

**STUDY OF REACTIONS  $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma/\gamma\gamma\gamma$**   
**AT LEP ENERGIES**

A dissertation submitted to the  
**SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
ZURICH**

for the degree of Doctor of Natural Sciences

presented by

Manat Maolinbay

Dipl. Phys. Xinjiang University, Urumqi, China

Born on November 26, 1961

Citizen of P.R. China

Accepted on the recommendation of

Prof. Dr. H. Hofer	examiner
Prof. Dr. F. Pauss	co-examiner
PD Dr. J. Ulbricht	co-examiner

1995



## Abstract

Within the Standard Model, the reaction  $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma(\gamma)$  remains a non-resonant Quantum Electrodynamics (QED) process without electro-weak interferences at the  $Z^0$  pole region. Therefore it is an ideal process to test QED and to detect the presence of non-standard physics. In this thesis the reaction  $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma(\gamma)$  is studied with the data accumulated by the L3 detector during the 1991, 1992 and 1993 LEP running periods. A sample of 1882 events is selected as  $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma(\gamma)$  candidates from about two million recorded  $Z^0$  events. The total and differential cross-sections of the process are measured. The measurements are in very good agreements with the QED predictions up to the order of  $O(\alpha^3)$ . At 95% confidence level, lower limits on mass of an excited electron  $Me^*$ , on cutoff parameter  $\Lambda_6$  for a contact  $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma(\gamma)$  interaction and cutoff parameter  $\Lambda_S$  for a composite model interaction are set as follows:

$$\begin{aligned} Me^* &> 154 \text{ GeV}, \\ \Lambda_6 &> 628 \text{ GeV}, \\ \Lambda_S &> 1.2 \text{ GeV}. \end{aligned}$$

The kinematics and total cross-section of higher order reaction  $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma\gamma$  are also measured; no deviations from the QED predictions are observed.

A search for rare or forbidden  $Z^0$  decays with photonic final states is also carried out. At 95% confidence level, upper limits on the branching ratios are set as follows:

$$\begin{aligned} \text{Br}(Z^0 \rightarrow \gamma\gamma) &< 5.2 \times 10^{-5}, \\ \text{Br}(Z^0 \rightarrow \pi^0\gamma) &< 5.2 \times 10^{-5}, \\ \text{Br}(Z^0 \rightarrow \eta\gamma) &< 7.2 \times 10^{-5}, \\ \text{Br}(Z^0 \rightarrow \gamma\gamma\gamma) &< 0.89 \times 10^{-5}. \end{aligned}$$

## Zusammenfassung

Innerhalb des Standardmodells bleibt die Reaktion  $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma(\gamma)$  im Bereich des  $Z^0$  Pol ein nicht resonanter quantenelektrodynamischer (QED)-Prozess ohne elektroschwache Interferenzbeiträge. Deshalb kann dieser Prozess sowohl als Test der QED als auch zum Nachweis von Physik ausserhalb des Standardmodells dienen.

In dieser Arbeit wird die Reaktion  $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma(\gamma)$  unter Verwendung der in den Jahren 1991, 1992 und 1993 mit dem L3-Detektor am LEP gemessenen Daten untersucht. Aus insgesamt zwei Millionen  $Z^0$  Ereignissen wurden 1882 als  $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma(\gamma)$  Kandidaten ausgewählt und damit der totale und differentielle Wirkungsquerschnitt gemessen. Die Messungen stimmen bis zu  $O(\alpha^3)$  mit den Vorhersagen der QED sehr gut überein. Daraus erhält man als untere Grenze für die Masse angeregter Elektronen  $Me^*$ , den Abschneideparameter  $\Lambda_6$  für die Annahme einer  $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma(\gamma)$  Kontaktwechselwirkung bzw.  $\Lambda_5$  für eine 'composite model' Wechselwirkung:

$$Me^* > 154 \text{ GeV},$$

$$\Lambda_6 > 628 \text{ GeV},$$

$$\Lambda_5 > 1.2 \text{ GeV}.$$

Die Kinematik und Ereignisraten für  $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma\gamma$  Prozesse höherer Ordnung wird ebenfalls gemessen. Hierbei wurden keine Abweichungen von den QED-Vorhersagen gefunden.

Ebenso wird eine Suche nach seltenen  $Z^0$  Zerfällen mit Photonen als Endzustand durchgeführt. Für die Verzweigungsverhältnisse erhält man als obere Grenze mit 95% statistischer Sicherheit:

$$\text{Br}(Z^0 \rightarrow \gamma\gamma) < 5.2 \times 10^{-5},$$

$$\text{Br}(Z^0 \rightarrow \pi^0\gamma) < 5.2 \times 10^{-5},$$

$$\text{Br}(Z^0 \rightarrow \eta\gamma) < 7.2 \times 10^{-5},$$

$$\text{Br}(Z^0 \rightarrow \gamma\gamma\gamma) < 0.89 \times 10^{-5}.$$