

Отчёт по работе на СТМ

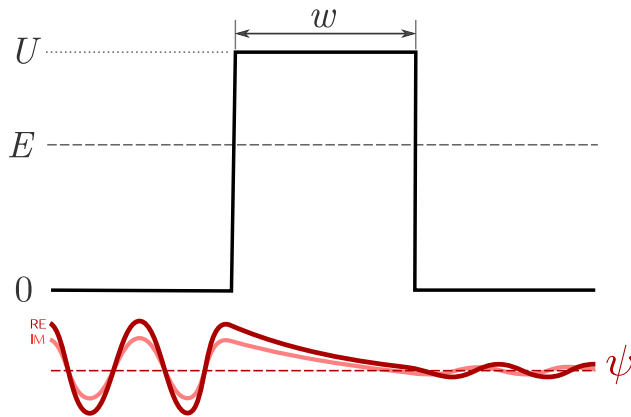
Николаев Владислав
v.nikolaev2@g.nsu.ru

Матяш Алексей
a.matyash@g.nru.ru

22 сентября 2024 г.

1 Теоретические основы

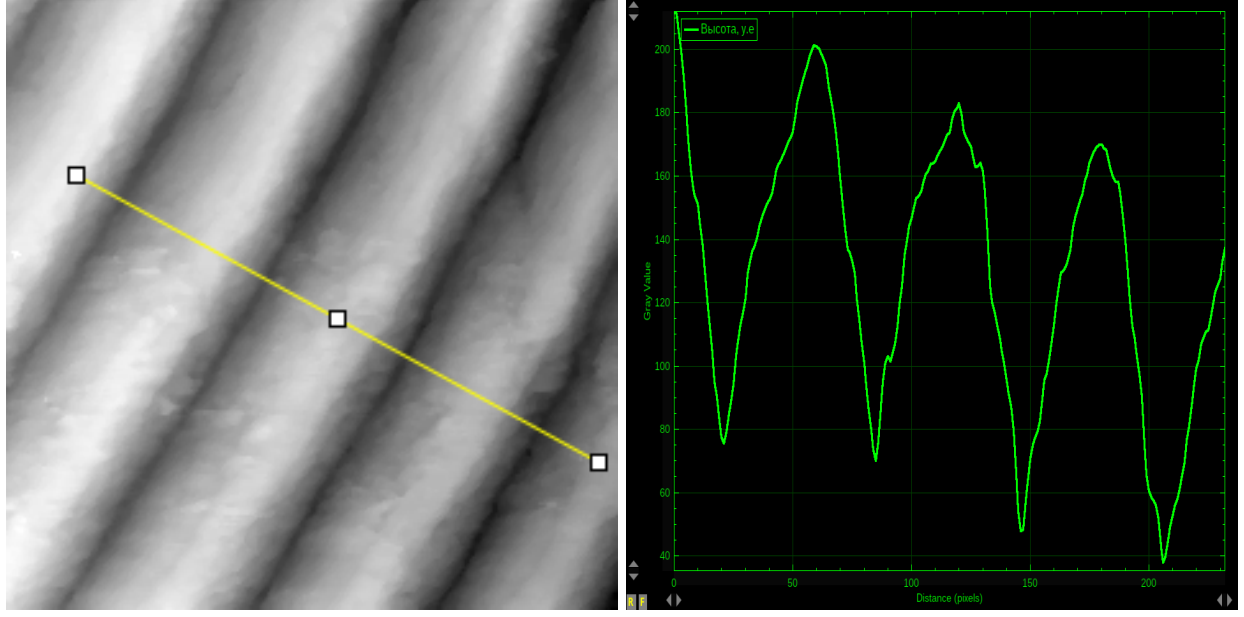
Фундаментальный принцип работы:



The electrons can tunnel between two metals only from occupied states on one side into the unoccupied states of the other side of the barrier.

Высокое разрешение обусловлено тем, что при небольшом увеличении d , ток туннелирования резко падает

$$I_t \approx U_t \times e^{-bd}$$



(a) Снимок

(b) Профиль интенсивности по указанной линии

Рис. 1: Снимок со стороной $2.789 \mu\text{m}$

2 Обработка результатов

Для статистики измеряли ширину дорожки. Получили такие значения:

$$l = \{0.745, 0.741, 0.763, 0.760, 0.765\}, \mu\text{m}$$

Статистическая погрешность (стандартное отклонение) $0.01\mu\text{m}$.

Получили $l = 0.75 \pm 0.01\mu\text{m}$. Это согласуется с литературными данными, согласно которым $l = 0.74\mu\text{m}$.

Предположительно, среднее завышено за счёт того, что защитный слой диска был удалён.

3 Оценка объёма информации, которая может быть записана на диске

Допустим, запись идёт в пределах от r_{in} до r_{ex} , а ширина дорожки l . Вычислим длину дорожки в приближении, что она является спиралью.

В полярных координатах она задаётся как (r, ϕ) . Притом $\phi = a \cdot r$. Хотим $\phi(r + l) = \phi(r)$. То есть за поворот на 2π r увеличивается на l . То есть

$$\frac{\phi}{2\pi} = \frac{r}{l}$$

$$r(\phi) = \frac{l}{2\pi} \phi$$

Длина кривой в полярных координатах задаётся выражением:

$$L = \int_{\phi_1}^{\phi_2} \sqrt{r^2(\phi) + r'^2(\phi)} d\phi$$

Оценим ϕ_1 и ϕ_2 :

$$\phi_1 \approx \frac{(r_{in} - 0)}{l} 2\pi = \frac{(r_{in})}{l} 2\pi$$

$$\phi_2 \approx \frac{(r_{ex} - r_{in})}{l} 2\pi$$

По данным из интернета:

$$r_{in} = 7.5\text{mm} = 7.5 \cdot 10^3 \mu\text{m}$$

$$r_{ex} = 60\text{mm} = 6.0 \cdot 10^4 \mu\text{m}$$

Однако есть нюанс: r_{ex} здесь радиус именно отверстия, поэтому запись данных начинается от большего радиуса, но для оценки сверху подойдёт.

Таким образом численно:

$$\phi_1 \approx 6.37 \cdot 10^4 \text{rad}$$

$$\phi_2 \approx 4.46 \cdot 10^5 \text{rad}$$

Подставим в подынтегральное выражение r и r' :

$$\sqrt{r^2(\phi) + r'^2} = \sqrt{\left(\frac{l}{2\pi}\right)^2 \phi^2 + \left(\frac{l}{2\pi}\right)^2} = \frac{l}{2\pi} \sqrt{\phi^2 + 1}$$

Наконец проинтегрируем:

$$\begin{aligned} L &= \frac{l}{2\pi} \int_{\phi_1}^{\phi_2} \sqrt{\phi^2 + 1} d\phi \\ &= \frac{l}{2 \cdot 2\pi} \left(\phi \sqrt{1 + \phi^2} + \ln \left| \phi + \sqrt{1 + \phi^2} \right| \right) \Bigg|_{\phi_1}^{\phi_2} \\ &= \frac{0.74}{2 \cdot 2\pi} (1.99 \cdot 10^{11} - 4.06 \cdot 10^9) \\ &= 1.15 \cdot 10^{10} \mu\text{m} \end{aligned} \tag{1}$$

Считаем, что 1 бит занимает l длины спирали, тогда всего на диске помещается

$$I = \frac{L}{l} = 1.55 \cdot 10^{10} \text{bit} = 1.8 \text{GB}$$

Это немного меньше, чем действительный объём диска, который составляет 4.7GB.

По литературным (интернетным) данным длина бита $130\text{nm} = 0.13\mu\text{m}$. Так получается, что объём диска 10.3GB. Видимо, эти данные не учитывают пустое место внутри дорожки, потому что результат отличается примерно в два раза от реальности.