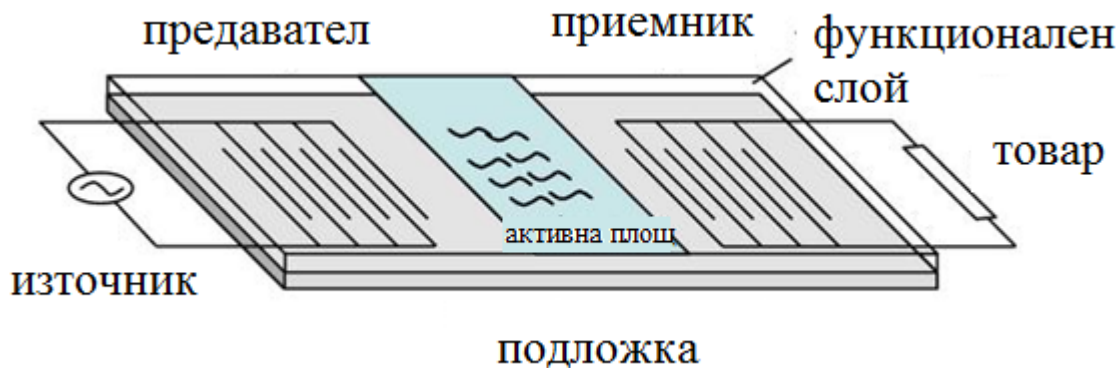


Устройства, работещи на принципа на повърхностни акустични вълни (ПАВ) – surface acoustic waves (SAW)

Доц. д-р Мария Александрова

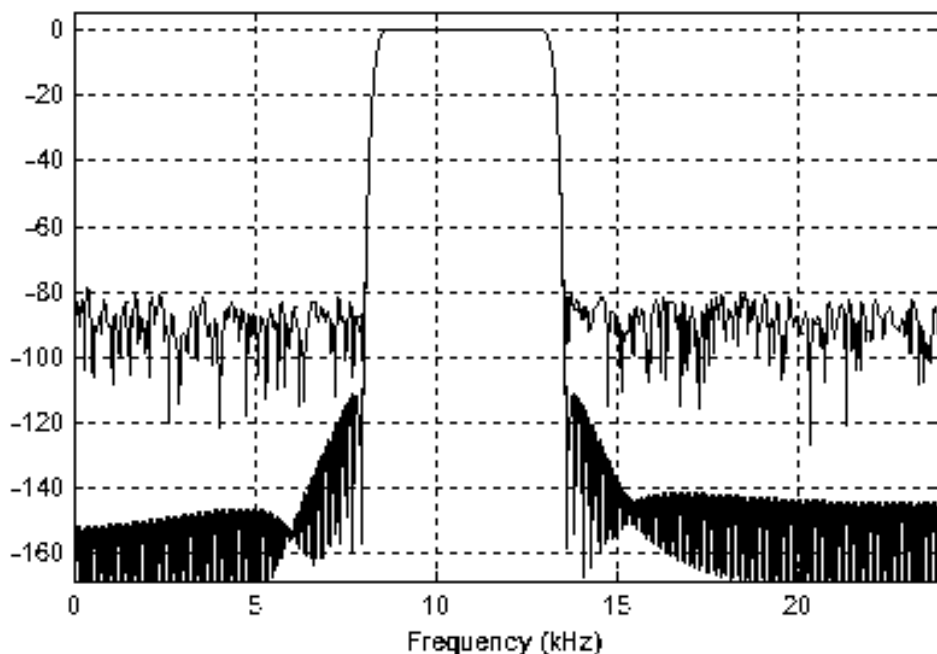
- Принцип на действие
- Принцип на измерване на сигнала в сензорен режим
- Предназначение и примерни приложения (филтри в телекомуникационни системи, сензори на механично напрежение, екрани чувствителни на докосване, биосензори и др.)
- Проектиране – влияние на геометричната конфигурация
- Технология – използвани материали и технологични процеси за реализация



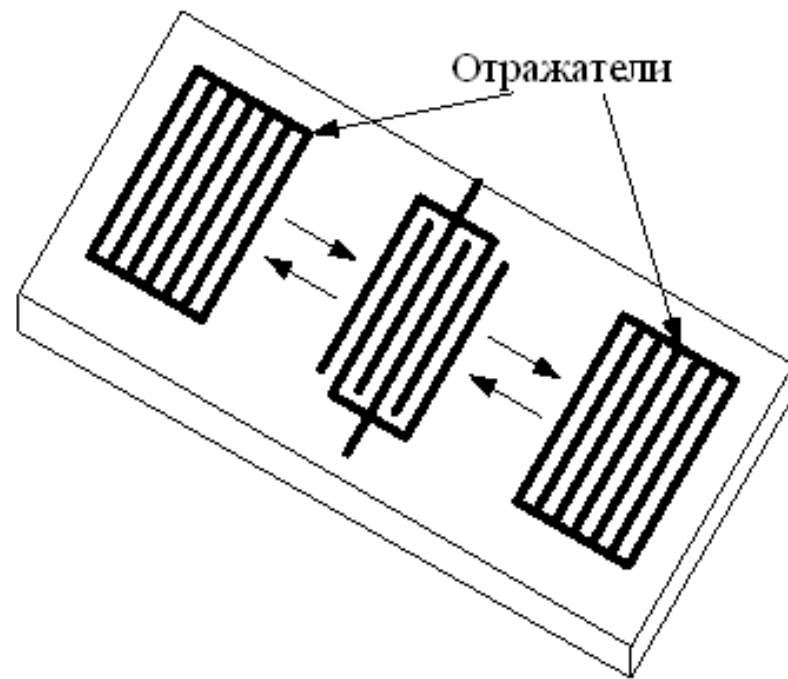
- Принцип на действие

Съчетават прав и обратен пиезоелектричен ефект;

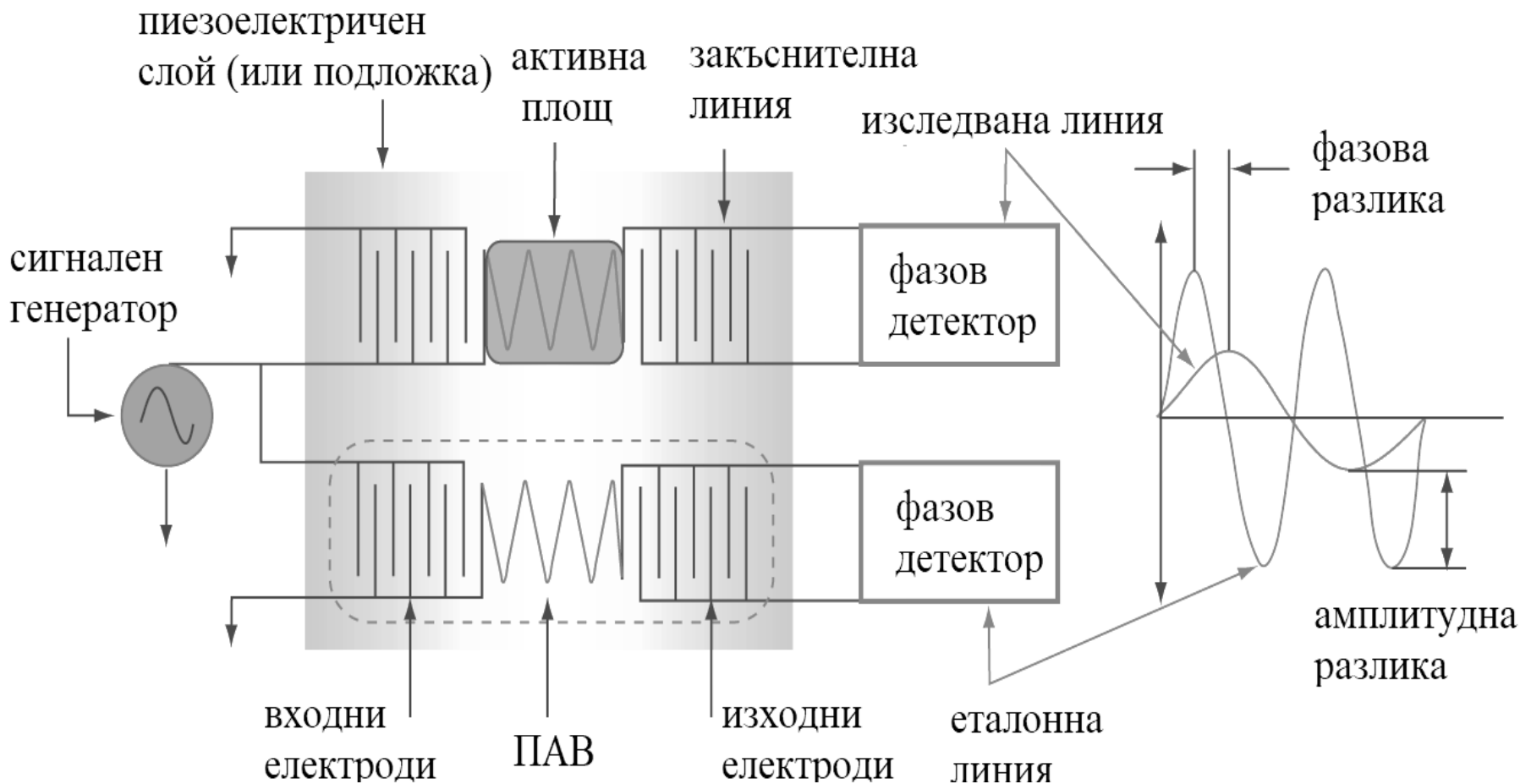
Насрещно вложени гребенчати електроди - Interdigitated IDT



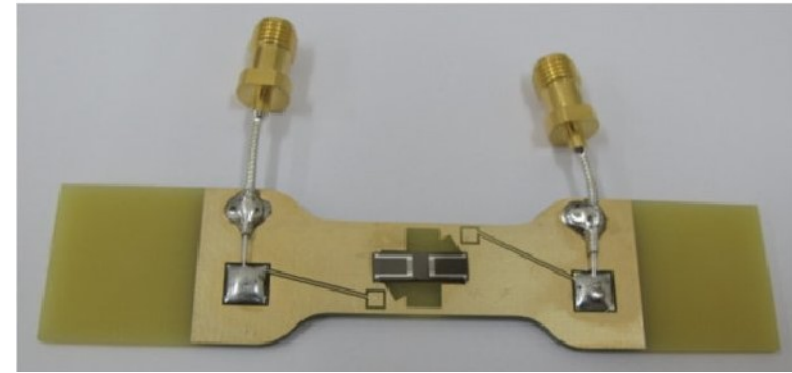
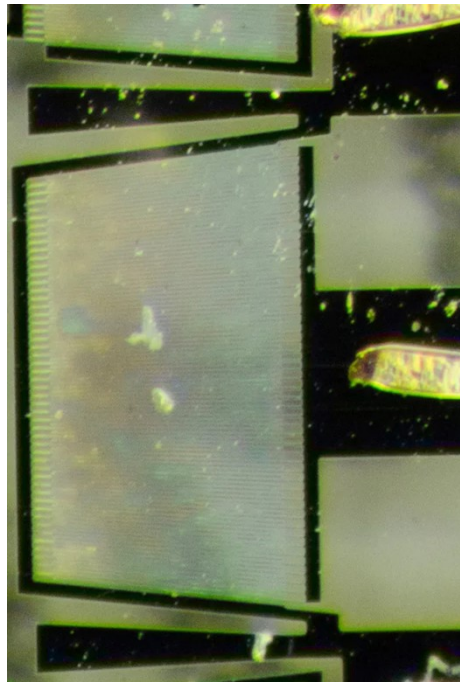
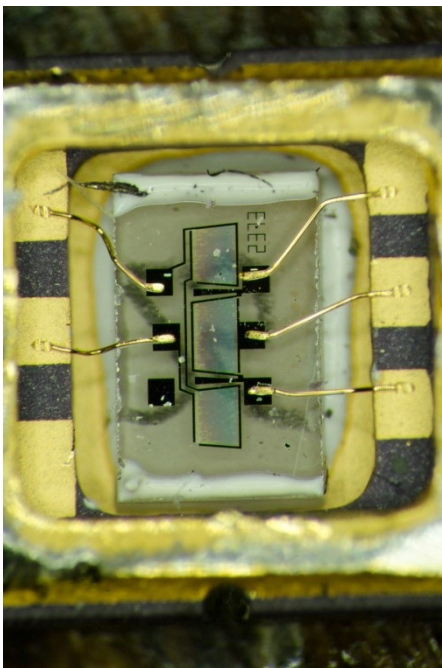
Честотна характеристика на ПАВ, използван като лентов филтър



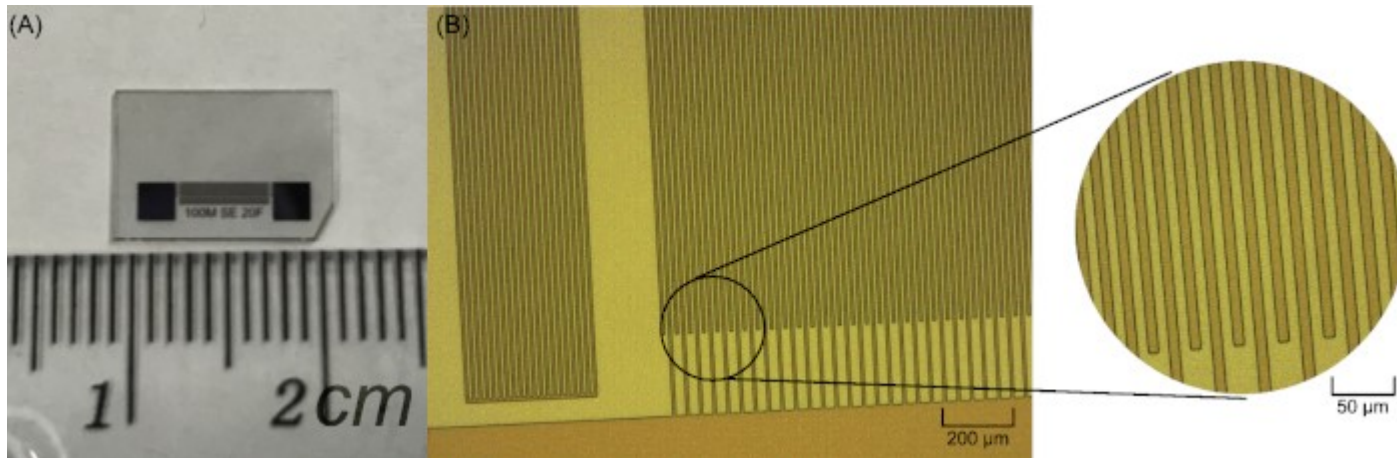
- Принцип на измерване на сигнала в сензорен режим



Електрическият сигнал от приемателния преобразувател представлява трансформирания с известно времезакъснение, честотно отместване или затихване сензорен сигнал.



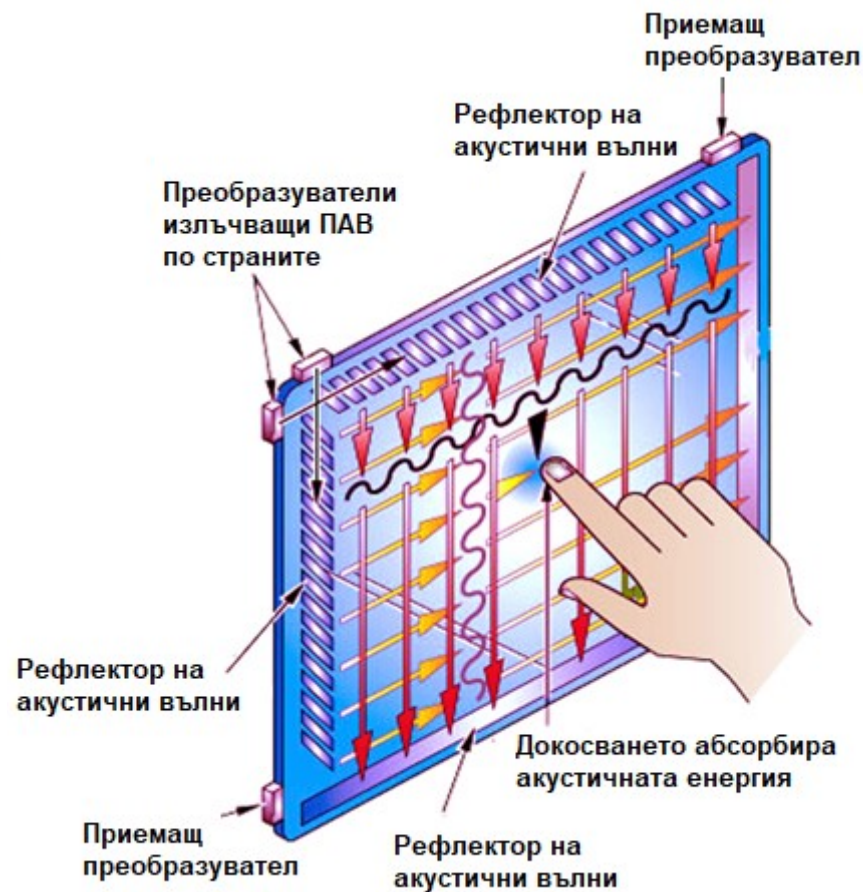
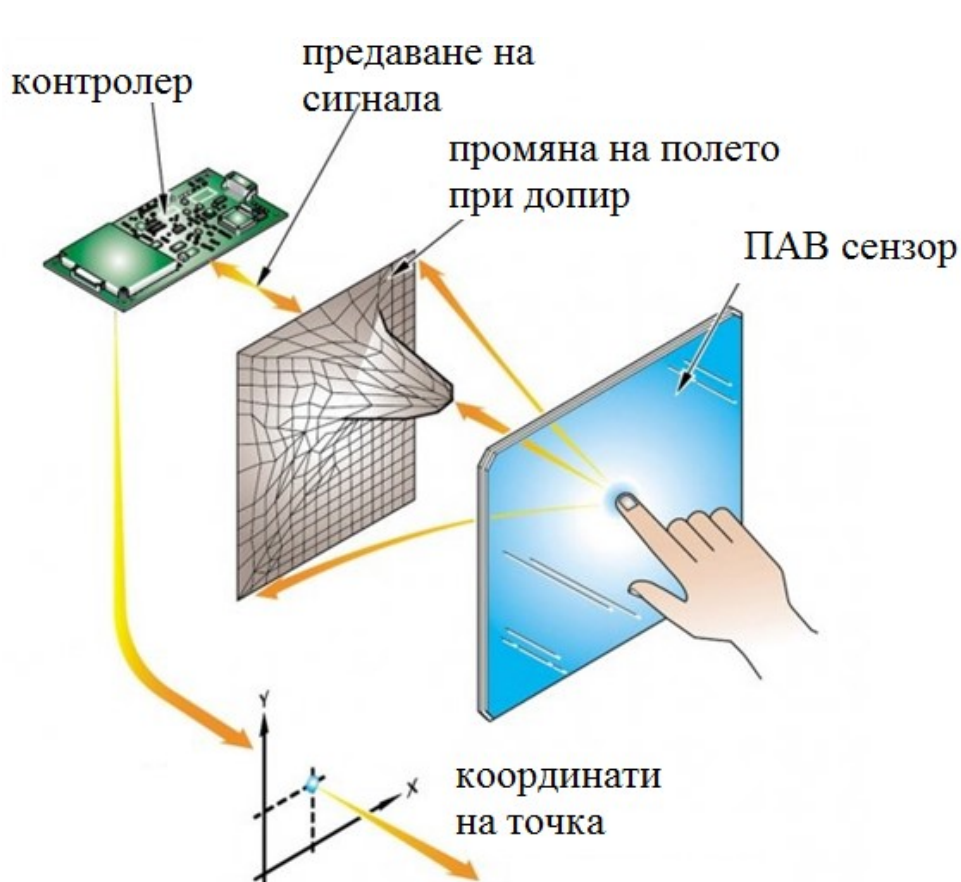
DOI: 10.1088/0960-1317/22/2/025002; doi: 10.3791/61013



Изглед на завършени ПАВ микроструктури и варианти за разположение и монтаж

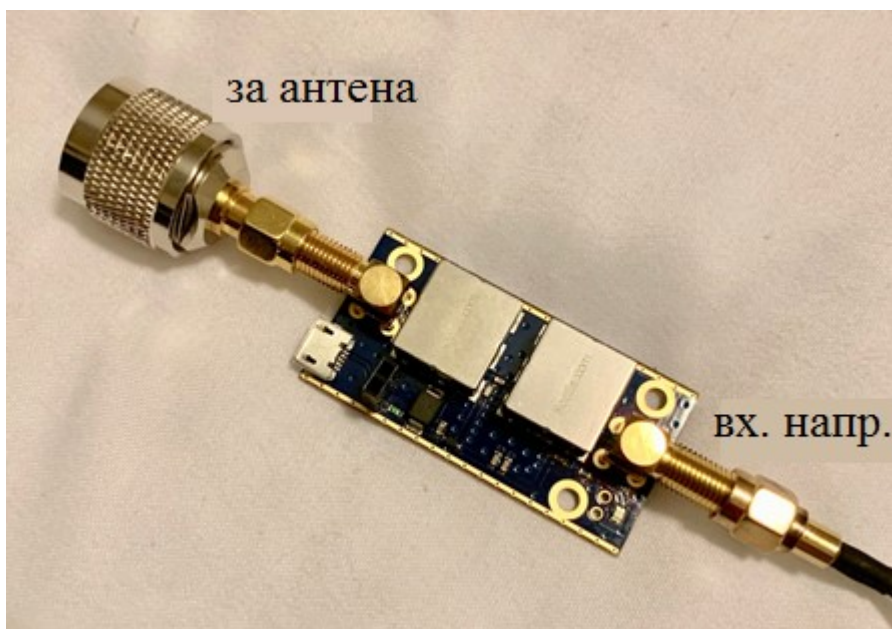
- Предназначение и примерни приложения

Сензорни екрани, чувствителни на докосване



Аудио и видео филтри

Сателитни филтри

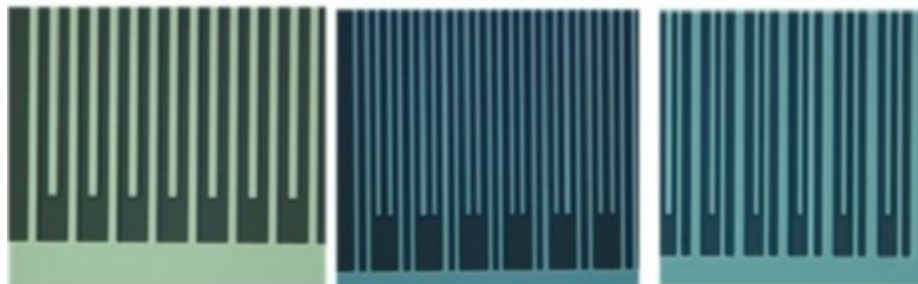


Филтри, осигуряващи регенериране на сигнала

Резонатори

Контрол върху чувствителността на **сензори на механично напрежение** с ПАВ посредством геометричната конфигурация на електродите.

1 2 3



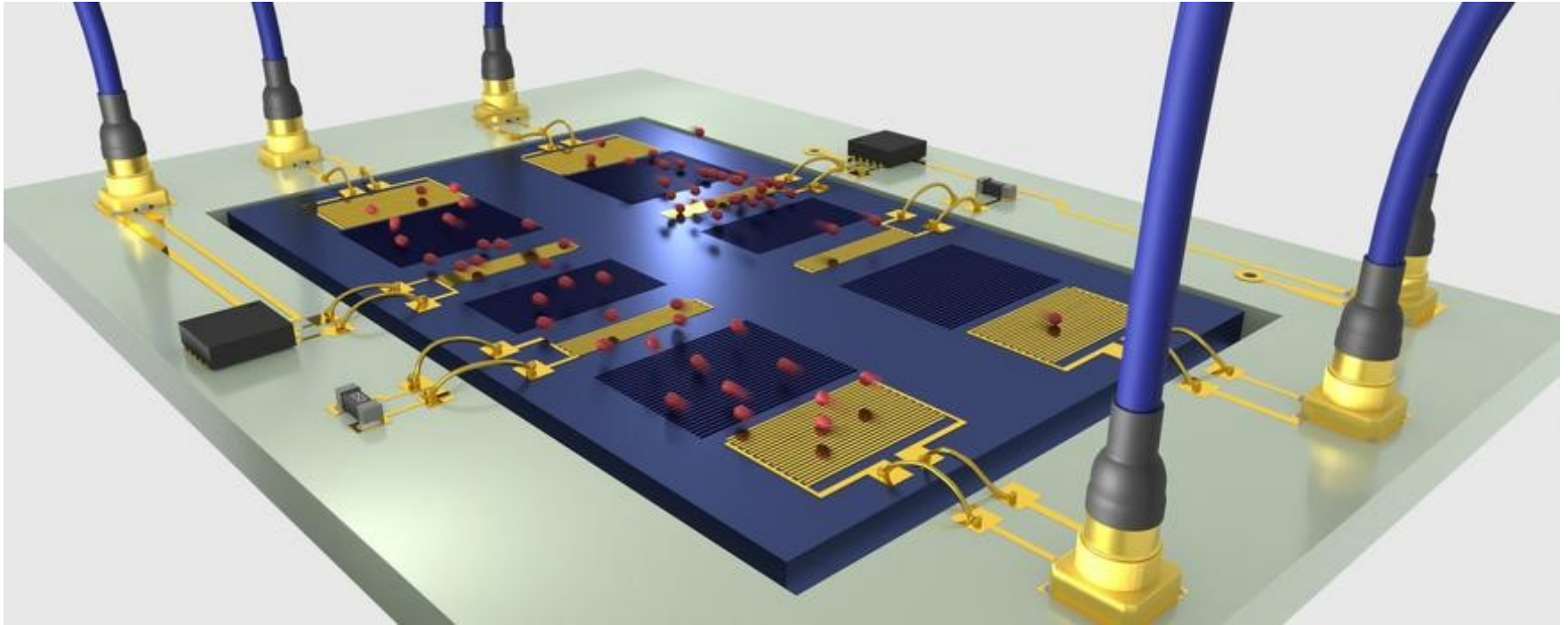
В сензор за налягане промяната на скоростта, индуцирана от механично натоварване, предизвиква промяна в поляризационно поле, приложено към подложката, което води до изменение на честотата на ПАВ осцилаторен елемент.

1 – простота на технологичното изпълнение, но ниска стабилност на честотата заради паразитни отражения.

2 – по-сложно изпълнение, но потиска загубите, т.к влияе на отразената вълна.

3 – потиска отразената вълна

Биосензори и газови сензори с ПАВ

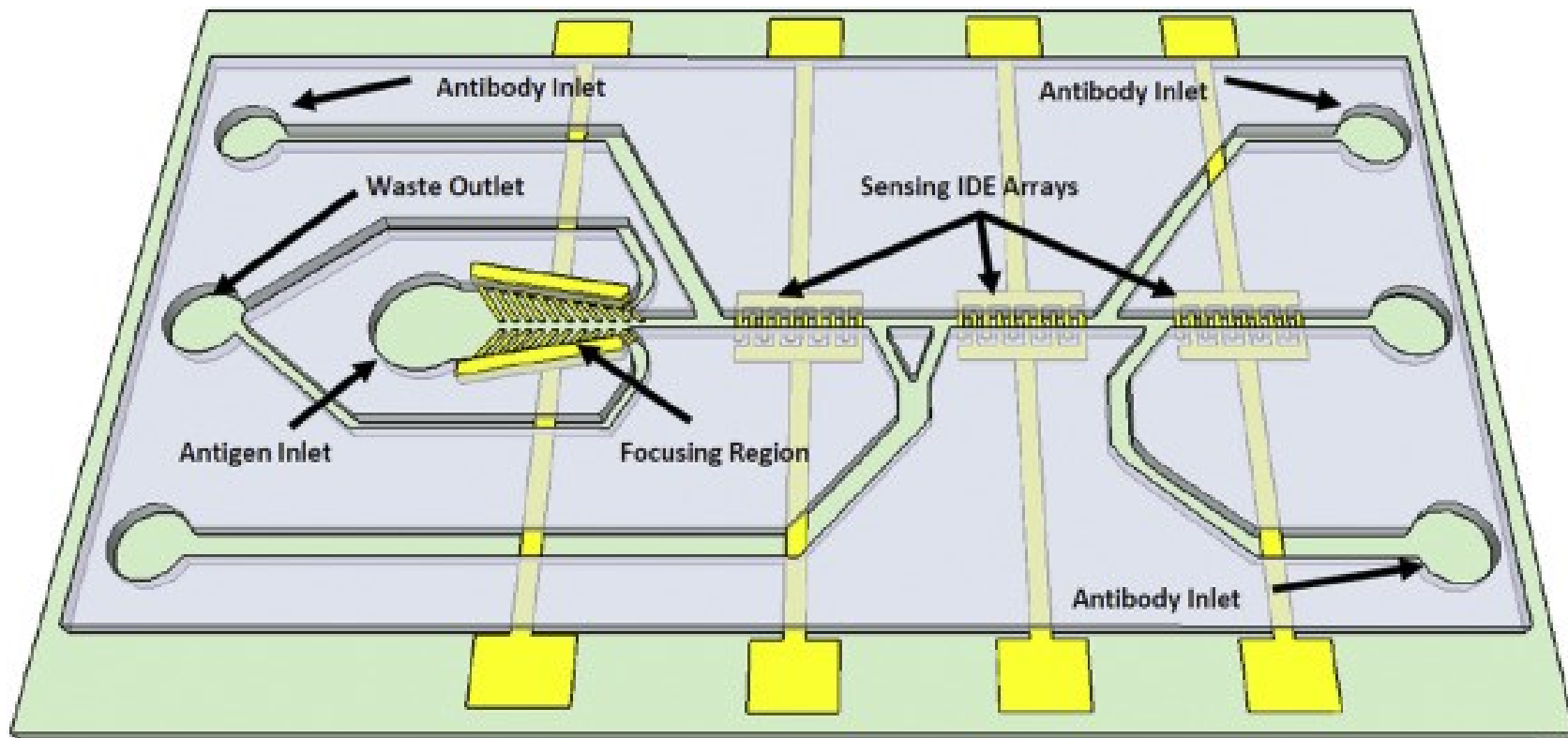


Промяната в масата на чувствителния слой, вследствие абсорбцията на газовете, води до промяна в скоростта на повърхностната вълна, която преминава през среда с променена плътност, заради наличието на новите попаднали върху повърхността частици. Аналогично е при сензорите на флуид в биомедицинската електроника.

$$\Delta f = - \frac{C \cdot f_0^2 \Delta m}{A}$$

Δf - промяна в резонансната честота, C – константа, свързана с избора на пиезоелектричен слой, f_0 - осцилираща честота на кварц, $\Delta m/A$ - погълнатата чужда маса (на газови частици например в случая) на единица площ [g/cm^2].

Lab-on-chip концепция



Структурата се използва за изместване на клетките на вируса към централната линия на канала и за насочването им към чувствителния микроканал. Сензорната област се състои от три комплекта междинни електроди на ПАВ. Трите комплекта електроди са предварително функционализирани със специфични антитела всеки за един комплект чрез независими входи за подаване на антителата, без смесване.

- Проектиране – влияние на геометричната конфигурация

Геометричните размери на филтъра определят неговите електрически параметри.

Слоен вариант (пиезоелектричният материал не е подложката, а е тънък слой)

Разстоянието l_1 между входният и изходният преобразувател определя времето на закъснение на електрическия сигнал.

Броят на двойките зъби N е параметър, който определя ефективността на електромеханично преобразуване.

Връзката между ширината на лентата на пропускане и N се дава с израза:

$$\Delta f = \frac{2f_0}{N},$$

където f_0 е централната честота на преобразувателя.



В повечето случаи разстоянието между два съседни насрещни зъба на гребените е равно на широчината на зъбите (симетрична структура).

На база на долната и горната гранични честоти f_d и f_r , се определя честотната лента на преобразувателя $\Delta f = f_r - f_d$ и централната честота за тази лента $f_0 = (f_r + f_d)/2$.

Определя се броят N на електродните зъби от всеки гребен $N = (m + 1) \frac{f_0}{\Delta f}$, както и общият брой електроди от чифт гребеновидни електроди $2N$.

Избира се дължината на гребените W . За минимално разсейване и загуба на сигнала е установено, че трябва да се спазва съотношението $W = 100 \cdot (\lambda \cdot 10^{-6})$, където λ се умножава с 10^{-6} само в случай на слойна технология.

Дължината на вълната е $\lambda = v/f_0$

Определя се разстоянието h между съседните зъби на електрода (от един и същи гребен) или още стъпка на електрода:

$$h = v \frac{f_r t_3}{2\Delta f} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{f_r^2 t_3}{4\Delta f}} \right),$$

където $t_3 = \frac{L_1}{v}$ е време за разпространение на вълната по дължината на преобразувателната зона L_1 .

L_1 се снима от графични данни и е дължина, при която загубите при преобразуване са под 0.1% и обикновено варира между 6 и 10 mm.

Определя се широчината на едно зъбче от гребена (което е равно на разстоянието между две зъбчета от 2 срещуположни електрода в повечето случаи):

$$a = \frac{h}{4}$$

Определя се дебелината на пиезоелектричния слой : $d = \frac{h}{2}$

Определя се паразитният капацитет на структурата $C_{\text{пр}} = N\varepsilon_0(1 + \varepsilon_r)W$, където ε_0 е диелектричната константа на вакуум $\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ C/V.m, а ε_r е диелектричната проницаемост на пиезоелектричния материал.

Определя се собственото съпротивление на елемента:

$$R_0 = \frac{4}{\pi} k^2 \frac{N}{2\pi f_0 C_{\text{пр}}},$$

където k е коефициент на електромеханично преобразуване на избрания пиезоелектричен материал.

Обемен вариант (пиезоелектричният материал е подложката, а НЕ Е тънък слой)

Геометричните размери на плочката на подложката се определят от следните съображения:

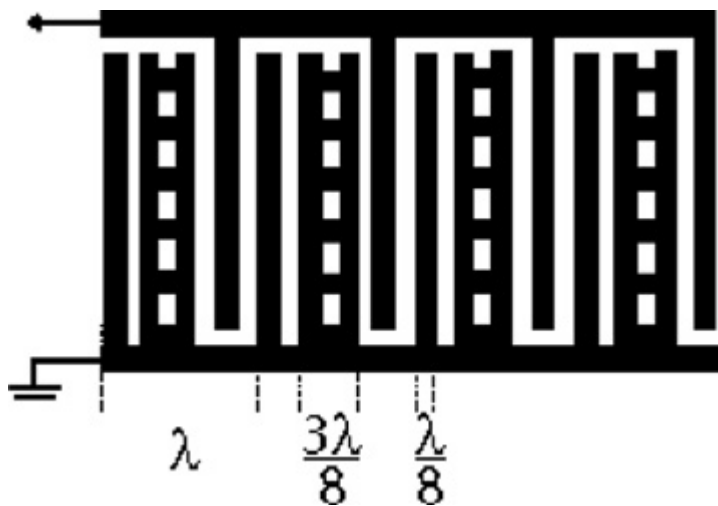
δ дебелината на плочката е съизмерима с λ_0 , тъй като ПАВ не прониква в кристала на дълбочина;

$L \approx N\lambda_0/2$ е общата дължина на плочката (пластинката);

$d = \lambda_0/4$ е разстоянието между двата преобразувателя, което определя времето на закъснение на сигнала;

$B \approx 100\lambda_0$ е ширината на плочката, като тя трябва да изпълнява това условие, за да се постигне минимално разсейване на сигнала (допълнително се осигуряват и рефлектори при необходимост);

1) Сегментиране на рефлекторни електроди

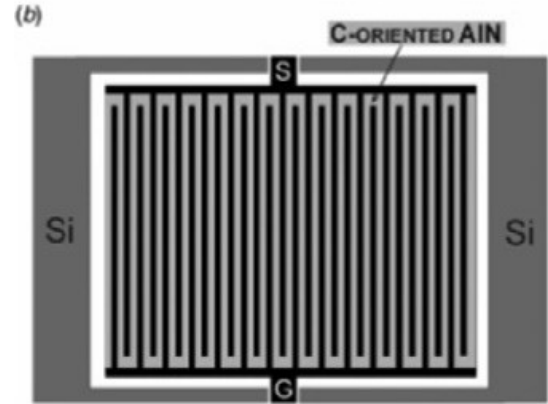
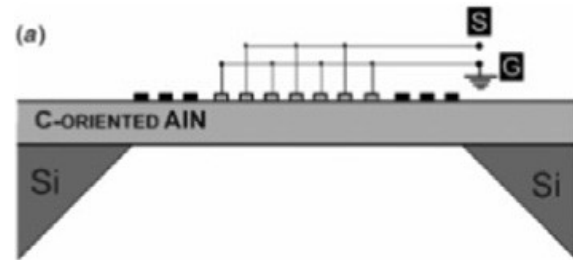
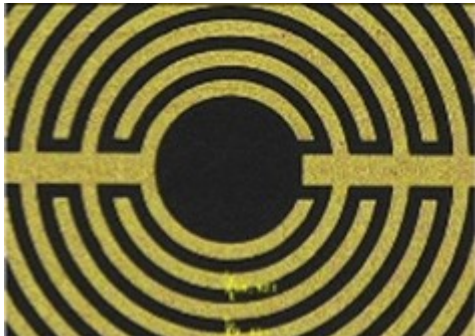


2) Плаващ електрод



3) Модулираща сигнала структура

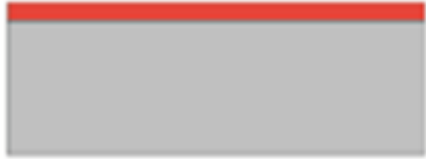




- Технология – използвани материали и технологични процеси за реализация



почистване на
подложка



нанасяне на фото-
резист за свличане



фотолитография
на резиста



нанасяне на
метални слоеве



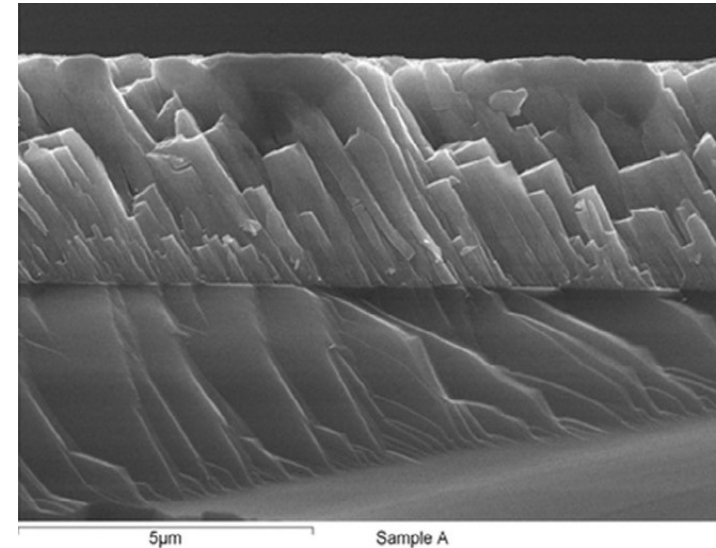
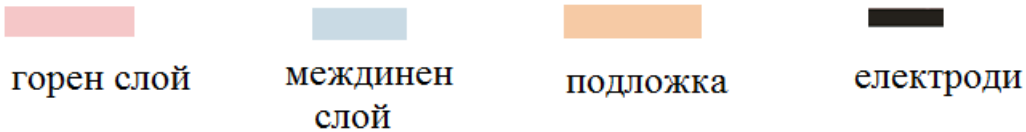
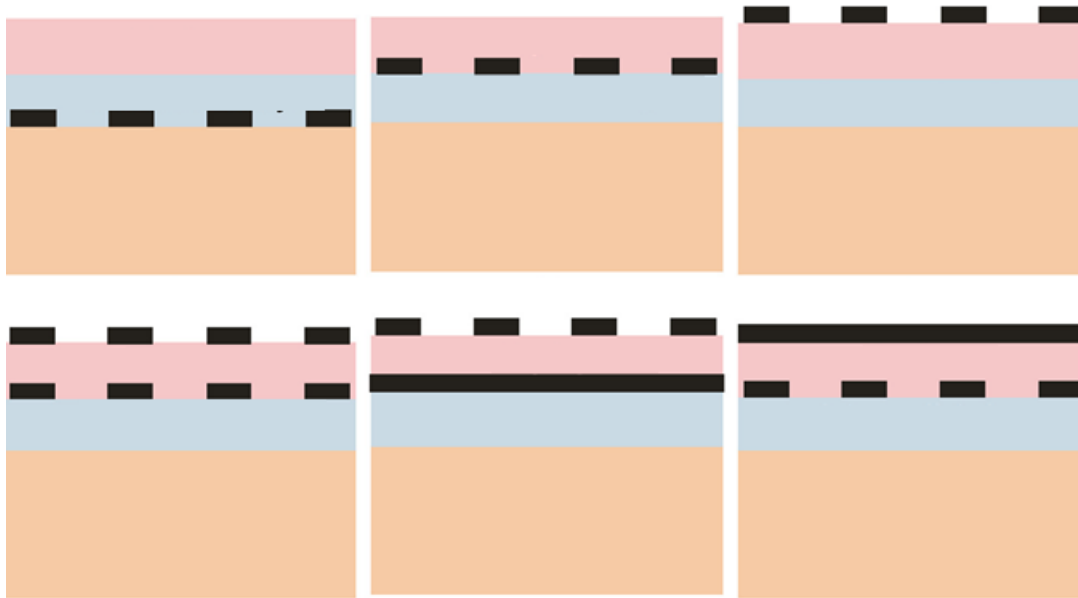
свличане

Предпочита се обратна фотолитография (свличане) за елелктродите, когато размерите им са под 15 μm , за да не се наруши повърхността на устройството от ецването, тъй като тя е функционалната част на микросистемата.

Електродите и проводимите пътечки за ниски честоти се изработват от Ni, Cr, Au или Al чрез вакуумно изпарение или разпрашване. Дебелината на металния слой е 100-300 nm.

Подходящ пиезоелектричен материал е литиев ниобат LiNbO_3 , който може да е като слой (разпрашен или CVD) или като подложка. Подходящ е и кварцът, който е по-стабилен температурно, но с по-нисък пиезомодул от LiNbO_3 .

Особености при технологичното изграждане на ПАВ



В тънкослойните акустични вълнови устройства са използвани различни слоеве за подобряване на температурната стабилност, фазовата скорост и електромеханичен коефициент на преобразуване.

- 1) Бавна върху бърза структура (например ZnO пиезослой върху сапфирена подложка или ZnO слой върху AlN слой без значение дали подложката е пиезоелектрична) .
- (2) Бърза върху бавна структура (например AlN върху ZnO или върху полимер).

Благодаря за вниманието!