

Ni-Nb-Zr-H 系アモルファス合金のファノ効果の検証実験

Fano effect on Ni-Nb-Zr-H glassy alloys

福原幹夫、吉田肇、淡路智¹、長山健太郎、桜庭 弘²
¹ 東北大・金研, ² 仙台高専.

M. Fukuhara¹, H. Yoshida¹, S. Awaji¹, K. Nagayama² and H. Sakuraba²

¹ Institute for Materials Research, Tohoku University

² Department of Electrical Engineering, Sendai National College of Technology

1. はじめに

アモルファス合金はナノスコピックなクラスターから構成されている長周期構造を持つ特異な合金である[1]。アモルファス合金を構成する金属クラスターのサイズがサブナノメートルである[2]ことから、波動性に加えて粒子性が顔を覗かせる新しい科学が生まれ出ようとしている。1985年の極低温における単電子ナノトランジスタ(SET)の発見以来、世界の多くの研究グループによって「クーロンブロッケイド」の研究が行われ[3]、その為、極低温でのA B効果、クーロン振動[4]やバリステック伝導[5, 6]が常温で実現できる可能性がある。アモルファス合金は夢の電子デバイス材料の有力候補と考えられている。Ni-Nb-Zr-H系アモルファス合金は常温でクーロン振動が出現したので[7]、共同研究者達は昨年度この合金の試作電界効果型トランジスタ(GAFET) [8]を用いて0~10 T中の磁気特性を検討し、1~2 T間でクーロン振動とAB効果が重畳されたFano効果を発見した[9]。本年度はこの現象を再度精密に計測したい。

2. 実験方法

金属-金属結合に属し水素透過能が優れたアモルファス合金 Ni₃₆Nb₂₄Zr₄₀ リボン(幅 1mm、厚さ 30 μm)を Ar 大気下、周速 3,000 rpm の単ロール法にて作成し、電気分解法にて常温で水素を固溶させた。得られた(Ni_{0.36}Nb_{0.24}Zr_{0.40})₉₀H₁₀ アモルファス合金リボンの両端をソース、ドレイン極として 100 μm 径の金線にてスポット溶接し 10nm のアルミナ絶縁層をスパッター法にて蒸着後、カーボンのゲート電極を附置し、電界効果型トランジスタ(GAFET) (図1)を試作した。ドレイン-ソース間の電気伝導度を4端子法によって測定した。直流電圧・電流発生器(ADCMT

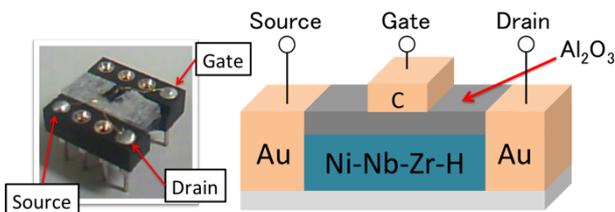


Fig. 1 Prototype field effect transistor (FET)

6166) によって直流電圧を印加し、その時のドレイン-ソース間の電圧および電流をナノボルトメータ (Keithley 2182A) とピコアンメータ (Keithley 6487) によって測定した。また、ADCMT 6166 の SENCE 端子をナノボルトメータに接続して、常に印加電圧の校正を行った。ゲート-ソース間の電圧印加には、ノイズ除去のためにバッテリー (Xitron 2000) を使用した。これらの測定装置を半導体パラメータアナライザ (Keithley S4200) を宿主コンピュータとして、GPIB (General Purpose Interface Bus) 経由で制御し測定を実施した。磁場の発生には東北大学金属材料研究所強磁場センターのヘリウムフリー超電導マグネットを使用した。また、実験は常温環境下で行った。

3. 研究成果

測定して得られたドレイン-ソース間のコンダクタンス G を z 軸に、ゲート-ソース間電圧 (以下、ゲート電圧とする) を x 軸に、磁場を y 軸として、3次元グラフとして表したものを Fig. 2 (a) に示す。

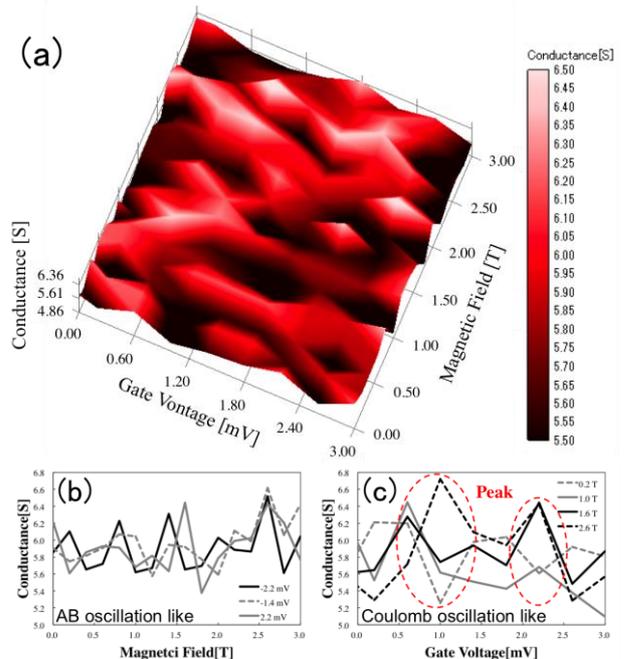


Fig. 2 (a) G-Vg-H characteristics of glassy alloy Ni-Nb-Zr-H FET, (b) G-H characteristics, and (c) G-Vg characteristics

Fig.2(b)はゲート電圧を一定とし磁場を変化させた時のコンダクタンスの周期的な増減曲線である。一方、Fig.2(c)に示すように、磁場を一定としゲート電圧を変化させていったときには、特定のゲート電圧で局所的なコンダクタンスのピークが現れていることがわかる。磁場の変化によるコンダクタンスの振動的変化は AB 効果、ゲート電圧によるコンダクタンスのピークの発現はクーロン振動によるものと考えられる。この結果は東京大学物性研究所の勝本教授らのグループ[10]によって 30 mK という極低温で観測された結果に酷似していることから、Fig.2 の測定結果は常温におけるファノ効果と推測される。

4. まとめ

歪んだ 20 面体 $Zr_5Ni_5Nb_3$ のクラスターからなる $(Ni_{0.36}Nb_{0.24}Zr_{0.40})_{90}H_{10}$ 合金の FET は常温においてファノ効果が観測された。これは Ni-Nb-Zr-H 系アモルファス合金中には、文献[10]に示されたようなナノサイズの AB リング-量子ドット複合系が構成されていると予測される。

以上より、本研究は新しい科学とクラスターに基づくテクノロジー、特に量子コンピュータへの可能性を示唆している。

参考文献

- [1] A.R.Yavari, Nature (London), **439**, 405 (2006).
- [2] M.Fukuhara, N.Fujima, H.Oji, A.Inoue and S.Emura, J. Alloy Comp., **497**, 182 (2010).
- [3] E. Ben-Jacob and Y.Grefen, Phys. Lett., **108A**, 289 (1985).
- [4] M.Fukuhara, A. Kawashima, S. Yamaura and A. Inoue, Appl.Phys.Lett., **90**, 203111 (2007).
- [5] M.Fukuhara, H.Yoshida, K.Koyama, A.Inoue and Y.Miura, J.Appl.Phys., **107**, 033703 (2010).
- [6] M.Fukuhara and H.Yoshida, J.Non-Cryst. Sol., **358**, 959 (2012).
- [7] M.Fukuhara and A.Inoue, J.Appl.Phys., **105**, 063715 (2009).
- [8] M.Fukuhara, R.Sato, T.Suzuki and A.Inoue, Mod.Phys.Lett.B, **24**, 2280 (2010).
- [9] M.Fukuhara, H.Yoshida and H. Kawarada, unpublished.
- [10] K.Kobayashi, H.Aikawa, S.Katsumoto and Y.Iye, Phys.Rev.Lett., **88**, 256806 (2002).