

07;11

## Особенности применения лазерных диодов в линейных измерениях

© В.Н. Демкин, Д.С. Доков, В.Е. Привалов

С.-Петербургский государственный политехнический университет  
E-mail: VEP@peterlink.ru

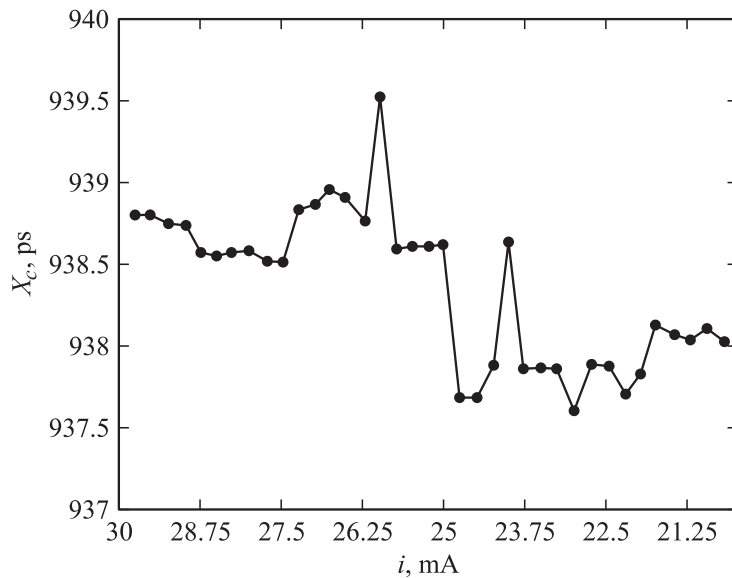
Поступило в Редакцию 12 января 2004 г.

Обнаружена зависимость локализации излучающей области лазерного диода от тока. Показано, как это явление и поляризация излучения могут влиять на точность линейных измерений.

Линейные измерения на эталонном уровне требуют применения наиболее когерентных источников излучения — стабилизированных газоразрядных лазеров [1,2]. Для многих рабочих средств линейных измерений допустимо применение лазерных диодов. К ним относятся триангуляционные измерители геометрических размеров.

В работах [3–5] рассматривалась зависимость точности измерения лазерных триангуляционных измерителей от различных факторов, но влияние параметров лазерного излучения на точность измерений практически не изучено.

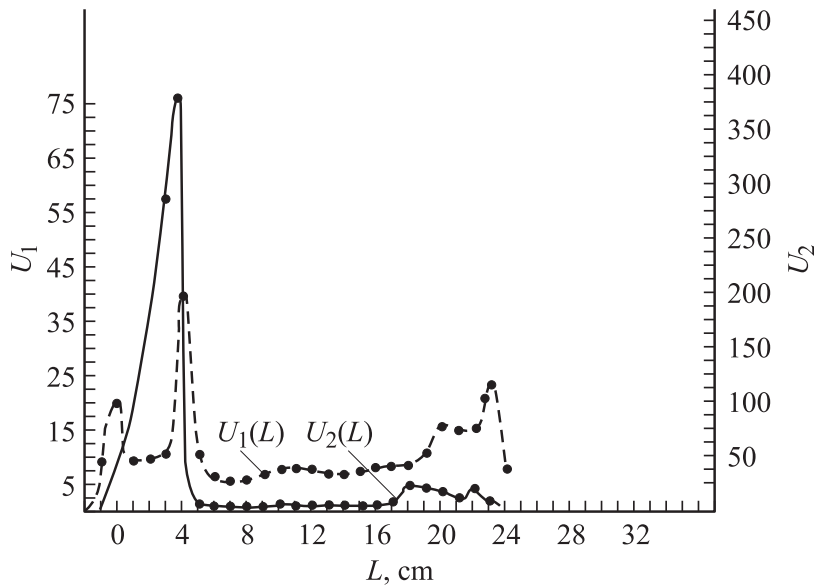
Информация об измеряемом размере содержится в координатах центра пятна зондирующего излучения, определяемых по изображению пятна на фотолинееке прибора с зарядовой связью (ПЗС). Точность определения координат зависит не только от способа определения, но и от стабильности распределения плотности мощности (РПМ) по сечению изображения пятна. Изменение тока существенно влияет на все характеристики лазерного диода, так как при этом изменяется РПМ в сечении изображения пятна лазерного излучения на фотолинееке и соответственно координаты центра пятна зондирующего излучения. Исследование этого эффекта на лазерных диодах фирмы LUMEX показывает (рис. 1), что при изменении тока на 3 мА координата изображения центра пятна смещается примерно на 0.5 пиксела, что для фотолинееки ПЗС с количеством пикселов 2048 соответствует 0.025%.



**Рис. 1.** Зависимость координаты центра пятна от величины тока лазерного диода.

Наиболее вероятными причинами, способствующими смещению центра РПМ при изменении тока, являются конкуренция мод и „шум спеклов“, описанный в [3]. Резкий характер изменения координат центра пятна (рис. 1) дает основания полагать, что преобладающим в этом процессе является конкуренция мод. Это явление наряду с „шумом спеклов“ накладывает физическое ограничение на достижение максимальной точности лазерного триангуляционного измерителя.

Излучение полупроводникового лазера обычно поляризовано. Положение плоскости поляризации влияет на характер отражения от измеряемой поверхности. Коэффициент отражения зависит как от угла падения, так и от азимутального угла между вектором поляризации и плоскостью падения [6,7]. Расчет влияния поляризационных характеристик на коэффициент отражения достаточно сложен, так как поверхность не всегда является гладкой. Точность измерения в значительной мере определяется изменением коэффициента отражения при

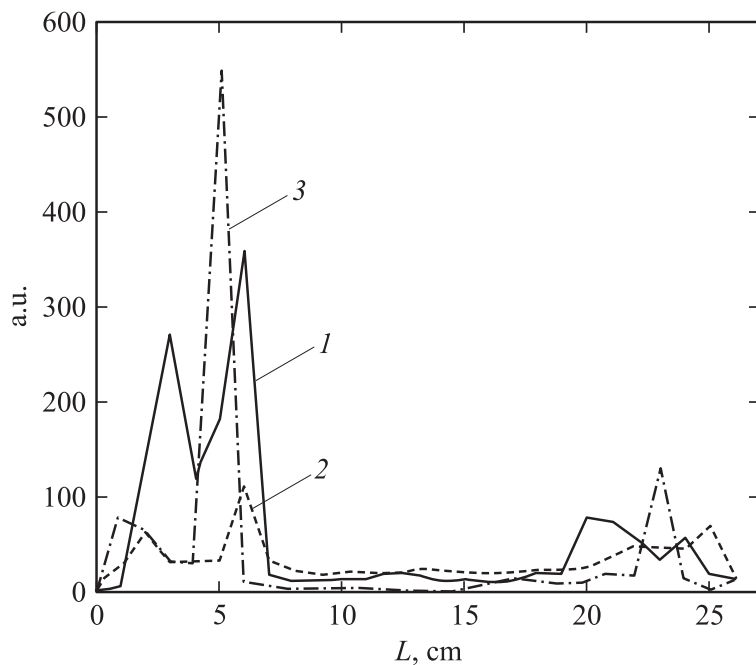


**Рис. 2.** Измерение коэффициента отражения  $R$  при сканировании по поверхности катания колеса:  $U_1$  — падающее лазерное излучение поляризовано в плоскости падения;  $U_2$  — падающее лазерное излучение поляризовано перпендикулярно плоскости падения.

сканировании поверхности в лазерном триангуляционном измерителе. Поэтому исследование влияния поляризационных характеристик на коэффициент отражения проводилось экспериментально. В качестве объекта исследовалась поверхность катания железнодорожного колеса.

Для получения зависимостей коэффициента отражения от угла и формы поверхности осуществляется сканирование луча по поверхности колеса. Зависимости имеют резкий максимум на участке, когда угол падения близок к углу наблюдения (рис. 2).

Однако величина максимума существенно зависит от ориентации плоскости поляризации падающего пучка. Наименьший разброс интенсивности в отраженном сигнале будет наблюдаться в том случае, когда поляризация зондирующего лазерного пучка ортогональна плоскости падения.



**Рис. 3.** Зависимость интенсивности отраженного сигнала от положения лазерного пучка на поверхности обода: 1 — лазерный пучок диаметром 0.7 mm; 2 — 3.5 mm; 3 — 5 mm.

Одним из важнейших параметров, определяющих точность измерений, является диаметр зондирующего лазерного пучка. Можно предположить, что чем меньше диаметр, тем выше точность измерений. Однако это справедливо лишь для поверхности с изотропной шероховатостью. Достаточно часто реальные поверхности имеют фрактальный характер, т.е. содержат выбоины, сколы, раковины, заусеницы. В этом случае, как показали исследования, оптимальный с точки зрения точности измерений диаметр зондирующего пучка будет определяться свойствами поверхности. Для поверхности катания железнодорожного колеса зависимости интенсивности отраженного сигнала для различных диаметров лазерного пучка сильно отличаются (рис. 3).

Максимальный динамический диапазон и максимальный всплеск интенсивности имеют место при сфокусированном излучении лазерного пучка. Увеличение диаметра пучка более 3–4 мм не приводит к уменьшению динамического диапазона. Полученную зависимость от диаметра пучка можно объяснить фрактальностью поверхности обода колеса, причем размеры неровностей соизмеримы с диаметром лазерного пучка на поверхности обода. Поэтому оптимальным для данного случая можно считать диаметр 3–4 мм.

## Список литературы

- [1] Привалов В.Е. Газоразрядные лазеры в судовых измерительных комплексах. Л., 1977. 152 с.
- [2] Привалов В.Е. Газоразрядные лазеры в измерительных комплексах. Л., 1989. 260 с.
- [3] Dorsch R., Hausler G., Herrmanb J. // Appl. Opt. 1994. V. 33. N 7. P. 1306.
- [4] Плотников С.В. // Автометрия. 1995. № 6. С. 58–63.
- [5] Вертопрахов В.В. // Автометрия. 1995. № 6. С. 64–68.
- [6] Бутиков Е.И. Оптика. М.: Высшая школа, 1986. 512 с.
- [7] Буткевич В.И., Демкин В.Н., Привалов В.Е. // Опт. и спектр. 1987. Т. 62. № 1. С. 140–148.