

Высокочастотный кантилеверный резонатор

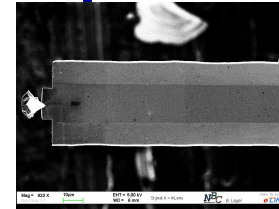
Елена Илин

Часть I: Мотивация

Часть II: Теоретическая концепция

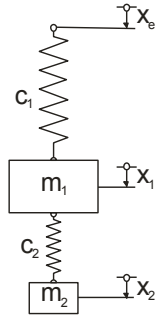
Часть III: Применение на практике

- Прототип I
- Прототип II

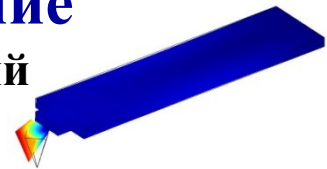


Часть IV: Компьютерное моделирование

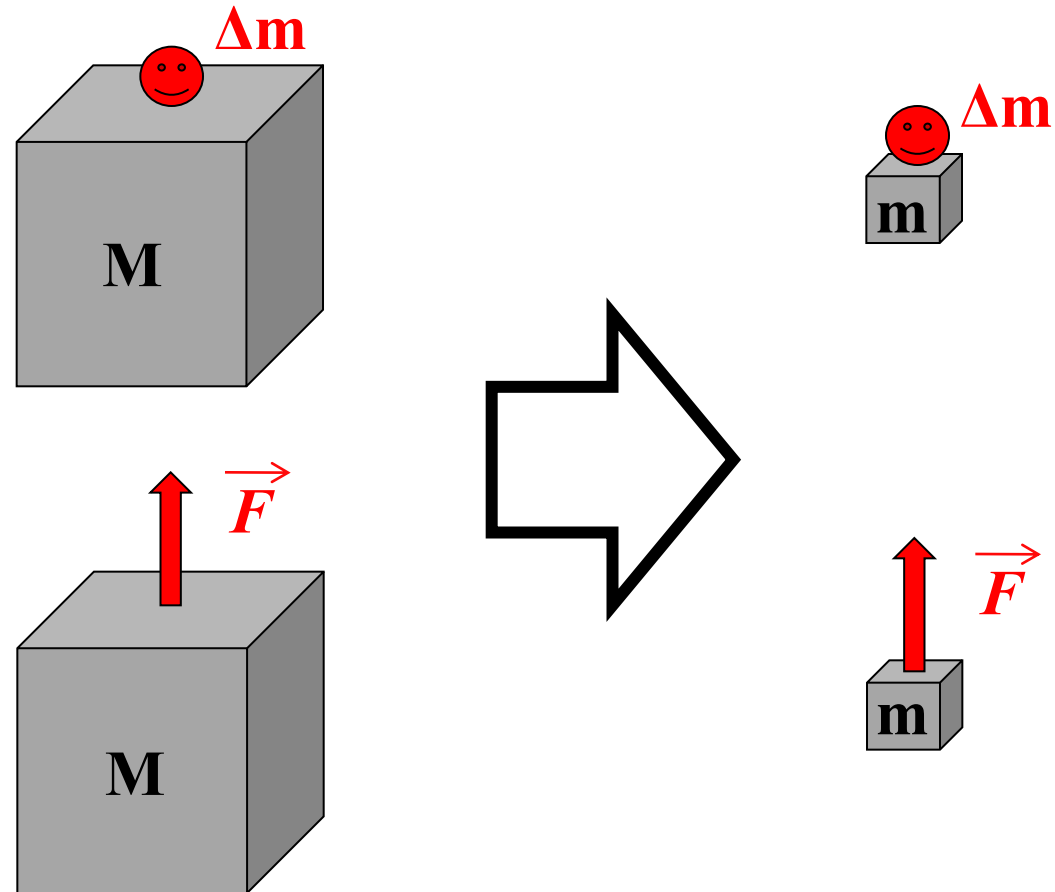
- Сравнение резонансных колебаний
- Определение жесткости



Часть V: Заключение

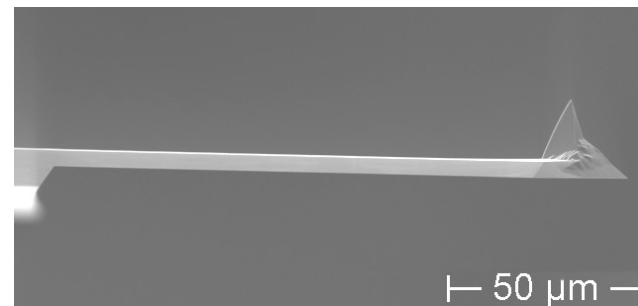
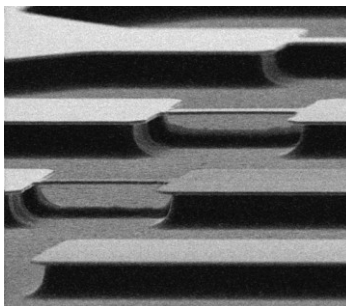
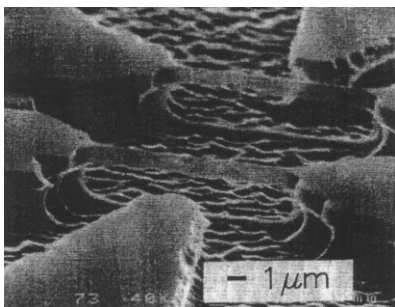
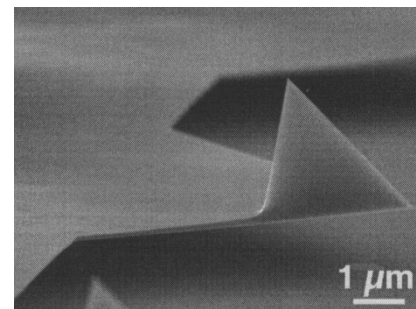
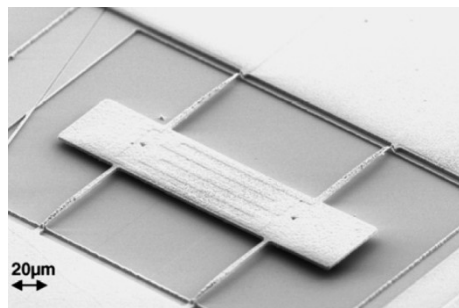
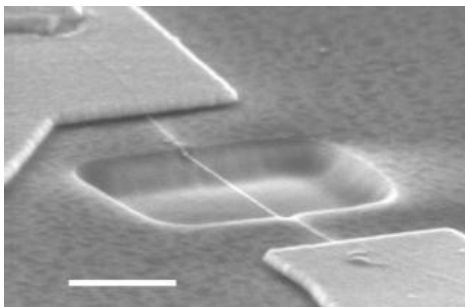
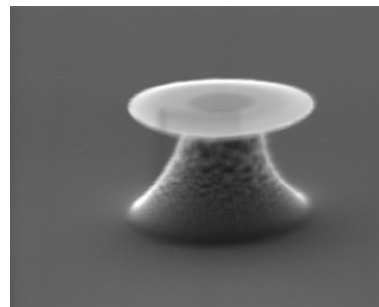
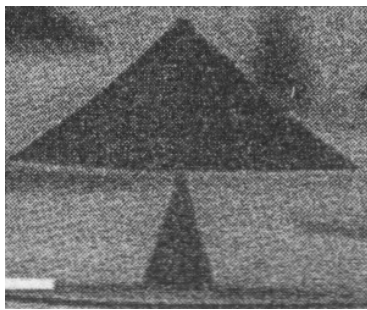
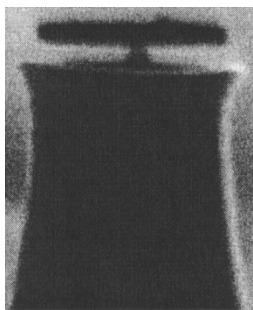


Мотивация



Различные виды микрорезонаторов

Мотивация

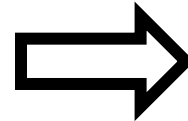
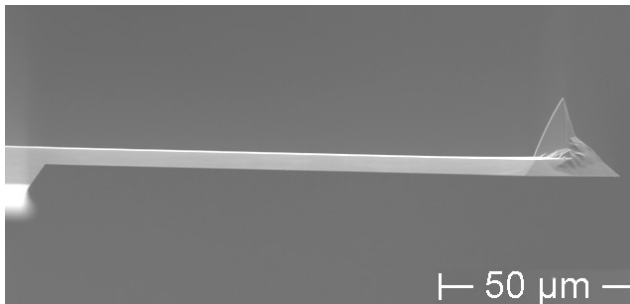
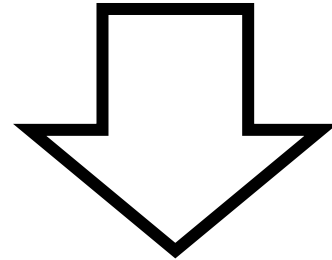


Вопросы:

Технологическая реализация

Производственная точность

Возможность дальнейшего применения



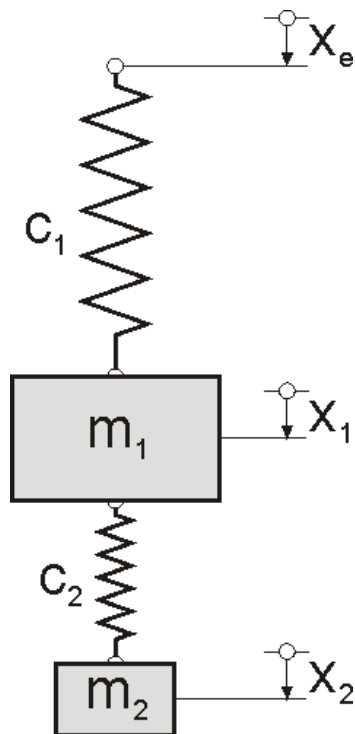
Миниатюризация

**Кантилевер
+
игла**

Часть II: Теоретическая концепция

Колебательная система

Теория



$$x_e = \hat{x}_e \cos(\Omega t)$$

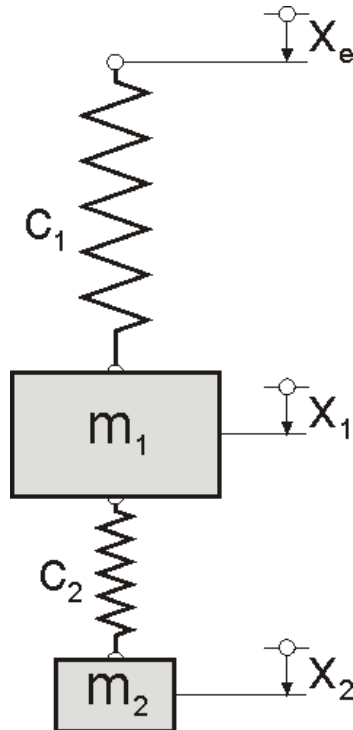
$$m_1 \ddot{x}_1 = -c_1(x_1 - x_e) - c_2(x_1 - x_2)$$

$$m_2 \ddot{x}_2 = -c_2(x_2 - x_1)$$

Решение:

$$x_1 = \hat{x}_1 \cos(\Omega t)$$

$$x_2 = \hat{x}_2 \cos(\Omega t)$$



Сокращения:

$$\frac{c_1 + c_2}{m_1} = \omega_1^2 \qquad \frac{c_2}{m_2} = \omega_2^2$$

$$\frac{m_2}{m_1} = u \qquad \frac{c_1}{m_1} = \omega_{10}^2$$

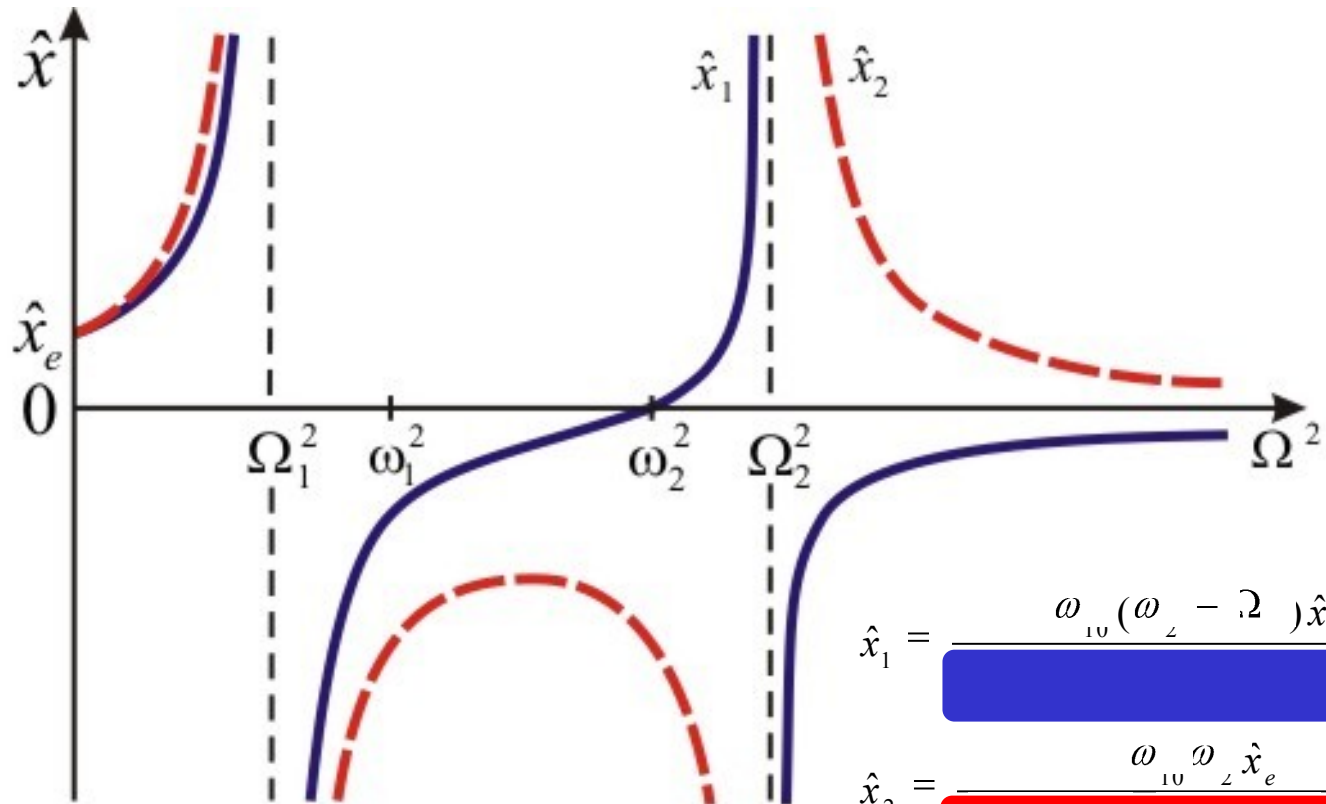
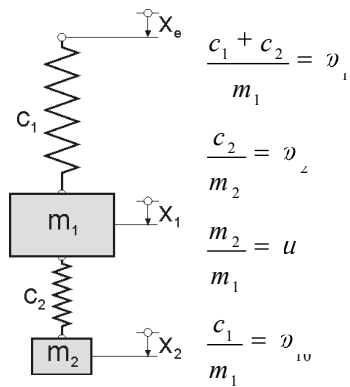
Решение:

$$\hat{x}_1 = \frac{\omega_{10}^2 (\omega_2^2 - 1) \hat{x}_e}{(\omega_1^2 - 1)(\omega_2^2 - 1) - u \omega_2^2}$$

$$\hat{x}_2 = \frac{\omega_{10}^2 u \hat{x}_e}{(\omega_1^2 - 1)(\omega_2^2 - 1) - u \omega_2^2}$$

Часть II: Теоретическая концепция

Теория

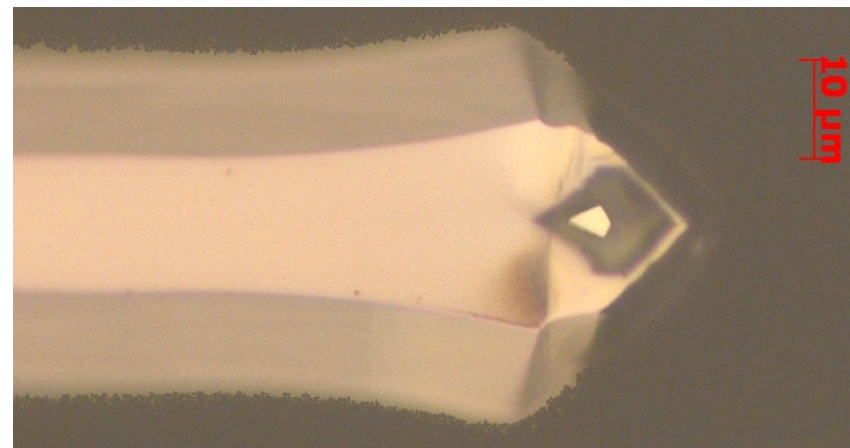
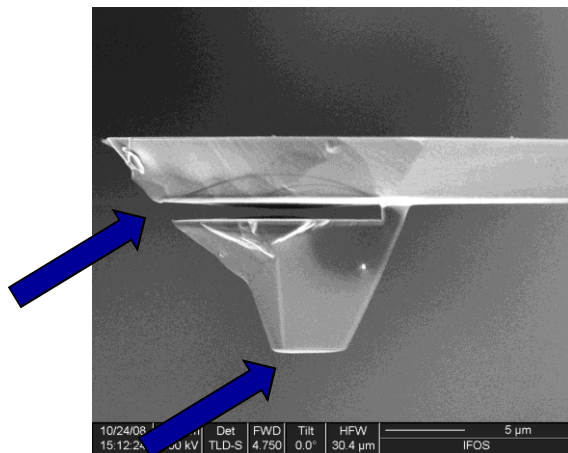
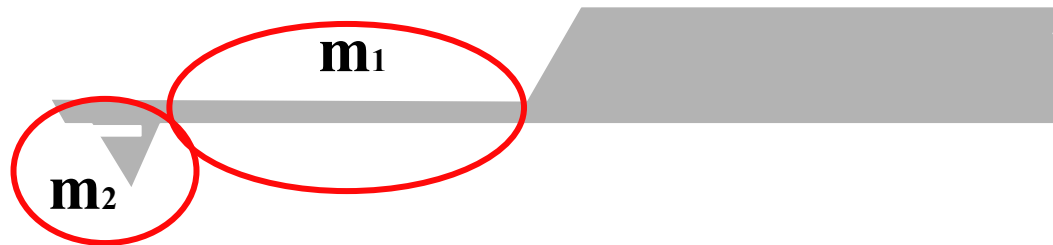


$$\hat{x}_1 = \frac{\omega_{10}(\omega_2^2 - \Omega^2)\hat{x}_e}{\Omega^2(\omega_1^2 - \Omega^2)}$$

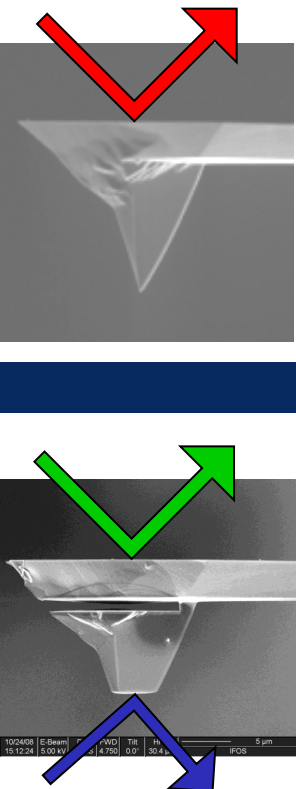
$$\hat{x}_2 = \frac{\omega_{10}\omega_2^2\hat{x}_e}{\Omega^2(\omega_1^2 - \Omega^2)}$$

Часть III: Применение на практике

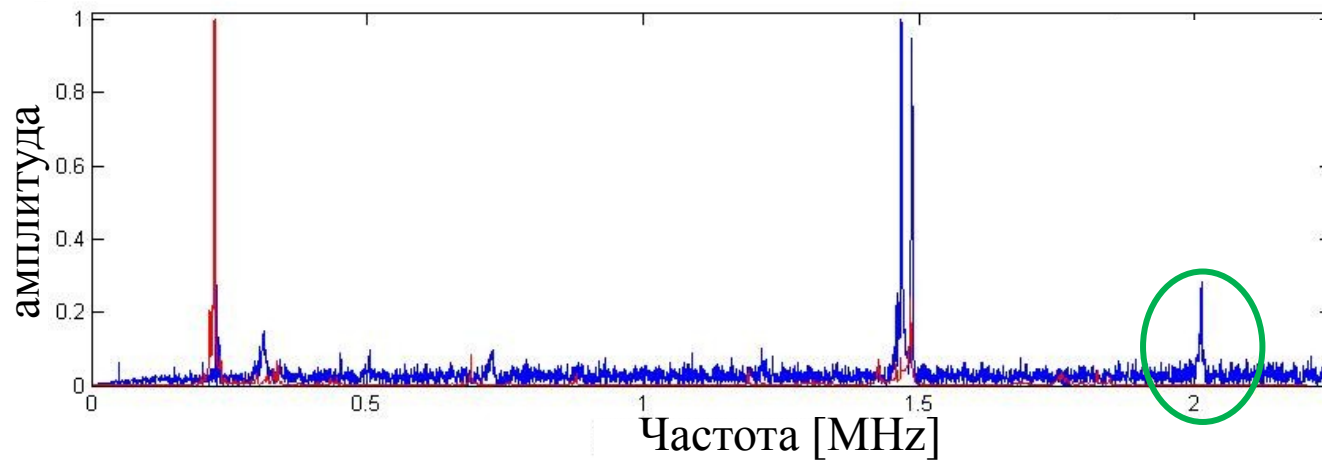
Кантилевер: ТАР 300



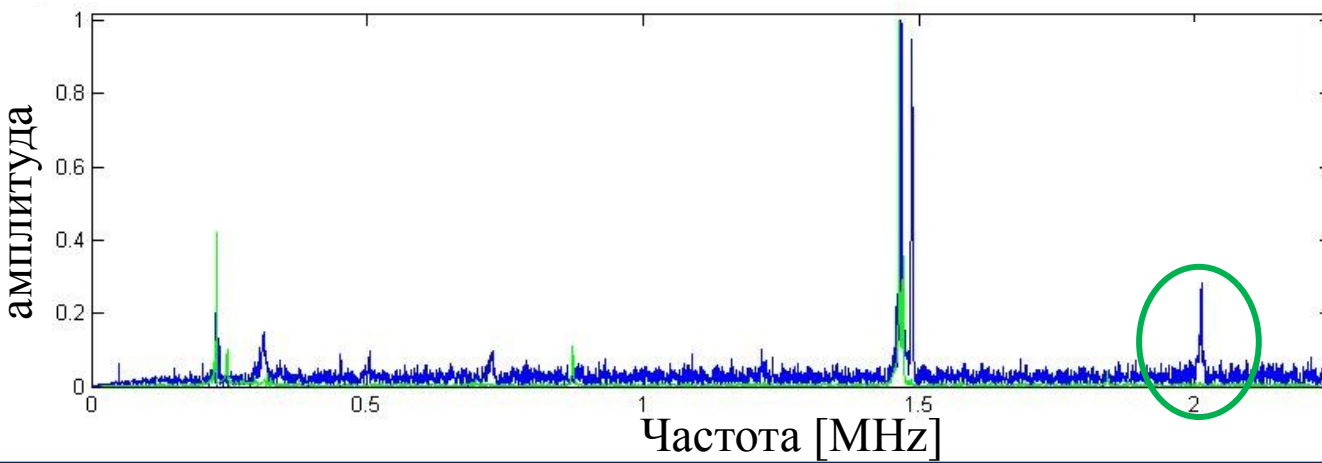
Резонансный спектр



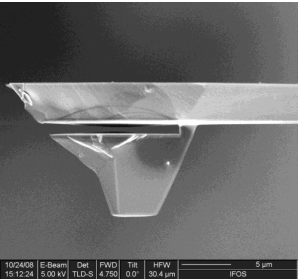
Нормированная
амплитуда



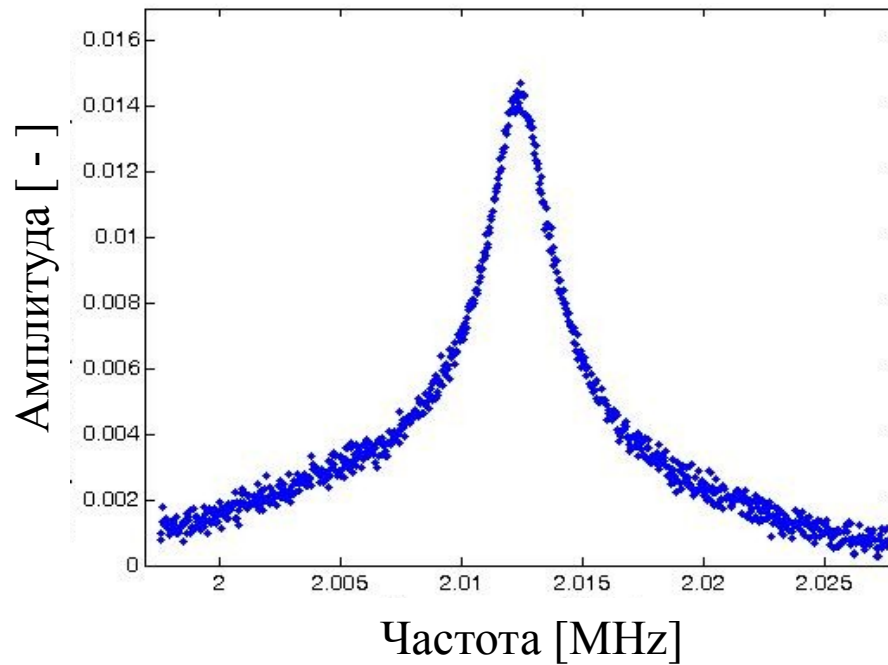
Нормированная
амплитуда



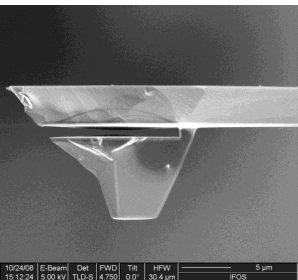
Практика



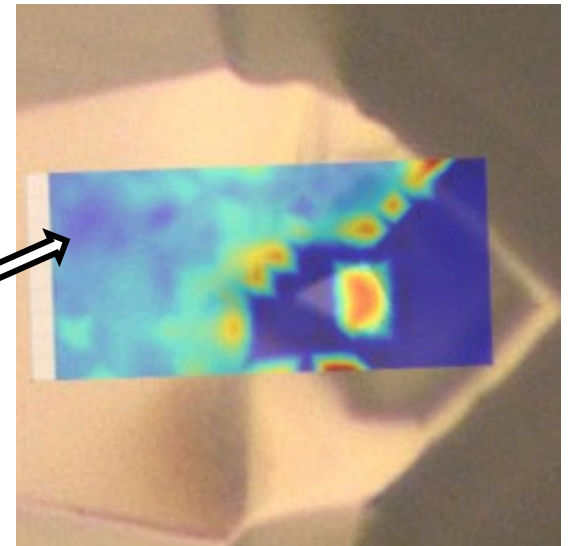
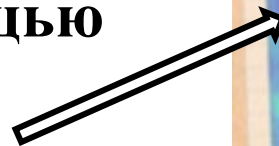
$f=2,012\text{MHz}$
 $Q=900$



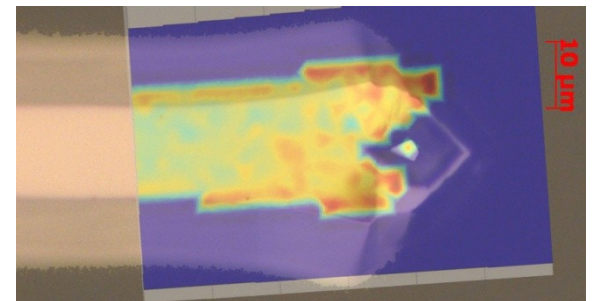
Практика



Измерения с помощью
гетеродинного
интерферометра

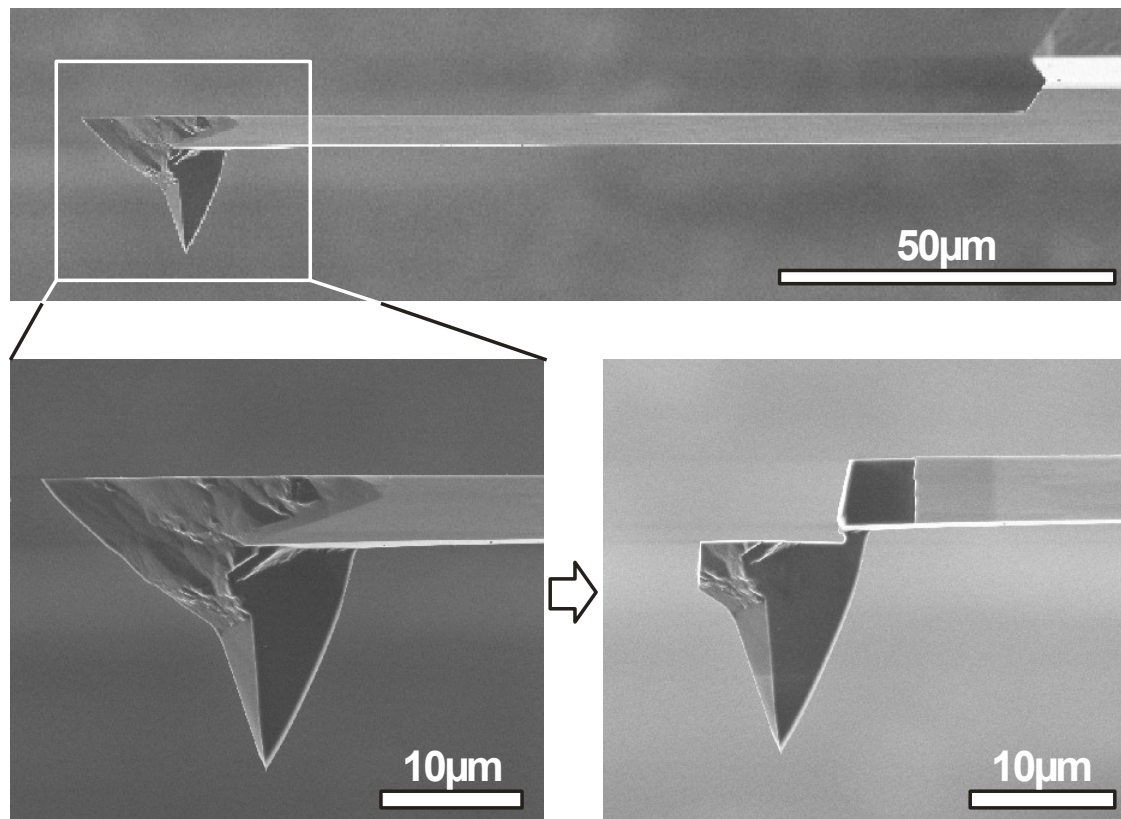


Основная резонансная
частота

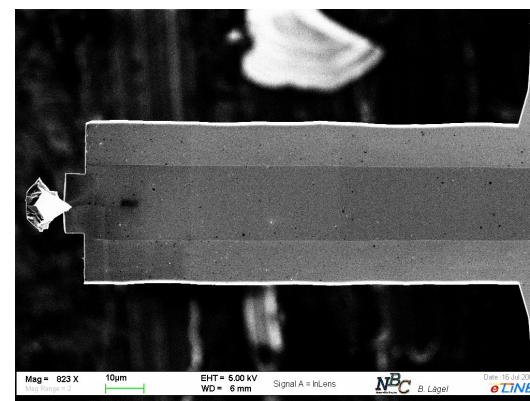
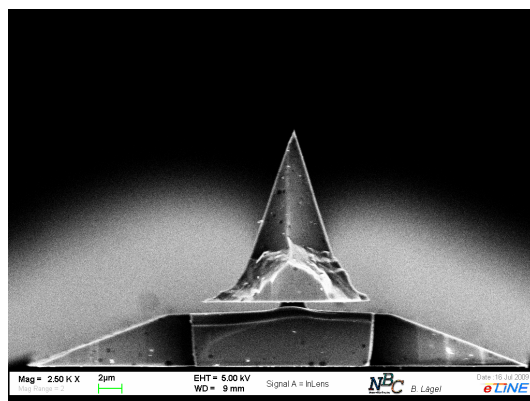
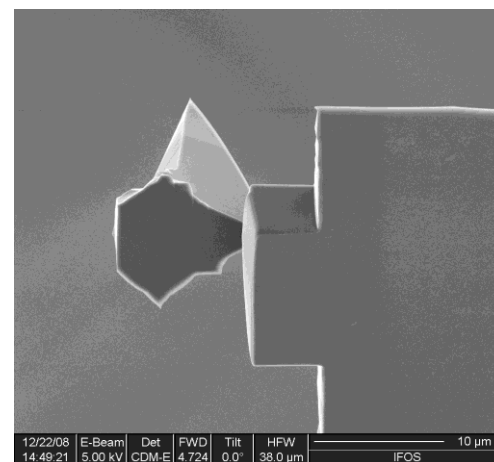
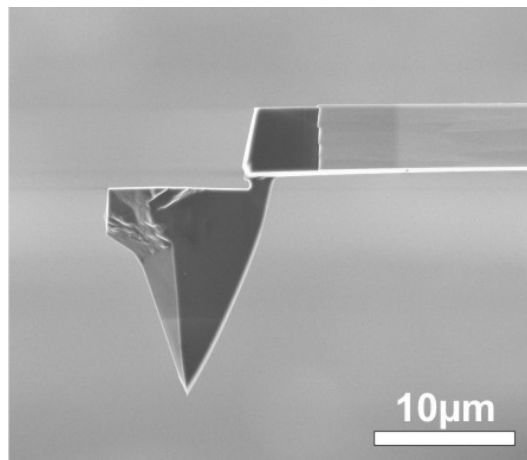


$f=2,012\text{MHz}$
 $Q=900$

Практика

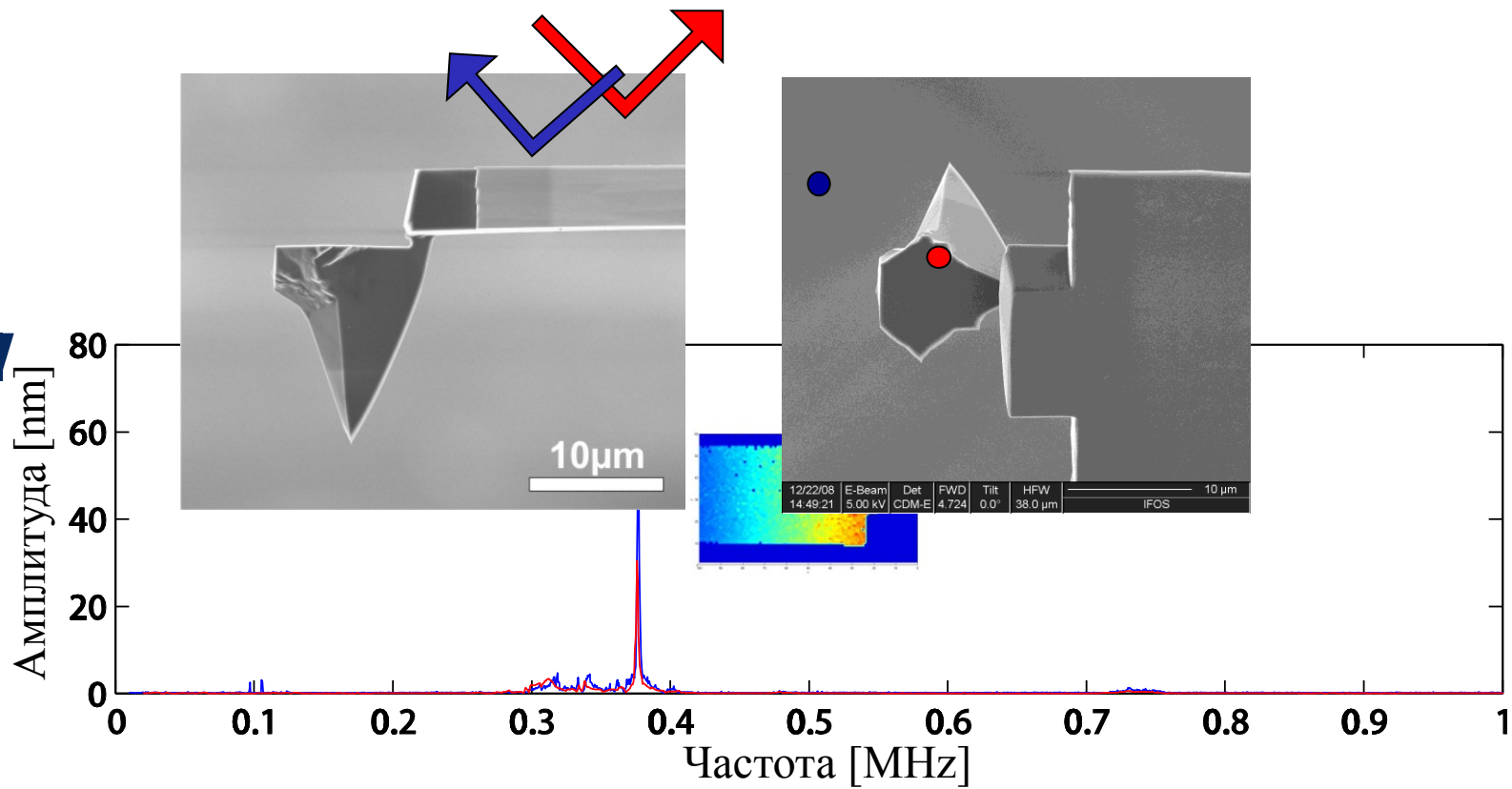


Практика

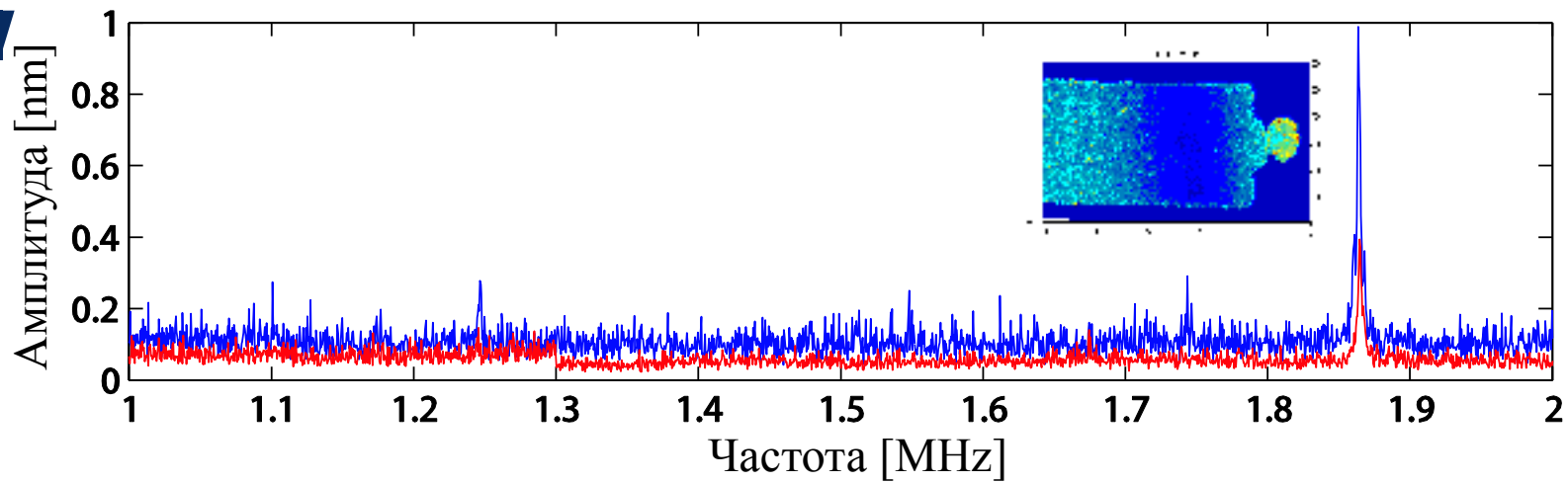


Резонансный спектр

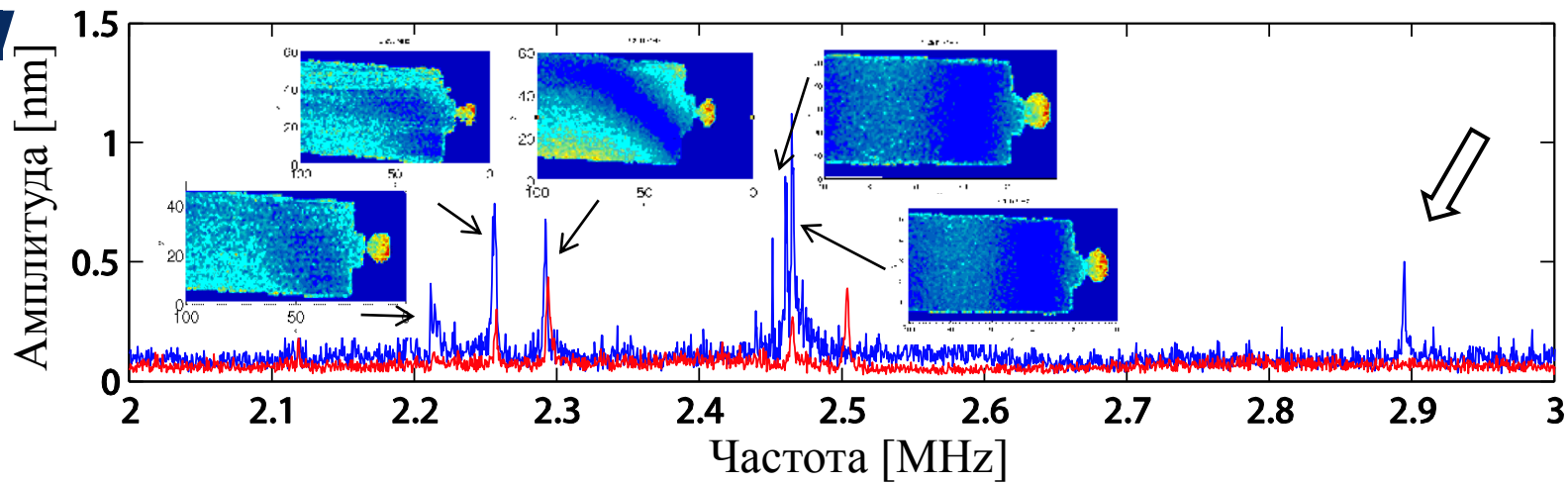
Практика



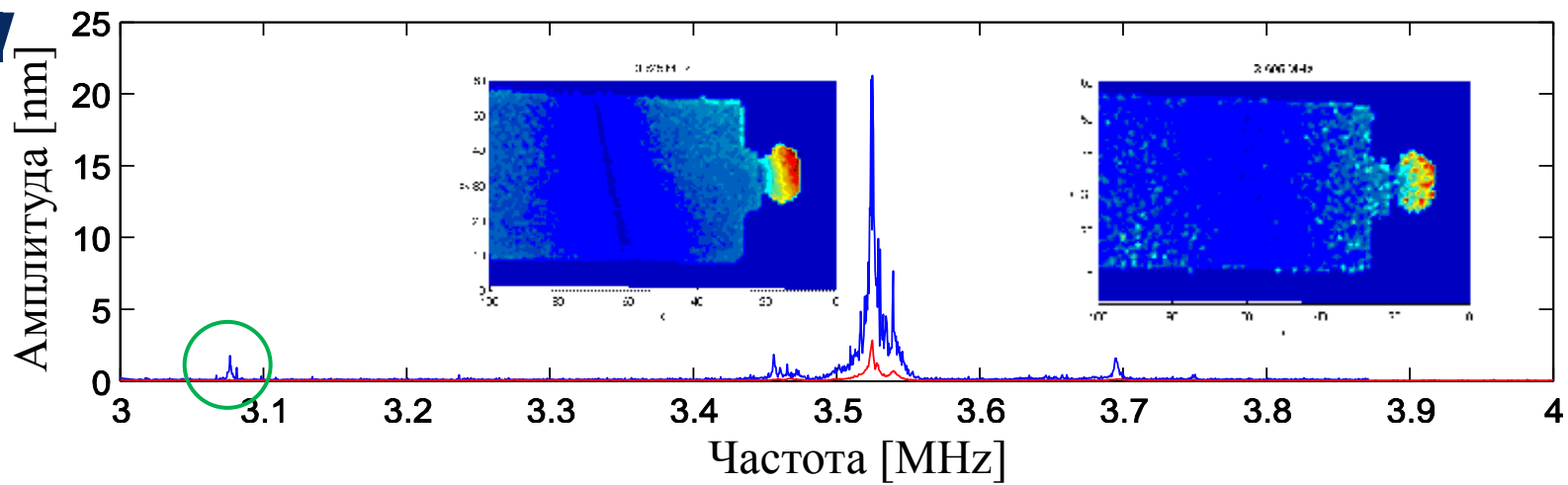
Практика



Практика

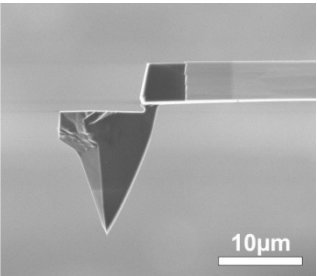


Практика

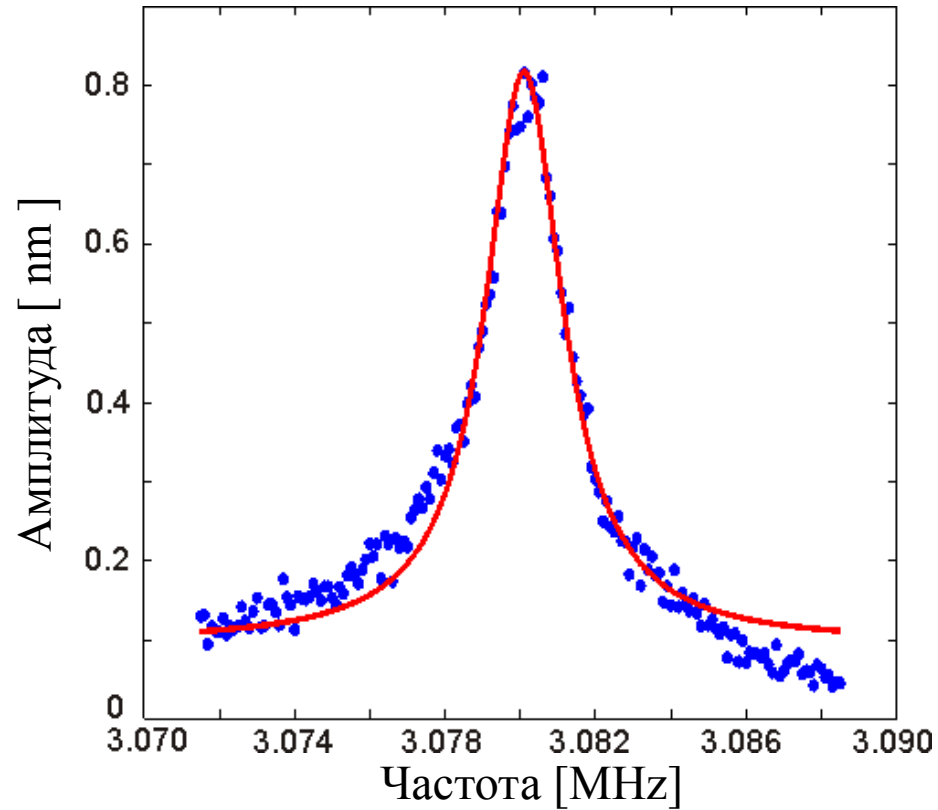


Резонансный спектр иглы

Практика

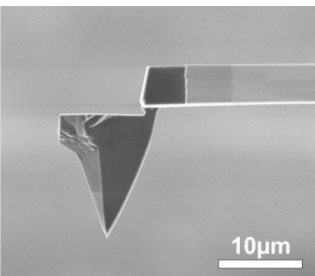


$f=3,080\text{MHz}$
 $Q=1089$

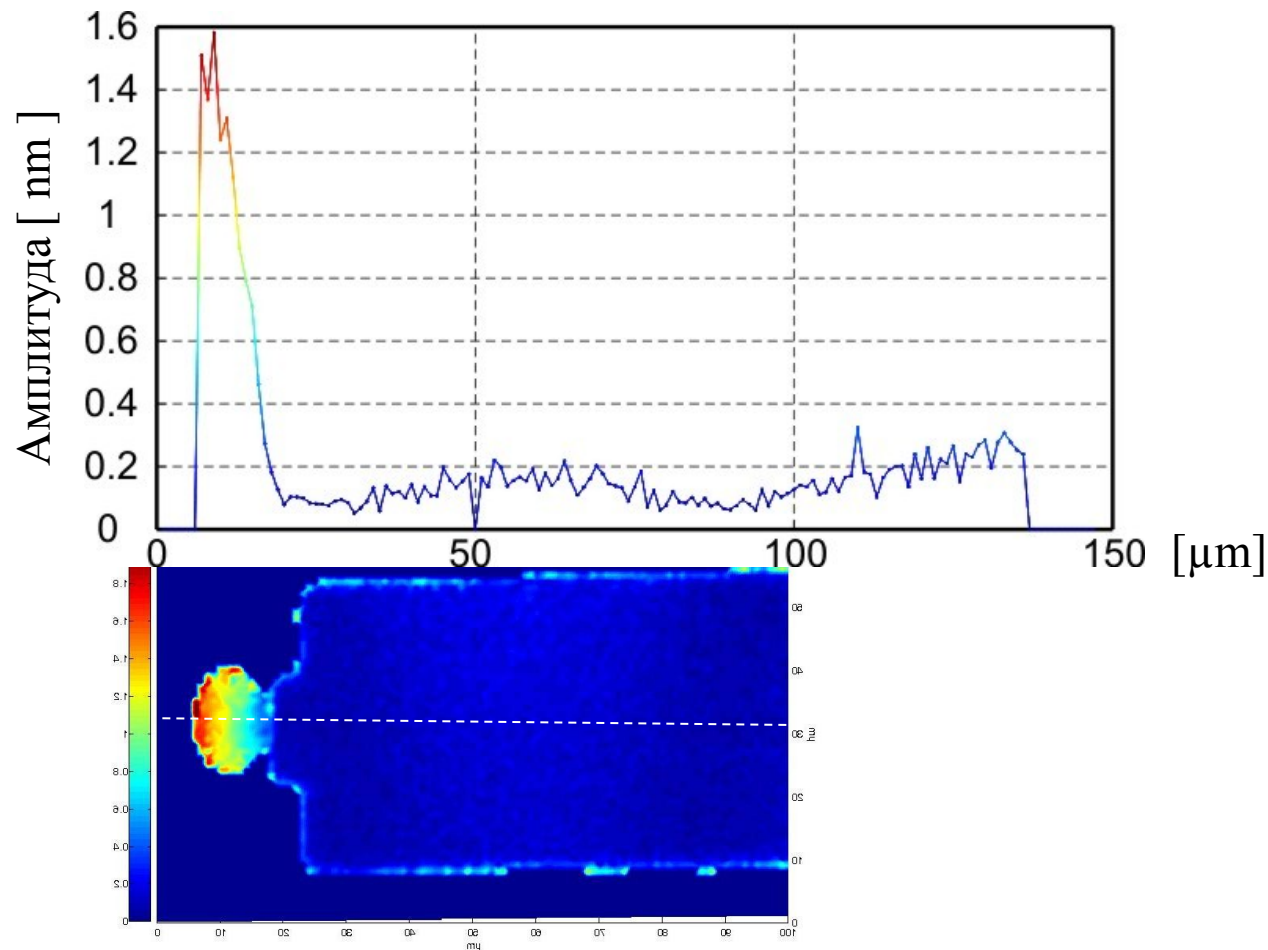


Распределение амплитуды

Практика



$f=3,080\text{MHz}$
 $Q=1089$

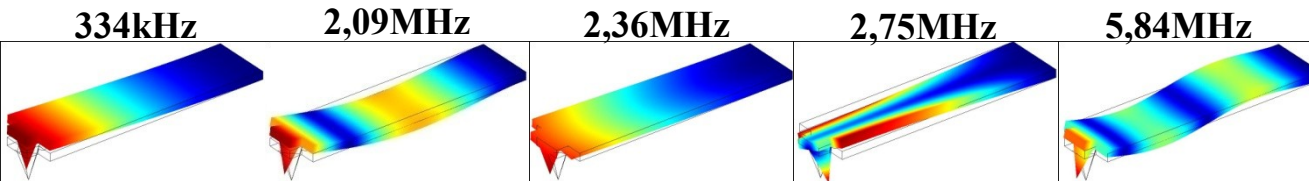


Часть IV:

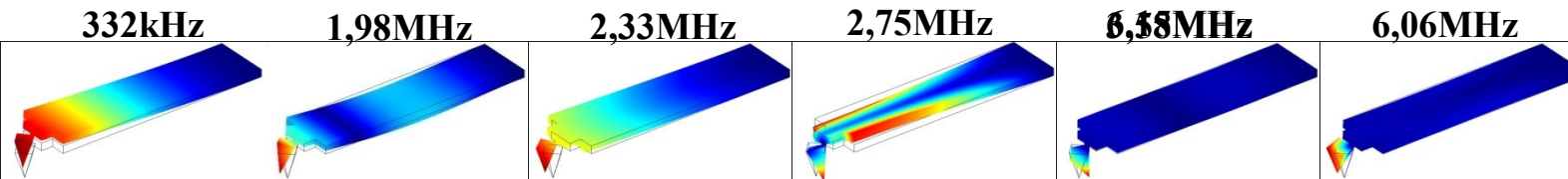
Компьюторное моделирование

Comsol Multiphysics

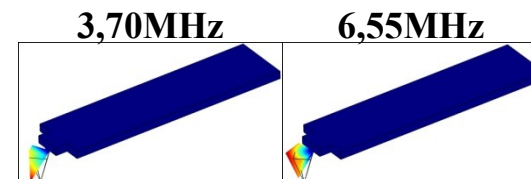
Кантилевер



Кантилевер + игла

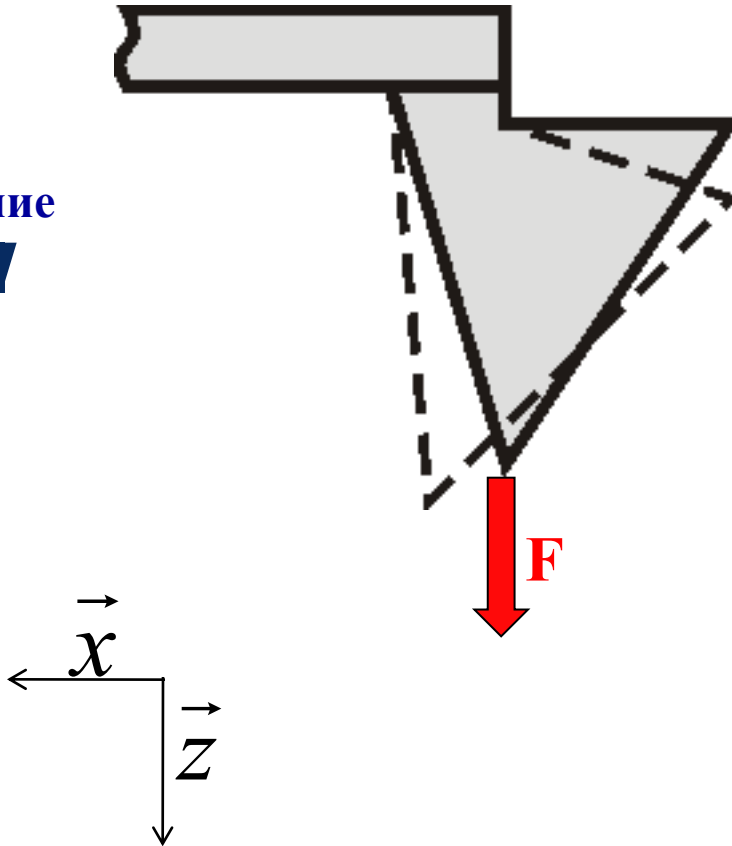


Игла



Расчет жесткости иглы

Моделирование



$$k = \frac{F}{dl}$$

$$dz = 3,28 \text{ nm}$$

$$dx = 3,56 \text{ nm}$$

$$dl = 3,62 \text{ nm}$$

$$k = \frac{100 \text{ nN}}{0,62 \text{ nm}} = 160 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Открытые темы:

- **Тестирование на практике**
- **Переход от единичных экземпляров к серийному изготовлению?**