

Поляризационная телевизионная видеокамера

Е. А. Сасим

Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
sasim_k@mail.ru

Аннотация. Поляризационная камера получает информацию о поляризации от объекта. Свет содержит информацию об амплитуде яркости, длине волны, цвете и поляризации. Хотя люди способны ощущать яркость и цвет видимого света, мы не можем воспринимать информацию о поляризации. Поляризационная камера облегчает получение информации об ориентации поверхности трудно различимых одноцветных объектов и распознает трудно различимые отличия между прозрачными и непрозрачными поверхностями. Возможен широкий спектр применений, в том числе автоматизация производства, а также безопасность фармацевтики и пищевая промышленность. Благодаря точной установке поляризационного фильтра поляризационная камера получает информацию о поляризации в режиме реального времени, что облегчает работу человека во многих сферах деятельности.

Ключевые слова: поляризация, поляризационная камера

I. ВВЕДЕНИЕ

Поляризационная камера получает информацию о поляризации от объекта. Свет содержит информацию об амплитуде (яркости), длине волны (цвете) и поляризации. Хотя люди способны ощущать яркость и цвет видимого света, мы не можем воспринимать информацию о поляризации. Насекомые со сложными глазами обладают способностью ощущать поляризацию, и считается, что они воспринимают мир совершенно отличный от нашего.

Поляризационная камера облегчает получение информации об ориентации поверхности трудно различимых одноцветных объектов и распознает трудно различимые отличия между прозрачными и непрозрачными поверхностями. Возможен широкий спектр применений, в том числе, конечно, автоматизация производства, а также безопасность, фармацевтика и пищевая промышленность.

II. Принцип действия

Поляризация света – это свойство света, заключающееся в перпендикулярном распространении векторов напряженности электрического и магнитного полей световой волны в плоскости, в которой свет распространяется [1]. С помощью определенных приборов можно выделить из пучка естественного света часть, в которой колебания вектора E в только одном определенном направлении, перпендикулярном самому лучу, то есть выделенный свет будет линейно поляризованным.

Такие приборы называются поляризаторами. Они пропускают только колебания, происходящие параллельно некоторой плоскости, называемой плоскостью поляризации прибора, и полностью задерживают ортогональные колебания. В 1852 г. Джордж Габриэль Стокс предложил альтернативное описание поляризации с помощью четырех параметров, получивших его имя. Представление параметров Стокса показано в уравнении ниже [2]. Четыре параметра объединяются в матрицу столбцов, которая называется столбцовый параметр:

$$S = \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I \\ Q \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_0 + I_{90} \\ I_0 - I_{90} \\ I_{135} - I_{45} \\ I_L - I_R \end{bmatrix}$$

где I – это полная интенсивность, сумма поляризованных изображений (0° и 90°); Q – разница между I_0 и I_{90} ; U представляет собой разницу между поляризованными изображениями в 45° и 135° ; V – это разность между левосторонним круговым поляризованным изображением (I_L) и правосторонним круговым поляризованным изображением (I_R). Но на практике круговая и эллиптическая поляризации редки, поэтому далее параметры Стокса будут обозначаться как I, Q, U , компонент V будет опущен.

Поскольку датчик на камере может измерять только интенсивность, которая является первым компонентом вектора Стокса, четыре значения интенсивности могут быть получены путем выбора первого компонента в каждом векторе Стокса для 0° , 45° , 90° и 135° . После нахождения параметров Стокса вычисляем $DOLP$ (степень линейной поляризации) по формуле:

$$DOLP = \sqrt{\frac{Q^2 + U^2}{I}},$$

где Q – разница между I_0 и I_{90} ; U – разница между поляризованными изображениями в 45° и 135° ; V – это разность между левосторонним круговым поляризованным изображением (I_L) и правосторонним круговым поляризованным изображением (I_R). Угол линейной поляризации находится по формуле:

$$AoLP = \frac{1}{2} \arctg \frac{U}{Q},$$

где Q и U – параметры Стокса. Q – разница между I_0 и I_{90} ; U – разница между поляризованными изображениями в 45° и 135° .

Получение исчерпывающей информации о поляризации света затруднительно, поскольку необходимо провести четыре самостоятельных измерения, а затем обработать полученные данные. Принцип действия вышеуказанных камер базируется на том факте, что совершенно любому отраженному свету (в зависимости от угла падения) присуща определенная степень поляризации. Такие поляризационные камеры используются во многих областях.

III. ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ КАМЕР

При помощи поляризационной камеры возможно не только определить геометрию предметов, но и получить информацию о поверхностях, которую невозможно получить с помощью обычных камер.

Поляризация содержит ценную информацию об отображаемой среде, например, свойства материала и ткани, шероховатость поверхности, структурный состав и иную формацию об трёхмерной форме.

При использовании поляризационной камеры мы можем проверить наличие (или же отсутствие) искажений при прохождении света через прозрачный или полупрозрачный объект (рис. 1 и 2).

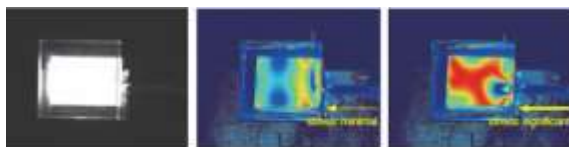


Рис. 1. Наблюдение искажений на стекле

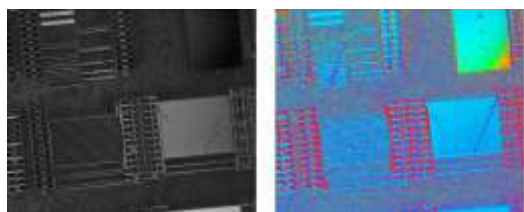


Рис. 2. Проверка полупроводниковой пластины

При помощи поляризационной камеры возможна проверка контактных линз на наличие дефектов, отклонений и неоднородности (рис. 3).

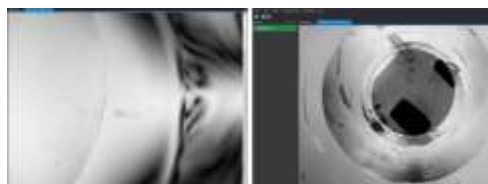


Рис. 3. Проверка контактной линзы

Используя поляризационную камеру можно определять формы предметов и различать их друг от друга (рис. 4).

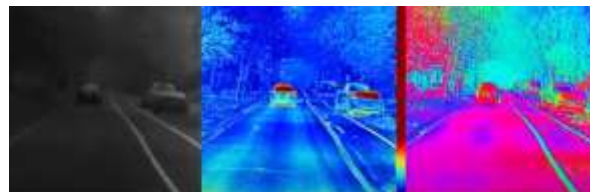


Рис. 4. Изменение видимости машины в тумане с использованием поляризационной камеры

В ходе изучения загрязнения окружающей было выявлено, что полиэтиленовые пакеты и пластиковые упаковки нередко сливаются с фоном, например, с песком, водой, пеной, которая образуется на берегу морей и океанов. Использование поляризационных камер (рис. 5) облегчает обнаружение прозрачных объектов (полиэтилена, пластика).

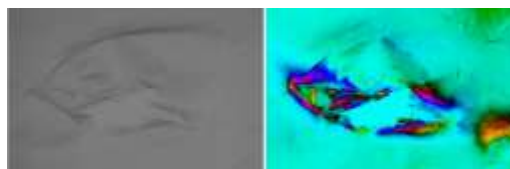


Рис. 5. Определение формы пластиковой упаковки с использованием поляризационной камеры

Поляризационные камеры используются в обнаружении техники, сливающейся с фоном, например, лодки (рис. 6).

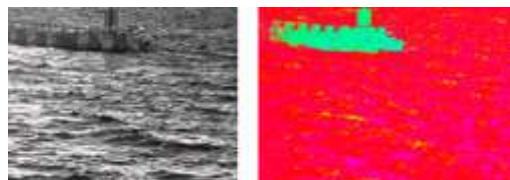


Рис. 6. Обнаружение сливающейся с водой лодки с использованием поляризационной камеры

Кроме того, существуют ситуации, когда предметы расположены близко друг к другу и находятся под определённым освещением таким образом, что становится невозможно различить предметы друг от друга (рис. 7 и 8).



Рис. 7. Определение форм сливающихся объектов



Рис. 8. Определение граней сливающихся объектов

Такие камеры возможно использовать во многих областях, в том числе и медицине, автоматизации производства, фармацевтике и пищевой промышленности.

IV. УСТРОЙСТВО ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ КАМЕР

Существует три вида устройств поляризационной камеры. В первом случае используются несколько зеркальных камер, столько же поляризационных фильтров, устройство запуска, коммутатор и персональный компьютер. Во втором случае для получения поляризационной информации на зеркальную камеру устанавливается фильтр (прикрепляется перед объективом). На рис. 9 показан третий вид конфигурации поляризационной камеры [3].

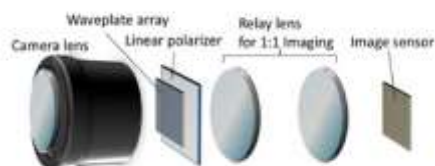


Рис. 9. Конфигурация поляризационной камеры

Световое изображение передаётся через матрицу волновых пластин и линейный поляризатор на датчик изображения с помощью линзы реле, увеличение которой составляет 1,0.

Матрица волновых пластин и линейный поляризатор были установлены так, что относительное положение между матрицей волновых пластин и датчиком изображения могут быть отрегулировано. Наблюдаемый объект может быть в сфокусирован на датчике

изображения путём регулировки объектива камеры. Далее для анализа поляризации распределение интенсивности обрабатывается с помощью программного обеспечения.

V. ВЫВОДЫ

Поляризационная камера облегчает получение информации об ориентации поверхности трудно различимых одноцветных объектов и распознает трудно различимые отличия между прозрачными и непрозрачными поверхностями. Возможен широкий спектр применений, в том числе автоматизация производства, а также безопасность, фармацевтика и пищевая промышленность. Благодаря точной установке поляризационного фильтра поляризационная камера получает информацию о поляризации в режиме реального времени, что облегчает работу человека во многих сферах деятельности. Дальнейшие перспективы исследования заключаются в изучении других устройств поляризационной камеры и дальнейшем проведении экспериментальных исследований с их использованием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Поляризация света // Physics.ru URL: <https://physics.ru/courses/op25part2/content/chapter3/section/paragraph11/theory.html#.XszzREQzbIU> (дата обращения: 12.02.2021).
- [2] Polarization Demosaicking for Monochrome and Color Polarization Focal Plane Arrays / Simeng Qiu, Qiang Fu, Congli Wang and Wolfgang Heidrich [et al.] // King Abdullah University of Science and Technology (KAUST), Saudi Arabia. 2018. 51. 055106.
- [3] Polarization imaging camera with a waveplate array fabricated with a femtosecond laser inside silica glass / Takafumi Ohfuchi, Masaaki Sakakura [et al.] // Next Generation Laser Processing Technology Research Association, Kyoto 615-8245, Japan. 2016. 49. 28510.