

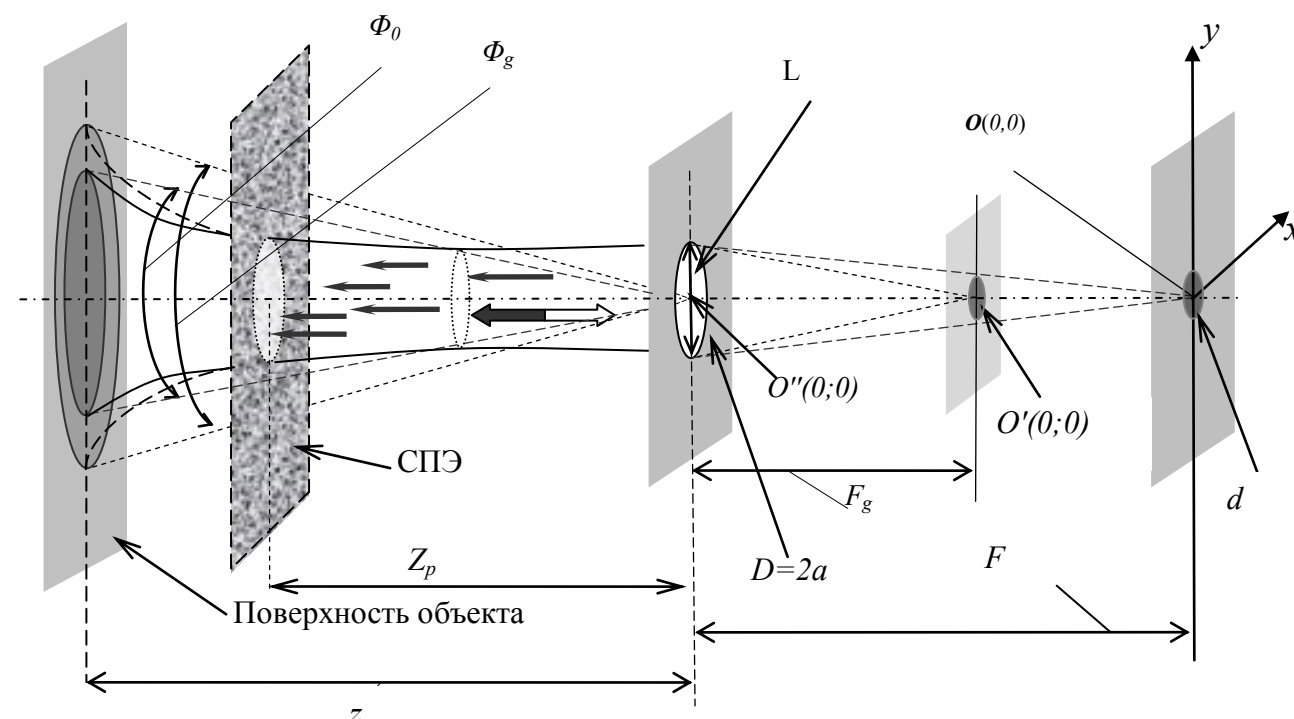
Использование оптических элементов для создания компактных схем зондирования в задачах определения трансформации пучка в рассеивающей среде

Г. П. Арумов, А. В. Бухарин

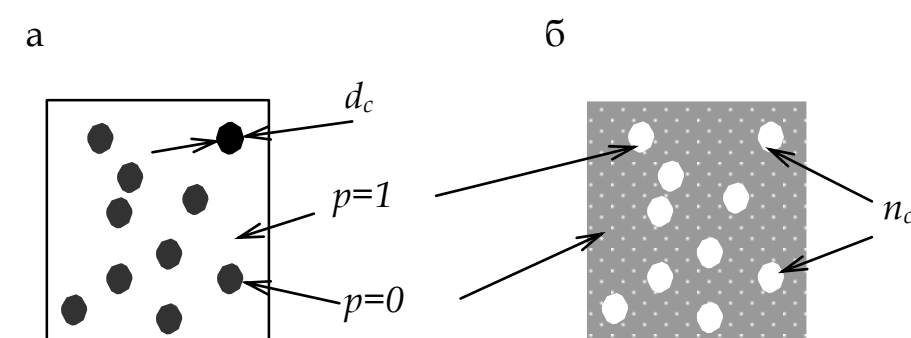
Институт космических исследований РАН, Москва, Россия. E-mail: tumbul@iki.rssi.ru

Рассмотрены оптимальные трассы дистанционного измерения эквивалентных сечений по изображениям частиц на экранах, полученных с некоторым увеличением. На таких трассах оптимальное расстояние между экраном и лидаром зависит от коэффициента увеличения.

Идеальная коаксиальная схема зондирования.

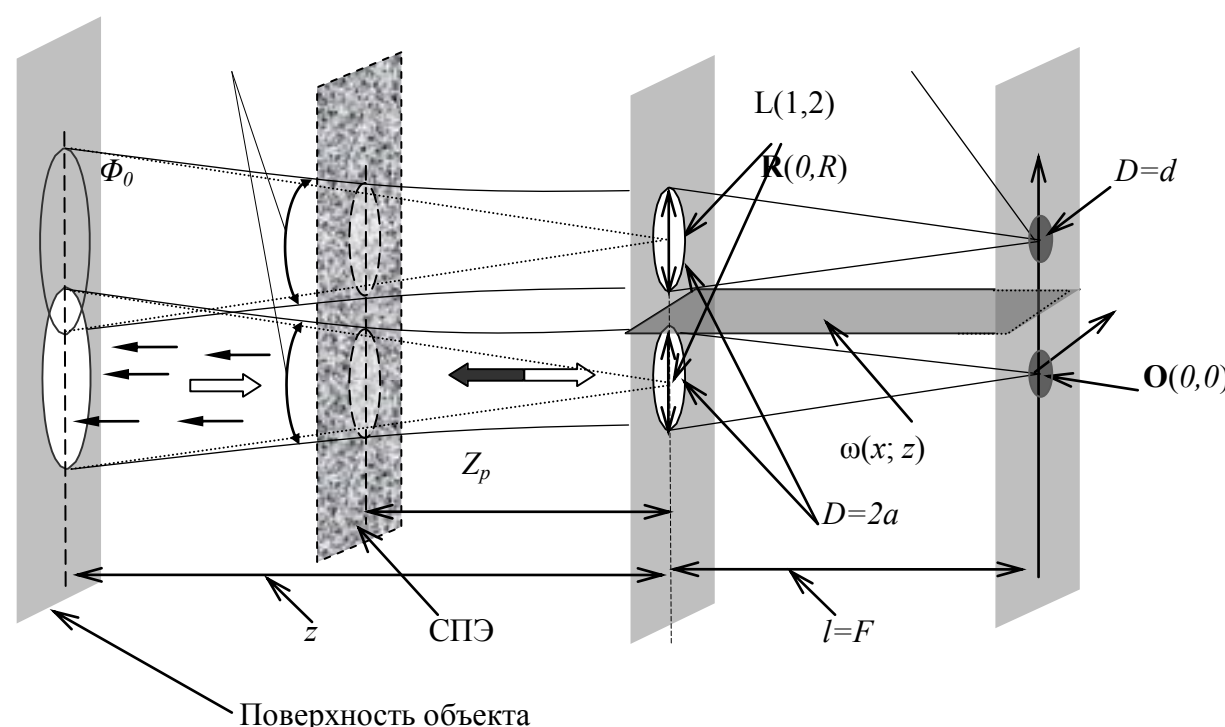


Созданный по изображениям частиц контрастный экран (СПЭ) p -типа (а), n -типа (б), d_c — поперечный размер изображений частиц, n_c — поверхностная плотность изображений частиц.



Φ_0 — угловой размер зондирующего пучка из точки O'' без СПЭ; Φ_g — угловой размер пучка (поля зрения), наблюдаемого из точки O'' с СПЭ; F — фокусное расстояние объектива; F_g — фокусное расстояние объектива, моделирующего угловой размер пучка Φ_g , L — объектив.

Идеальная двухпозиционная схема зондирования



1. поля зрения первого и второго приемных каналов Φ_{r1} , Φ_{r2} совпадают с угловым размером зондирующего пучка Φ_i на расстояниях $z > Z_p$: для рассматриваемой модели ДПС(2) $\Phi_i(z) = 2a(\Gamma^{-1})$,
2. предел геометрической оптики, т. е. $(l/l_d)^2 \ll 1$, $l_d = 2ka^2$ — дифракционная длина для отверстия, a — радиус отверстия, k — волновое число,
3. оптические оси всех каналов параллельны.

Двухпозиционная схема зондирования с двумя приемными каналами ДПС(2); $\omega(x; z)$ — темная бесконечно тонкая непрозрачная перегородка, для световой изоляции каналов. Нижняя схема — коаксиальная схема зондирования. Верхняя схема зондирования представляет собой приемный канал. Поля зрения нижней и верхней схем одинаковы.

Вывод. При использовании оптических элементов в виде линз в ближней зоне зондирующей системы возникает перетяжка пучка. После перетяжки поперечный размер пучка монотонно увеличивается, и его трансформация определяется методами геометрической оптики. На расстоянии $z=2a/\Phi_0$ поперечный размер пучка (поля зрения) приблизительно равен размеру выходной апертуры объектива. Это минимальное расстояние, которое может быть использовано для настройки схемы зондирования в задаче измерения микроструктуры частиц внутри заданного слоя (эквивалентное сечение и концентрация частиц) по угловому размеру ореола вокруг пучка. Оптимальной схеме соответствует случай, когда угловой размер ореола в приближении плоской волны равен угловому размеру пучка. При использовании СПЭ(п-типа) и СПЭ(р-типа) оптимальная схема измерений может быть реализована посредством линейного увеличения изображений частиц. Если СПЭ изготовлен с коэффициентом линейного увеличения $\Gamma=1$ для малых частиц (порядка 1 мкм), то СПЭ(п) следует располагать на расстоянии $z=2a/\Phi_0$ от входного объектива. Если $\Gamma=F/(\Phi_0 d)$, где d — поперечный размер частицы, то для оптимальной схемы измерений СПЭ следует располагать в плоскости выходного объектива. Таким образом, оптимальные схемы измерений могут быть получены, как посредством изменения расстояния между зондируемым слоем и лидаром на трассах с фиксированной дальностью, так и по линейному увеличению изображений частиц на перфорированном экране (СПЭ(п)). Чем дальше слой находится от лидара, тем меньше должно быть поперечное сечение частиц. Поскольку эквивалентное сечение рассеивающих частиц в слое определяется однозначно только по угловому размеру ореола вокруг пучка, то для его измерения необходимо применение двухпозиционных схем. Восстановленная микроструктура эквивалентного слоя, определяемая минимальным количеством восстанавливаемых параметров, делает обоснованным применение методов дистанционного зондирования для приземных слоев атмосферы, содержащих несферические частицы с различными оптическими свойствами.

Литература

- [1]. Г. П. Арумов, А. В. Бухарин. Трехмерные экраны для измерения ненормализованных моментов. Журнал "Измерительная техника", 2018, №9, стр 44 - 48.
- [2]. Г. П. Арумов, А. В. Бухарин. Ненормализованные моменты в задаче идентификации рассеивающих частиц по сечениям. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019, Том 16, N 1, стр 72-79.
- [3]. Арумов Г. П., Бухарин А. В., Блих Ю. М. Метод определения аппаратной функции для лидара-нефелометра упругого рассеяния с коаксиальной схемой зондирования. Журнал "Измерительная техника", 2015, №4, Ч. 1, стр 28 - 32.