

# Микроэлектронный ОАВ-резонатор с брэгговским отражателем, имеющим разнородные низкоимпедансные слои

Торгаш Т.Н. – научный сотрудник АО «ОНИИП»

*30 сентября 2017, г. Омск*

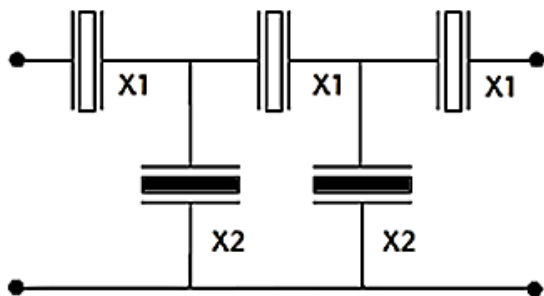


Рис. 1. Электрическая схема лестничного фильтра.

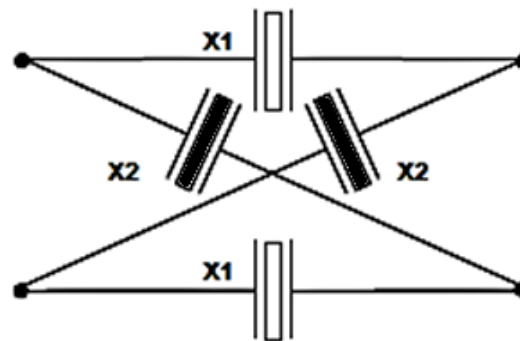
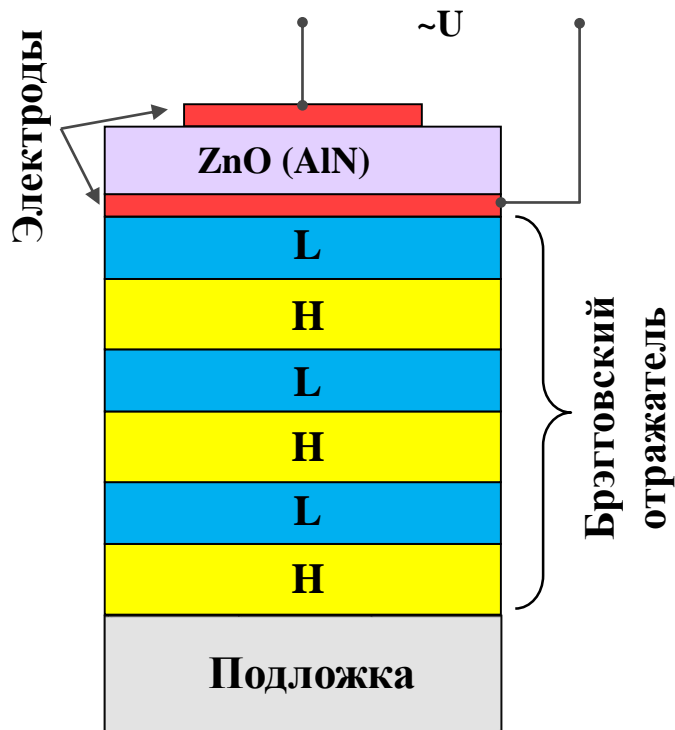


Рис. 2. Электрическая схема мостового фильтра.

Электрическое соединение резонаторов (в структуре фильтра) обеспечивается тремя способами:

- ✓ Соединение тонкопленочными проводниками и переходными отверстиями, сформированными совместно с электродными структурами резонаторов;
- ✓ Соединение проволочными проводниками, присоединяемыми непосредственно на электроды резонаторов;
- ✓ Соединение тонкопленочными проводниками, расположенными в слое нижних или верхних электродов резонаторов.

# ОАВ-резонатор с брэгговским отражателем (SMR)



Коэффициент отражения брэгговского отражателя (R):

$$R = \frac{Z_{ref}^{(2N)} - Z_p}{Z_{ref}^{(2N)} + Z_p} \quad (1)$$

Коэффициент пропускания брэгговского отражателя (T):

$$T = 10 \cdot \lg(1 - |R|^2), \quad (2)$$

где  $Z_{ref}^{(2N)}$  – входной акустический импеданс структуры, включающей слои брэгговского отражателя и подложку;  $Z_p$  – акустический импеданс пьезоэлектрической пленки ZnO /AlN.

Рис. 3. Структура ОАВ-резонатора.

**Применение** – исключается влияние подложки на параметры электроакустического преобразователя.

Структура: стек из чередующихся 8-12 слоев;  $h = \lambda/4$ ,  $Z_L \neq Z_H \neq Z_{sb}$ ,  $Z_H/Z_L = (\max)$

- Целью работы является исследование влияния свойств диэлектрического слоя в брэгговского отражателе на электрические характеристики микроэлектронного ОАВ-резонатора.

# Микроэлектронный ОАВ-резонатор с брэгговским отражателем на основе пьезоэлектрической пленки AlN

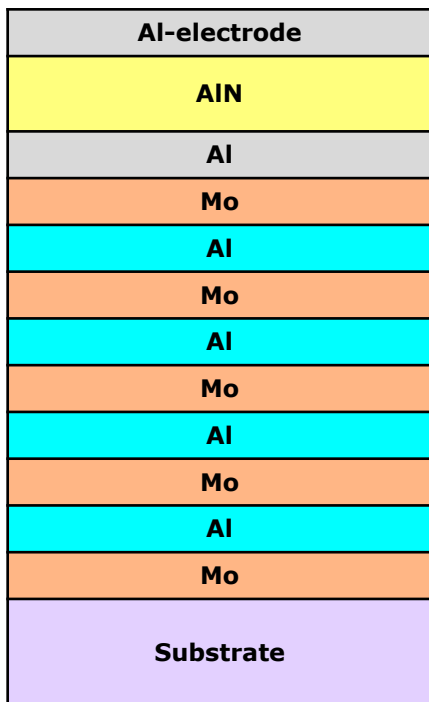
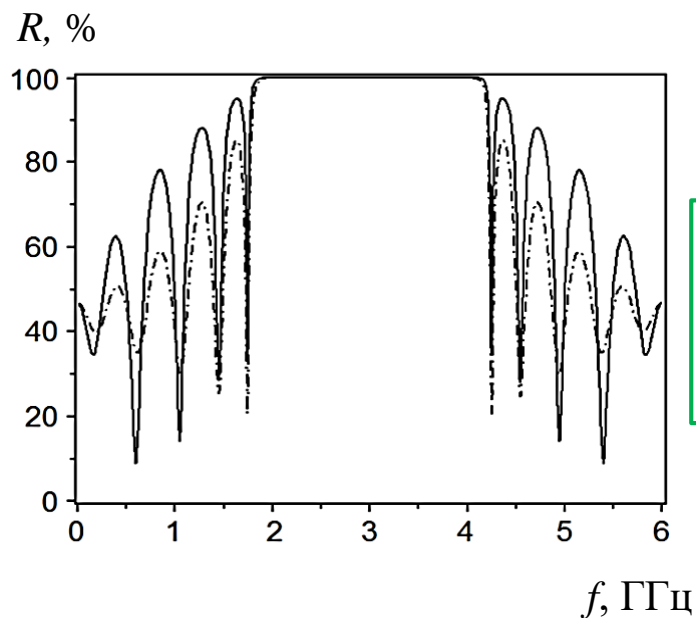


Рис. 4. Структура SMR.



Рис. 5. Структура SMR с диэлектрическим слоем SiO<sub>2</sub>.

# Моделирование ОАВ-резонатора с брэгговским отражателем



Брэгговский  
отражатель:  
— С пленкой SiO<sub>2</sub>  
- - - Без пленки SiO<sub>2</sub>

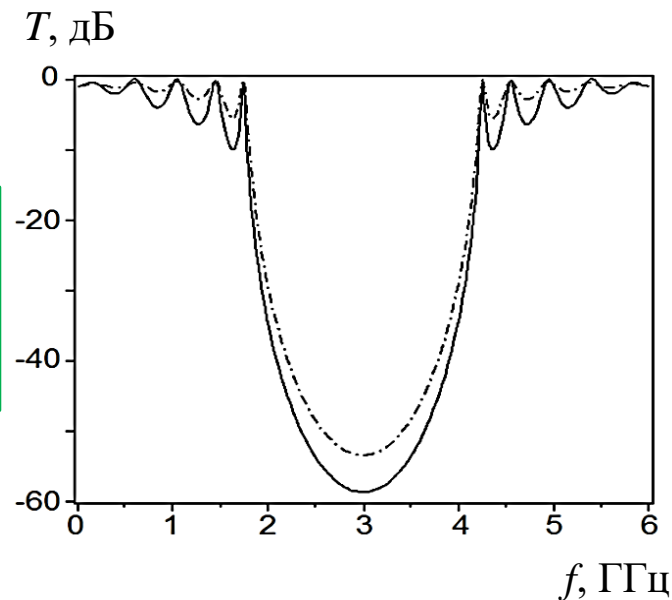


Рис. 6. Частотные зависимости коэффициента отражения для брэгговского отражателя.

Рис. 7. Частотные зависимости коэффициента пропускания для брэгговского отражателя.

# Моделирование ОАВ-резонатора с брэгговским отражателем

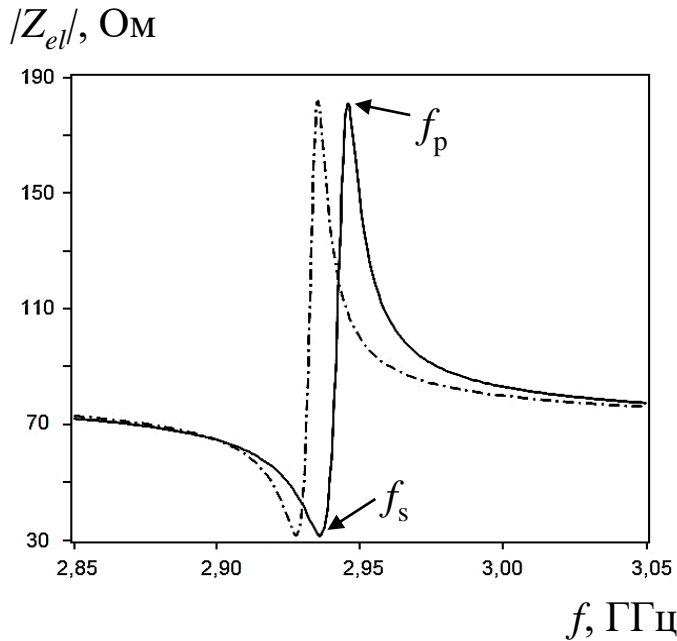


Рис. 8. Частотные зависимости электрического импеданса для SMR.

Брэгговский отражатель:  
 — С пленкой  $\text{SiO}_2$   
 - - - Без пленки  $\text{SiO}_2$

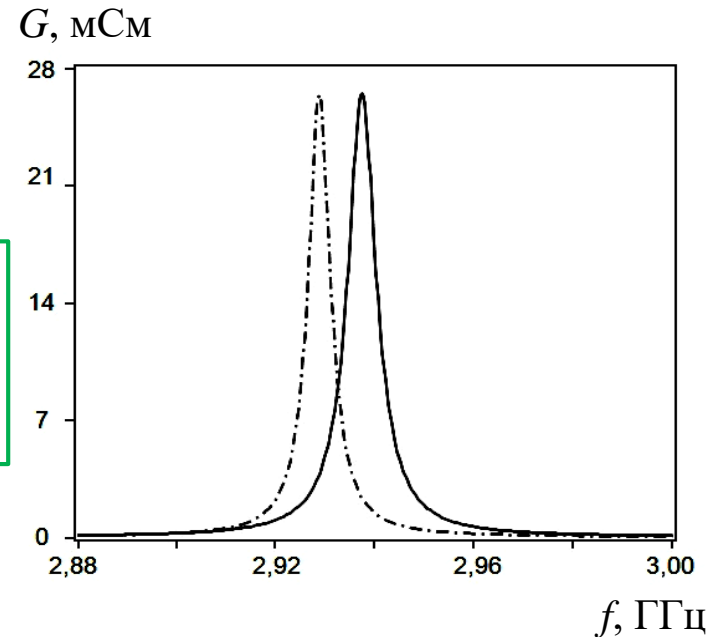
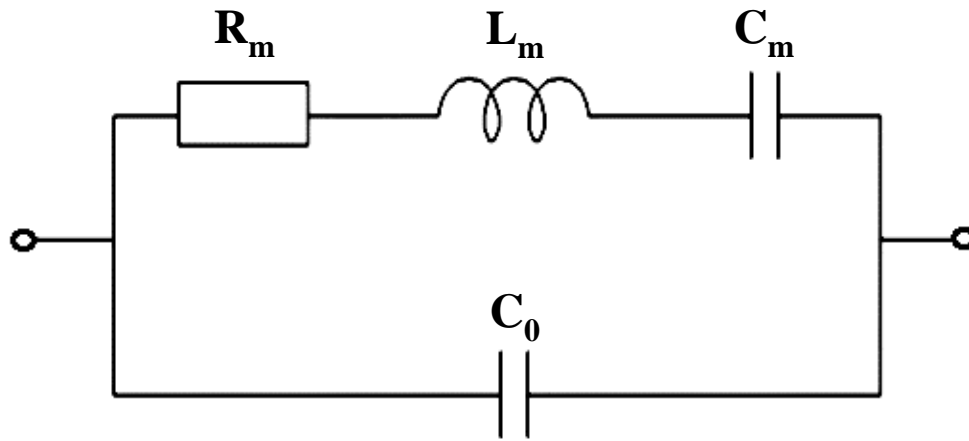


Рис. 9. Частотные зависимости активной проводимости для SMR.

## Достоинства:

- позволяет гальванически соединять ОАВ-резонаторы;
- входной акустический импеданс отражателя с пленкой  $\text{SiO}_2$  в 2 раза меньше, чем у отражателя, состоящего из пяти пар слоев пленок Mo-Al;
- расширяется резонансный промежуток ОАВ-резонатора.



- $C_0$  – статическая емкость;
- $R_m$  – динамическое сопротивление;
- $L_m$  – динамическая индуктивность;
- $C_m$  – динамическая емкость.

Рис. 10. Электрическая схема резонатора по модели Баттерворта-ван Дейка.

$$C_0 = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{l_{el} b_{el}}{d_{pz}}$$

$$R_m = \frac{2\pi L_m f_s}{Q_s}$$

$$L_m = \frac{1}{C_m (2\pi f_s)^2}$$

$$C_m = C_0 \left[ \left( \frac{f_p}{f_s} \right)^2 - 1 \right]$$



# Моделирование ОАВ-резонатора с брэгговским отражателем

Таблица 1

№.	Брэгговский отражатель	$f_s$ , ГГц	$f_p$ , ГГц	$\Delta f$ , МГц	$Z_s$ , Ом	$Z_p$ , Ом	$G_{max}$ , мСм	$Q$	$C_0$ , пФ	$C_m$ , фФ	$L_m$ , нГн	$R_m$ , Ом
1	Без пленки $SiO_2$	2.9268	2.9352	8.4	31.37	181.3	26.36	751	1.10	6.3	468	11.5
2	С пленкой $SiO_2$	2.9354	2.9463	10.9	31.33	179.6	26.39	676	1.10	8.2	359	9.8

# Измерение электрических параметров ОАВ-резонаторов

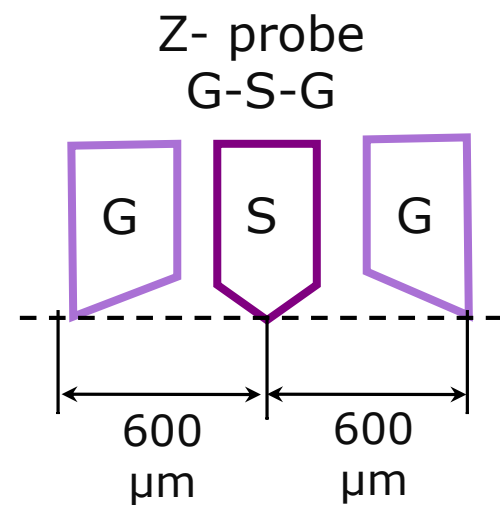
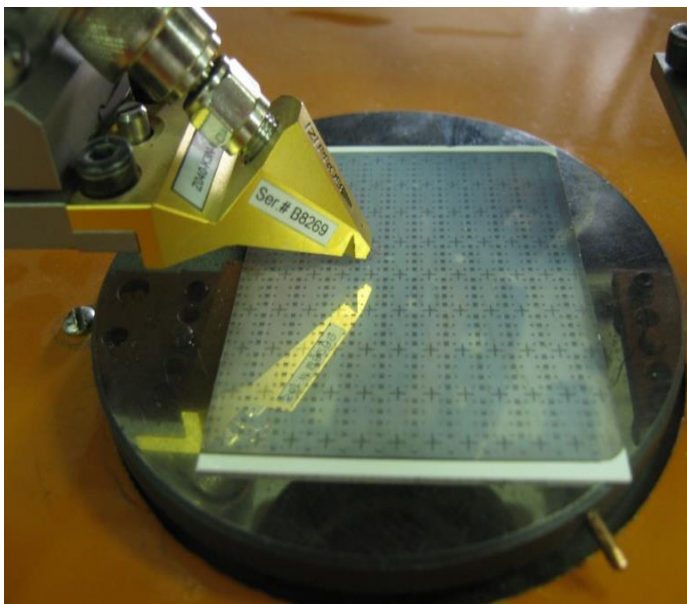


Рис. 11. Измерительный зонд анализатора цепей E 5071C фирмы Agilent Technologies.

# Электрические параметры ОАВ-резонаторов с брэгговским отражателем

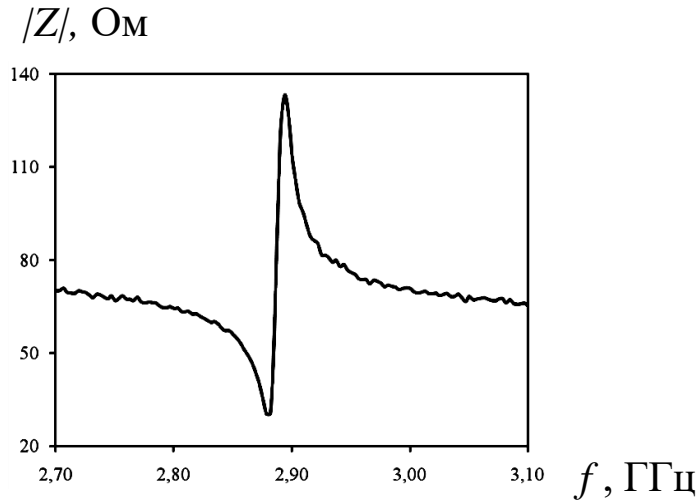


Рис. 12. Частотная зависимость электрического импеданса резонатора на основе пьезоэлектрической пленки AlN.

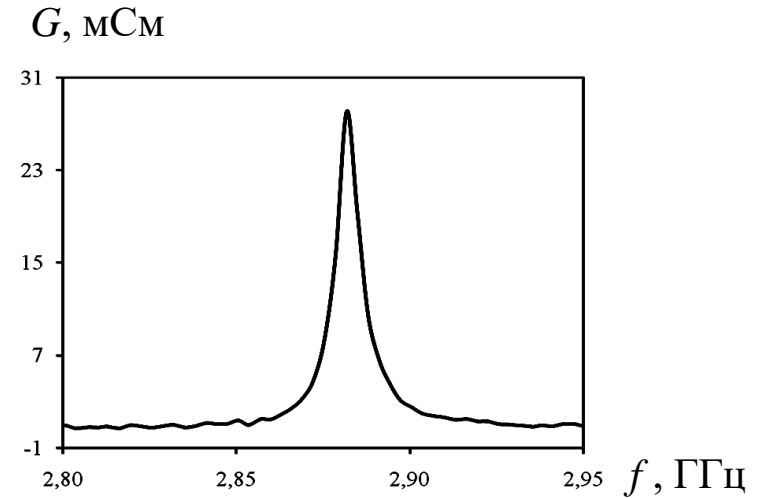


Рис. 13. Частотная зависимость активной проводимости резонатора на основе пьезоэлектрической пленки AlN .

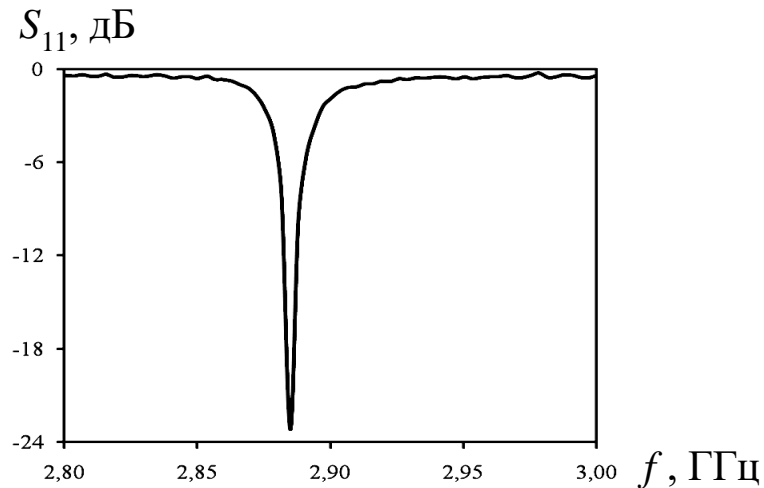


Рис. 14. Частотный отклик,  $S_{11}$ , резонатора на основе пьезоэлектрической пленки AlN.

# Экспериментальные результаты

Таблица 2

№	$f_s$ , ГГц	$f_p$ , ГГц	$\Delta f$ , МГц	$Z_s$ , Ом	$Z_p$ , Ом	$G_{max}$ , мСм	Q	$C_0$ , пФ	$C_m$ , фФ	$L_m$ , нГн	$R_m$ , Ом
1	2.9354	2.9463	10.9	31.33	179.6	26.39	676	1.10	8.2	359	9.8
2	2.8820	2.8938	11.8	30.4	133.2	28.1	369	0.91	9.0	338	16.6

## Заключение

- Представлена конструкция брэгговского отражателя, состоящего из четырех пар слоев  $\text{Mo-Al}$  и одной пары слоев  $\text{Mo-SiO}_2$  позволяет электрически соединять резонаторы с гальванически несвязанными верхними и нижними электродами.
- Использование пленки  $\text{SiO}_2$  в конструкции брэгговского отражателя приводит к изменению параметров SMR, в частности:
  - Резонансный промежуток увеличивается в 1.3 раза;
  - Добротность Q резонатора уменьшается на 10 %;
  - Частоты последовательного и параллельного резонансов сдвигаются в коротковолновую область на 8.6 МГц and 11.1 МГц, соответственно.
- Использование пленки  $\text{SiO}_2$  в конструкции брэгговского отражателя приводит к изменению эквивалентных электрических параметров SMR, в частности:
  - Значение динамической емкости увеличивается в 1.3 раза;
  - Значение динамической индуктивности уменьшается в 1.3 раза;
  - Значение динамического сопротивления увеличивается в 1.2 раза.
- Экспериментально изготовлены ОАВ-резонаторы с пленками  $\text{AlN}$ , работающими на частотах 2.8-3 ГГц, резонансный промежуток равен 11.8 МГц и  $Q = 369$ .

**Спасибо за внимание!**