

39. Detekcia pozitronovo–anihilačných procesov pomocou metódy doby života pozitronov

1. Všeobecná časť

Všetky techniky skúmania materiálov pozitronmi sú založené na analýze anihilačného žiarenia. Elektrón–pozitronové páry sa pri premene hmoty na žiarenie zmenia na dva anihilačné fotóny s energiami 511 keV. Po zachytení pozitronu v objemovom defekte sa anihilačné parametre menia nasledujúcim spôsobom. Doba života pozitronu narastá z dôvodu nižšej hustoty elektrónov („nedostatok“ elektrónov pre anihiláciu). Zákon zachovania momentu pri anihilácii a vyžiarení dvojice anihilačných fotónov zapríčiňuje malú odchýlku uhla kolineárnych fotónov (princíp uhlovej korelácie), alebo Dopplerovo posunutie anihilačných energií.

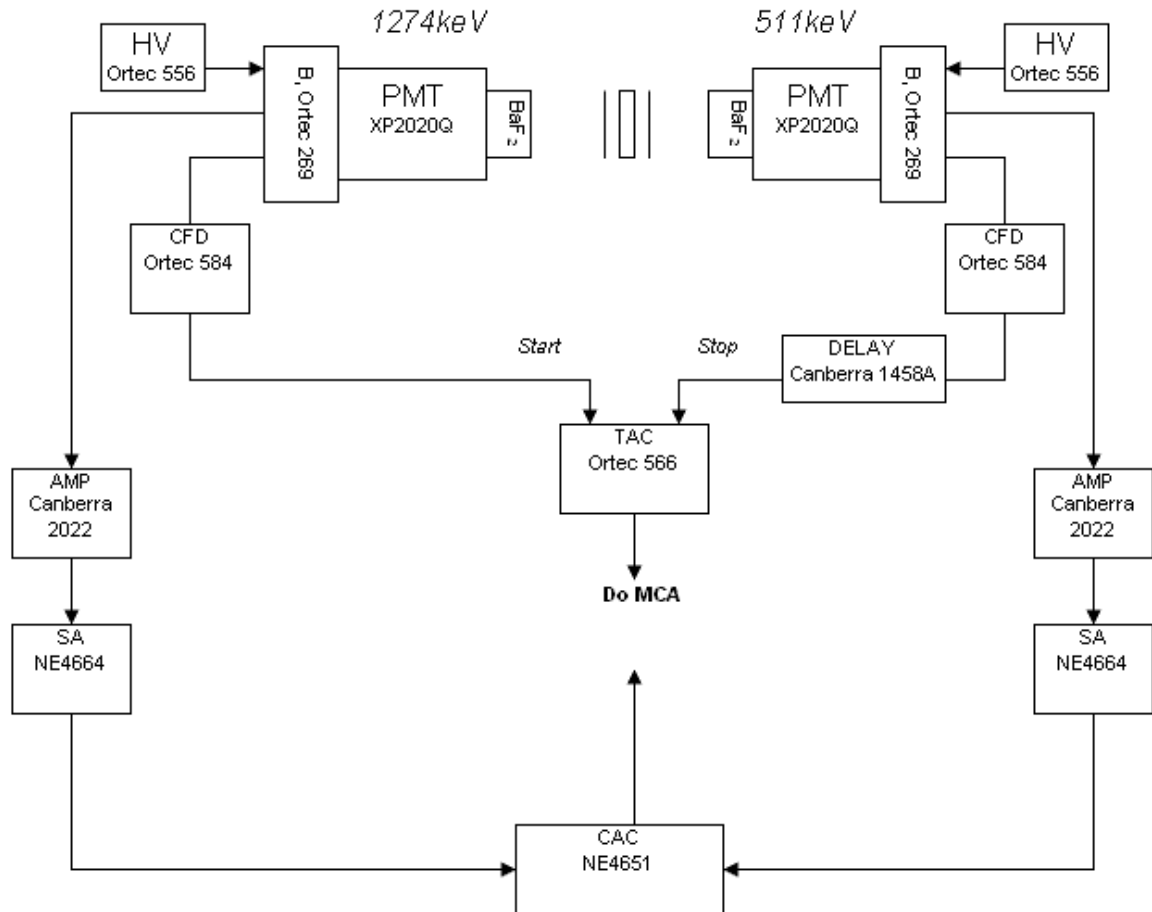
Charakter anihilácie je v podstatnej miere závislý od stavu elektrónov, s ktorými pozitrony anihilujú. Defekty kryštalickej mriežky ako sú vakancie, vakančné klastre, dislokácie a pod. znižujú strednú hustotu elektrónov. V týchto miestach sa znižuje rýchlosť anihilácie a táto interakcia sa javí ako predĺženie doby života pozitronov v látke. Pri anihilácii sa ukáže, či pozitrony anihilujú v neporušenej kryštalickej mriežke τ_c , záchytnom v dislokácii τ_d , záchytnom na vakancii τ_v prípadne v dutine τ_s . Doba života pozitronov zachytených na vakancii je o 20–50 % dlhšia ako pri anihilácii pozitronov v neporušenej kryštalickej mriežke. Jednotlivé doby života pozitronu charakterizujúce dané miesta anihilácie sú v nasledovnej relácii:

$$\tau_c < \tau_d < \tau_v < \tau_s \quad (39.1)$$

Energie, momenty a čas emitujúcich anihilačných fotónov môžeme merať s pomerne vysokou presnosťou modernými detekčnými systémami. Preto je možné pomocou pozitronových anihilačných procesov určiť stavy elektrónov, v ktorých sa nachádzajú a teda aj mieru a typy porúch v kryštalickej mriežke. V jednoduchom systéme je interpretácia výsledkov pozitronovej anihilačnej spektroskopie (PAS) pomerne jednoduchá, keď je možné veľkosť a koncentráciu vakančných defektov pomerne presne odhadnúť. V zložitejších systémoch môžu existovať defekty (vakančné aglomerácie, dislokácie, precipitáty, dutiny), ktoré komplikujú interpretáciu výsledkov. Vtedy sa PAS stáva iba doplnkovou meracou metódou skúmania materiálov.

2. Zadanie a postup merania

Cieľom tejto úlohy je zmerať časové spektrá na dvojdetektorovej aparátúre PAS na predložených vzorkách materiálov, vyhodnotenie nameraných spektier pomocou fitovacieho programu LT a interpretácia získaných výsledkov.



Obr. 39.1: Bloková schéma dvojdetektorovej aparátúry PAS.

Bloková schéma meracej aparátúry na meranie doby života pozitronov v látke je znázornená na obr. 39.1 a pozostáva z nasledujúcich komponentov: dve vzorky, medzi ktorými je sendvičovite uložený pozitronový zdroj, dva scintilátory BaF_2 s fotonásobičmi PMT (PhotoMultiplier Tube), HV (High Voltage) vysokonapäťový zdroj, CFD (Constant Fraction Discriminator) tvarovací obvod, SA (Spectral Amplifier) zosilňovač, TSCA (Timing Single Channel Analyzer) jednonálový analyzátor, FC (Fast Coincidence) koincidenčný obvod, TAC (Time to Amplitude Converter) časovo-amplitúdový konvertor, DELAY oneskorovacia linka.

Na detekciu sa zvyčajne používajú dva rýchle scintilačné detektory. Jeden z nich detekuje 1275 keV γ kvantá (štart signál), ktoré oznamujú zrod pozitronov a druhý detekuje prichádzajúce 511 keV anihilačné fotóny (stop signál), ktoré vznikajú po anihilácii pozitronov v látke. Časový rozdiel medzi príchodom štart a stop signálu je konvertovaný na amplitúdu, ktorá je priamo úmerná časovému intervalu. Časy všetkých impulzov sú analyzované a zaznamenané mnohokanálovým analyzátorom.

Podrobnejšie informácie o princípe merania doby života pozitronu je v úlohe 37.

3. Literatúra

- [1] Cirák, J. a kol.: Jadrovo-fyzikálne metódy a zariadenia, Návody na laboratórne cvičenia, Bratislava, STU, 2001.
- [2] Tomáš, M.: Diplomová práca, 2002.
- [3] Domonkoš, P.: Diplomová práca, 2001.
- [4] Kugelman, W.B.: Ph.D. Thesis, Institut für Nukleare Festkörperphysik, Universität der Bundeswehr, München, 2000.