

超伝導工学レポート1 解答例

—ジョセフソン接合 その1—

1. コンダクタンス $G_n = \frac{1}{R_n} = 10\text{S}$ となる。 $T=0\text{K}$ でのエネルギーギャップは、

$$\frac{2\Delta}{e} = 3.52 \frac{k_B T_c}{e} = 3.52 \frac{1.3807 \times 10^{-23} \cdot 9.3}{1.602 \times 10^{-19}} = 2.82 \times 10^{-3} = 2.82\text{meV}$$

超伝導エネルギーギャップの温度依存性より、 $\frac{6.7}{9.3} = 0.80$ であるから

$$2\Delta(6.7\text{K})/e = 0.80 \times 2\Delta(0\text{K})/e = 2.26 \times 10^{-3} = 2.26\text{meV}$$

これらの値を次式に代入すれば臨界電流が求まる。

$$I_c(T) = G_n \left(\frac{\pi}{4} \frac{2\Delta(T)}{e} \right) \tanh \frac{\Delta(T)/e}{2k_B T/e}$$

特に、 $T=0\text{K}$ では

$$I_c(0\text{K}) = G_n \left(\frac{\pi}{4} \frac{2\Delta(0\text{K})}{e} \right) = 22.16 \times 10^{-3} = 22.2\text{mA}$$

$T=6.7\text{K}$ では、 \tanh の項が1以下になることに注意して

$$I_c(6.7\text{K}) = 13.33 \times 10^{-3} = 13.3\text{mA}$$

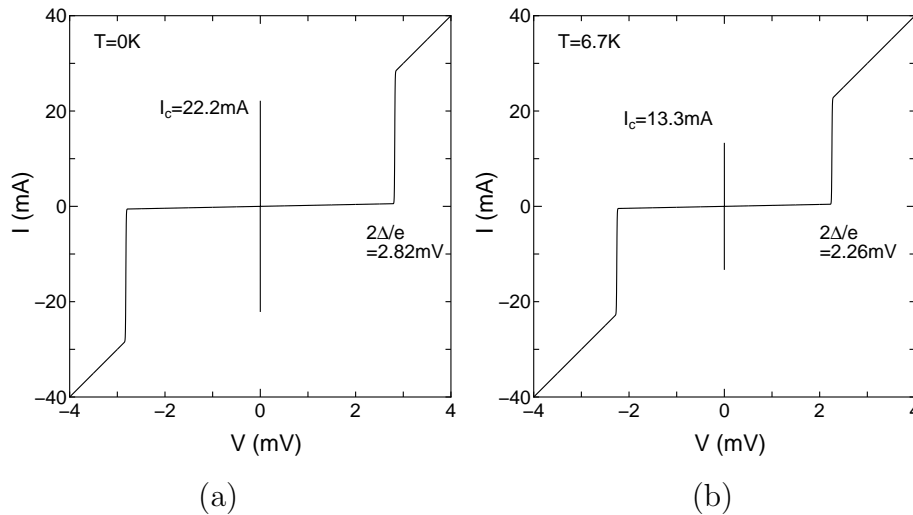


図 1: Nb-I-Nb のトンネル接合の I - V 特性。(a) $T=0\text{K}$ 、(b) $T=6.7\text{K}$ 。

2. $I = I_c \sin \phi = 0.9I_c$ となるから、 $\cos \phi = \sqrt{1 - \sin^2 \phi} = \sqrt{1 - 0.9^2} = 0.436$ 。ジョセフソン接合の結合エネルギー E_c と $k_B T$ が等しくなるから、

$$E_c = \frac{\hbar I_c}{2e} \cos \phi = 10k_B T$$

$$\therefore I_c = \frac{20ek_B T}{\hbar \cos \phi} = \frac{20 \times 1.602 \times 10^{-19} \times 1.3807 \times 10^{-23} \cdot 4.2}{1.0546 \times 10^{-34} \cdot 0.436} = 4.04 \times 10^{-6} = 4.04\mu\text{A}$$