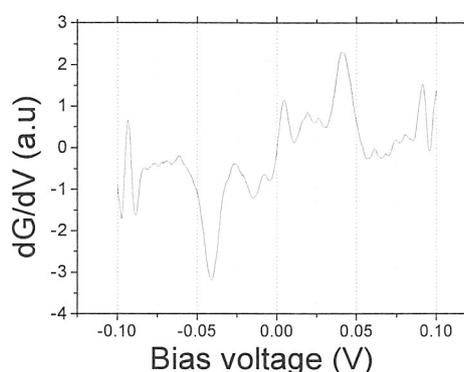


Fig. 5. d^2I/dV^2 (vibration spectra)

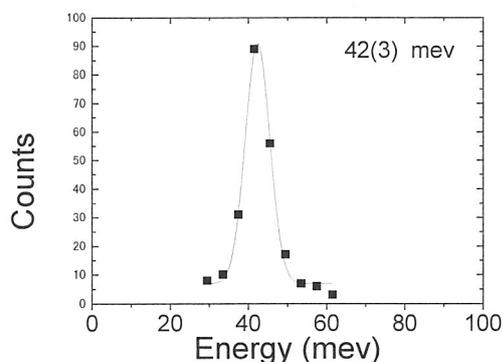


Fig. 6: Distribution of vibration mode energy

低コンダクタンス領域において IV スペクトルを測定した。Fig. 4 に IV スペクトル、Fig. 5 にその微分スペクトルを示す。微分スペクトルにおいて 40 meV 付近にピークが観測された。正負対称

にピークが観測され、フォノンの励起に対応していることが分かる。すなわち分子の振動モードを測定することに成功した。Fig.6 はフォノンのエネルギー分布を示す。フォノンのエネルギーは 42 meV を中心にシャープな分布し、コンダクタンスにあまり依存しない事が明らかになった。このことはこのモードが分子に固有なもので有る事を示唆している。

4. 1Go コンダクタンス領域における IV スペクトル

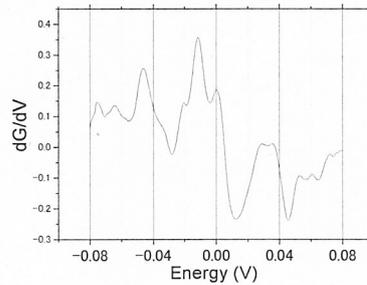
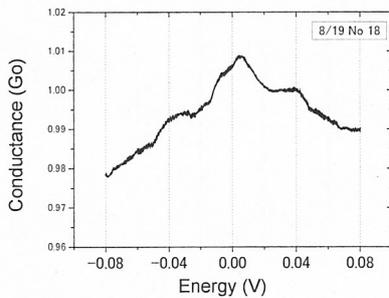


Fig. 7. dI/dV spectra of benzene Fig. 8. d^2I/dV^2 (vibration spectra)

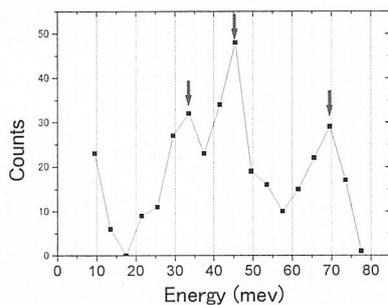


Fig. 8: Distribution of vibration mode energy (288 curves)

1Go 領域における IV スペクトルを Fig. 7 に、その微分を Fig. 8 に示した。微分スペクトルにピークが観測され、フォノンの励起を観測することに 1Go 領域でも成功した。ピークの分布を Fig. 8 に示す。10, 40, 70 meV にピークが観測された。40 meV 付近のフォノンのエネルギー分布は低コンダクタンス領域に比べブロードであり、電極との相互作用が大きい事が示唆された。

まとめ

Pt のナノギャップにベンゼン分子を架橋した状態でベンゼンの伝導度と振動スペクトルの同時計測に成功した。コンダクタンス 1Go の状態が安定に存在し、それより低いコンダクタンスを示す状態も観測された。どちらの状態でも 40 meV 程度のエネルギーをもつフォノンを観測され、ベンゼンに固有な振動を観測できたと考えられる。