Résumé

L'étude détaillée des distributions transverses du halo du faisceau est importante du point de vue des pertes de faisceau et du contrôle du bruit de fond dans ATF2 et les futurs collisionneurs linéaires (FLC). Un nouveau type de capteur diamant sous vide (DSv) déplacable, avec quatre pistes, a été conçu et développé pour la mesure des distributions transverses du halo du faisceau et la détection du spectre des électrons de recul Compton après le point d'interaction (IP) d'ATF2, qui est un prototype à basse énergie (1.3 GeV) de la section de focalisation finale pour les projets de collisionneurs linéaires ILC et CLIC.

Cette thèse présente les études du halo du faisceau et des électrons de recul Compton, ainsi que la caractérisation, les études de performance et les tests des capteurs diamant (DS), tant sur PHIL, un photo-injecteur à basse énergie (<10 MeV) au LAL, que sur ATF2. Les résultats des premières mesures du halo du faisceau, utilisant des wire scanner (WS) et un DSv, sur ATF2 sont également présentés et comparés dans cette thèse.

Des simulations utilisant Mad-X et CAIN ont été réalisées afin d'estimer le nombre d'électrons composant le halo du faisceau ainsi que le nombre d'électrons de recul Compton. Les résultats des simulations ont indiqué qu'une grande gamme dynamique, supérieure 10^6, est nécessaire pour une mesure simultanée du cœur du faisceau, du halo du faisceau et des électrons de recul Compton. Un DSv mono-cristallin, fabriqué par CVD (Chemical Vapor Deposition), a été développé dans ce but.

Avant l'installation du capteur diamant, une première tentative de mesure du halo du faisceau a été effectuée en 2013, en utilisant les wire scanners (WS) actuellement installés sur ATF2. En raison de leur dynamique limitée de $\sim 10^3$, la distribution du halo du faisceau a été mesurée seulement jusqu'à $\sim \pm 6\sigma$ dans la ligne d'extraction (EXT). Un paramétrage des distributions mesurées du halo du faisceau a montré que les distributions mesurées sont cohérentes avec des mesures faites précédemment, en 2005, sur l'ancienne ligne faisceau d'ATF. Durant ces mesures, une distribution asymétrique

du halo vertical du faisceau a été observée pour la première fois en utilisant le WS situé après l'IP, son origine est actuellement sous investigation en utilisant le DSv.

Des études pour caractériser des capteurs diamants de dimensions $4.5 \times 4.5 \times 0.5$ mm^3 ont été réalisées en utilisant des sources α et β. Les paramètres de transport des porteurs de charge (durée de vie, vitesse de saturation, etc.) ont été obtenus en utilisant la technique des courants transitoires (TCT). Par ailleurs, la linéarité de la réponse du DS a été testée sur PHIL avec différentes intensités de faisceau après la fenêtre de sortie de d'accélération. Un signal maximum de 10^8 électrons a été mesuré, avec une réponse linéaire jusqu'à 10^7 électrons. Des études similaires de la linéarité ont été faites pour le DSv sur ATF2. Nous avons pu y exploiter avec succès, pour la première fois une gamme dynamique de $\sim 10^6$, permettant de mesurer simultanément le cœur du faisceau ($\sim 10^9$ électrons) et le halo du faisceau ($\sim 10^3$ électrons). Le pick-up électromagnétique induit par le passage du cœur du faisceau et des effets de saturation, qui sont les limitations empêchant actuellement le DSv d'atteindre une gamme dynamique supérieure à 10^6, ont également été identifiés et étudiés.

Les premières mesures de la distribution horizontale du halo, en utilisant le DSv, ont été effectuées jusqu'à $\pm 20\sigma_x$, et ont permis de prouver que le halo du faisceau est collimaté par les ouvertures de la ligne ATF2. Une distribution horizontale du halo compatible avec les paramétrages de 2005 et 2013 a été confirmée. La possibilité de détecter les électrons de recul Compton a été étudiée. Différentes solutions pour accroître la sensibilité des mesures ont été proposées.

Mots-clés: Capteur diamant, halo du faisceau, électrons de recul Compton, ATF2, wire scanner

Abstract

The investigation of beam halo transverse distributions is an important issue for beam losses and background control in ATF2 and in Future Linear Colliders (FLC). A novel *in vacuum* diamond sensor (DSv) scanner with four strips has been designed and developed for the investigation of beam halo transverse distributions and also for the diagnostics of Compton recoil electrons after the interaction point (IP) of ATF2, a low energy (1.3 GeV) prototype of the final focus system for ILC and CLIC linear collider projects.

This thesis presents the beam halo and Compton recoil electrons studies as well as the characterization, performance studies and tests of the diamond sensors (DS) both at PHIL, a low energy ($<$ 10 MeV) photo-injector at LAL, and at ATF2. First beam halo measurement results using wire scanners (WS) and DSv at ATF2 are also presented and compared in this thesis.

Simulations using Mad-X and CAIN were done to estimate the rate of the beam halo and Compton recoil electrons. Simulation results have indicated that a large dynamic range of more than 10^6 is needed for a simultaneous measurement of the beam core, beam halo and Compton recoil electrons. A single crystalline Chemical Vapor-Deposition (sCVD) based DSv was developed for this purpose.

Prior to the diamond detector installation, first attempt of beam halo measurements have been performed in 2013 using the currently installed WS. With a limited dynamic range of $\sim 10^3$, the beam halo distribution was measured only up to $\sim \pm 6\sigma$ in the extraction (EXT) line. Parametrizations of the measured beam halo distribution showed a consistent distribution with previous measurements done in 2005 at the old ATF beam line. Meanwhile, an asymmetric vertical beam halo distribution was observed for the first time using the post-IP WS, the origin of which is currently under investigation using the DSv.

Studies to characterize DS pads with dimensions of $4.5 \times 4.5 \times 0.5\ mm^3$ were carried out using the α and β sources. Charge carrier transport parameters (lifetime, saturation

velocity etc.) were obtained using the transient-current technique (TCT). Furthermore, the linearity of the DS response was tested at PHIL with different beam intensities in air: a maximum signal of 10^8 electrons was measured with a linear response up to 10^7 electrons. Similar linearity studies were done for the DSv at ATF2, where we have successfully demonstrated and confirmed for the first time a dynamic range of $\sim 10^6$ by a simultaneous beam core ($\sim 10^9\ e^-$) and beam halo ($\sim 10^3\ e^-$) measurement using the DSv. Present limitations due to signal pick-up and saturation effects, which prevent the DSv from reaching a dynamic range higher than 10^6, were also studied.

First measurements of the horizontal beam halo distribution using the DSv were performed up to $\pm 20\sigma_x$, where the beam halo was proved to be collimated by the apertures. Horizontal beam halo distributions consistent with the 2005 and 2013 parametrizations were confirmed. The possibility of probing the Compton recoil electrons has been investigated and different ways to increase their visibility have been proposed.

Keywords: Diamond sensor, Beam halo, Compton recoil electrons, ATF2, Wire scanner