

АНАЛИЗ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗЕРКАЛ КВАНТОВЫХ КАСКАДНЫХ ЛАЗЕРОВ СРЕДНЕГО ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА

К.А. Подгаецкий, Ю.Ю. Козлов, А.В. Лобинцов, М.А. Ладугин, А.А. Мармалюк

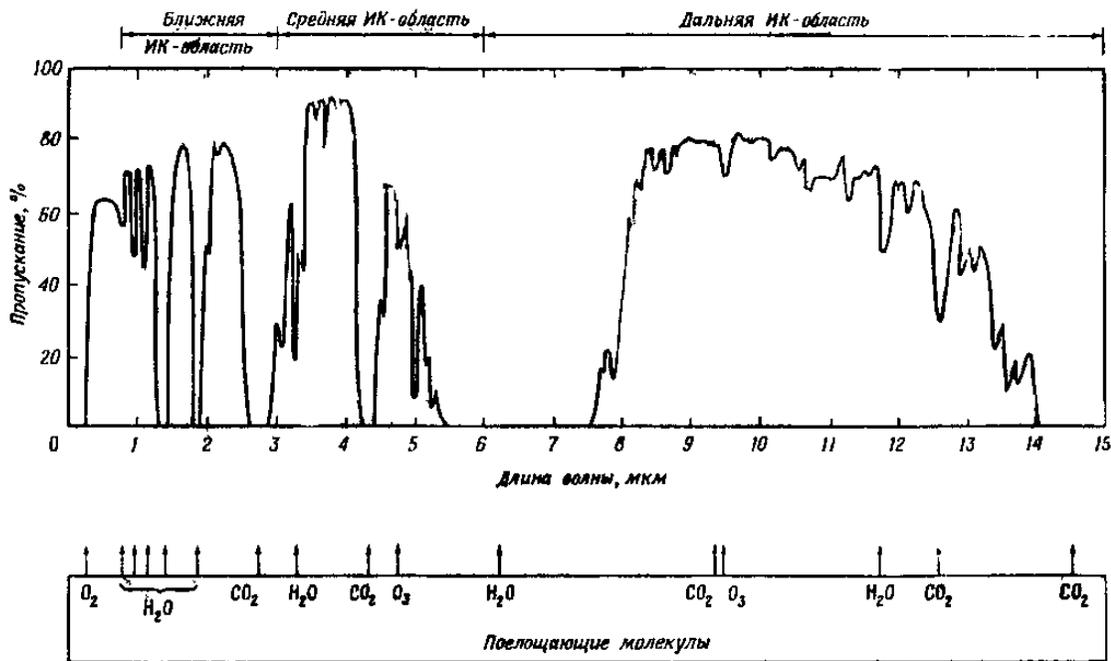
АО «НИИ «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха», Москва, Россия

E-mail: podgaetskykonstantin@yandex.ru

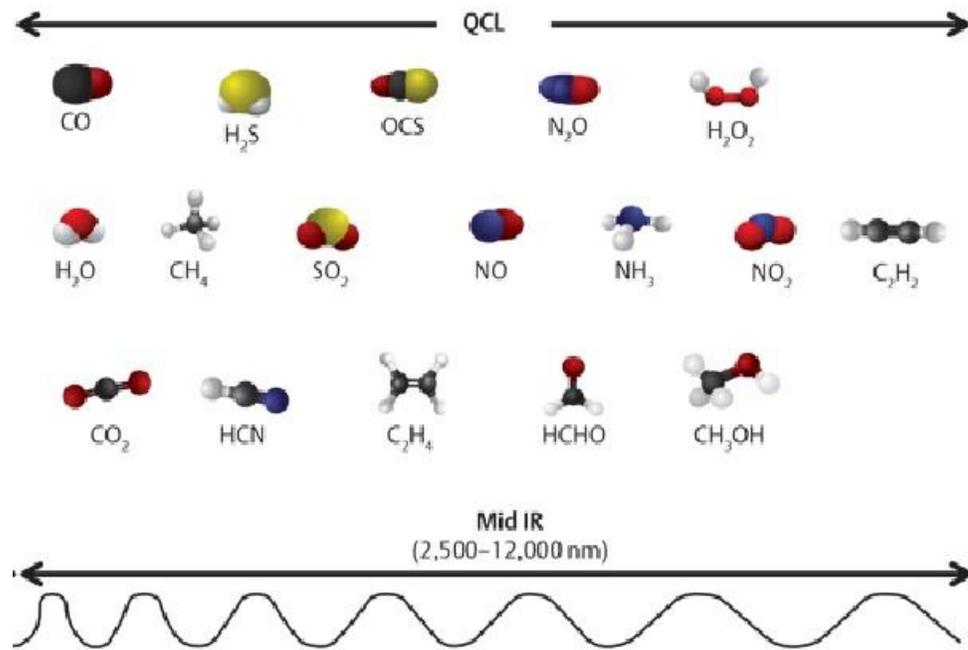
Москва, 2021.

Применения квантовых каскадных лазеров среднего инфракрасного диапазона длин волн

Инфракрасные окна прозрачности атмосферы

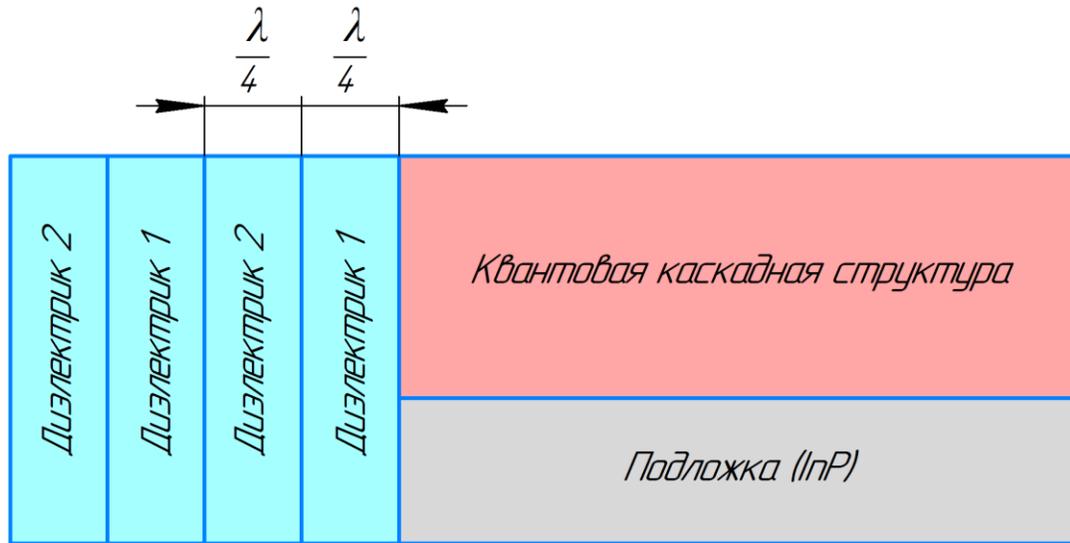


Детектируемые вещества в среднем ИК диапазоне



Структура расчета и основные зависимости

Схематичное изображение лазера с нанесенным диэлектрическим зеркалом



Формулы для расчета зеркального покрытия

$$M_j = \begin{bmatrix} \cos \theta_j & \frac{i}{n_j'} \sin \theta_j \\ i \cdot n_j' \sin \theta_j & \cos \theta_j \end{bmatrix}; M = \prod_{j=1}^j M_j$$

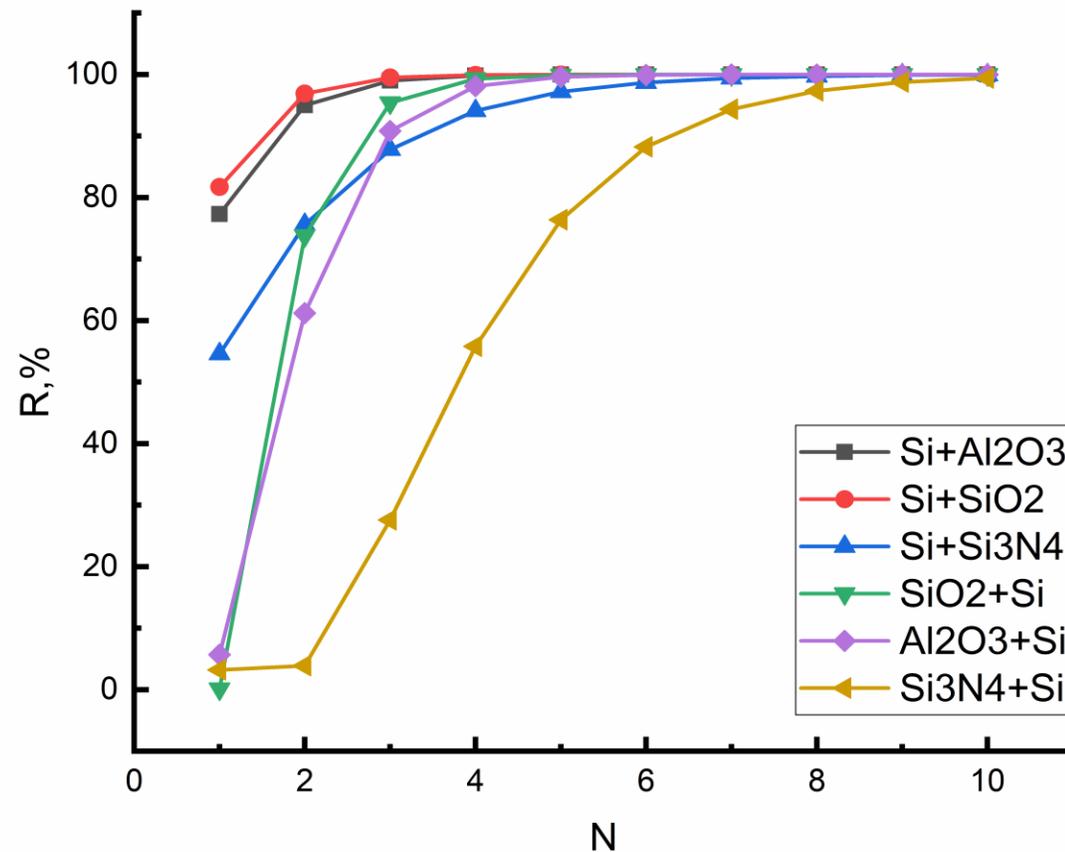
$$R = |r_o|^2; T = \frac{n_m}{n_o} |t_o|^2; A = 1 - R - T$$

$$r_o = \frac{n_o(m_{11} + in_m m_{12}) - (n_m m_{22} + im_{21})}{n_o(m_{11} + in_m m_{12}) + (n_m m_{22} + im_{21})}$$

$$t_o = \frac{2 \cdot n_o}{n_o(m_{11} + in_m m_{12}) + (n_m m_{22} + im_{21})}$$

Значение энергетического коэффициента отражения при разных конструкциях зеркального покрытия

Сходимость расчетов для разных пар диэлектриков для длины волны 4.3 мкм

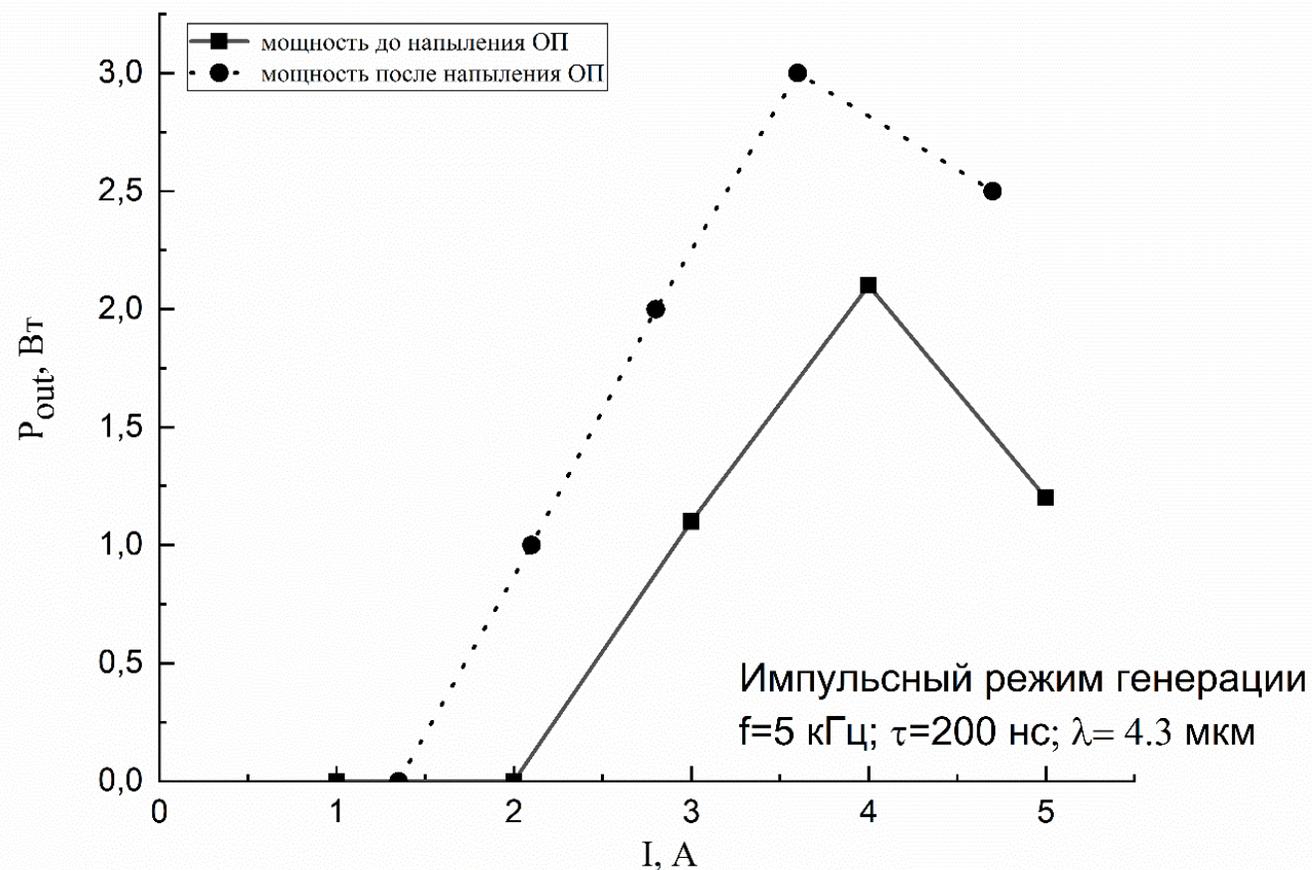


Результаты численных расчетов многослойного зеркального покрытия

Конструкция зеркала	Диэлектрик	Оптические константы		Количество пар диэлектриков, N	Энергетические коэффициенты		
		n	k		R, %	T, %	A, %
1	Si	3.4699	$5.8 \cdot 10^{-5}$	2	95	5	0
	Al ₂ O ₃	1.5464	0.00266				
2	Si	3.4699	$5.8 \cdot 10^{-5}$	2	96.9	3.1	0
	SiO ₂	1.3726	0.00052				
3	Si	3.4699	$5.8 \cdot 10^{-5}$	5	97.2	2.8	0
	Si ₃ N ₄	2.3662	0.00206				

Примечание: зеркала рассчитывались для длины волны 4.3 мкм

Ватт-амперная характеристика экспериментального квантового каскадного лазера



Выводы

- Произведен анализ и расчет диэлектрических зеркал для ККЛ среднего инфракрасного диапазона
- Изготовлены ККЛ без покрытий на гранях резонатора и с предложенным отражающим покрытием задней грани
- Прибор с предложенным дизайном многослойного диэлектрического зеркала позволил увеличить выходную оптическую мощность излучателя в 1,5 раза относительно прибора без нанесенного зеркального покрытия