Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 14 (1961)
Heft: 10: Colloque Ampère

Artikel: Une nouvelle méthode de mesure des temps de relaxation en résonance électronique
Autor: Pescia, Jacques / Hervé, Jacques
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-739606

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 04.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Une nouvelle méthode de mesure des temps de relaxation en résonance électronique

Laboratoire d'Electronique & Radioélectricité, Université de Paris

par Jacques Pescia et Jacques Hervé

Introduction

En résonance électronique on possède actuellement peu de résultats expérimentaux (sauf à très basse température) concernant les temps de relaxation spin-réseau. La raison de cette lacune provient de ce que les techniques employées jusqu'ici, sont en défaut pour la mesure correcte des T_1 inférieurs à 10^{-7} sec. A la température ordinaire, ces temps sont en général beaucoup plus courts et atteignent 10^{-10} sec.

Nous avons développé une méthode nouvelle permettant de mesurer les temps de relaxation spin-réseau de cet ordre. Dans l'état actuel de notre appareillage, nos mesures s'appliquent à des $T_1 \geqq 10^{-8}$ sec.

Principe

On sature partiellement la résonance par un champ radiofréquence H_1 d'amplitude suffisante. Ce champ H_1 est modulé en amplitude, ce qui entraîne une modulation du facteur de saturation. Tant que la fréquence de modulation Ω est faible devant $1/T_1$, la composante M_z, de l'aimantation parallèle au champ directeur, subit elle aussi, une modulation que l'on peut recueillir par une bobine d'induction.

Notre méthode consiste essentiellement à observer les effets d'une variation de Ω entre deux valeurs Ω' et Ω'' telles que

$$\Omega'' = 10\Omega' \; ; \qquad \Omega' < \frac{1}{T_1} < \Omega'' \; .$$

On observe une variation brusque du signal au passage de Ω par une valeur Ω_1 de l'ordre de $1/T_1$.

Nous avons calculé [1] la grandeur du signal détecté en fonction de Ω dans trois cas correspondant à trois formes de détection:

1) *Détection ordinaire par une simple diode* (détection quadratique en raison de la faiblesse du signal appliqué au détecteur)

$$y = \frac{\Omega^2}{\Omega_1^2 + \Omega^2} \qquad \begin{array}{l} y = \textit{signal} \\ \Omega_1 = \textit{frequence caracteristique} \end{array}$$

où $\Omega_1 = (1+a)/T_1$; a = valeur moyenne du facteur de saturation $(\gamma\overline{H_1^2}\, T_1\, T_2)$.

2) *Détection synchrone de la composante en phase*

$$y = \frac{\Omega^2}{\Omega_1^2 + \Omega^2} \qquad \text{(semblable à la précédente)}$$

3) *Détection synchrone de la composante en quadrature*

$$y = \frac{\Omega}{\Omega_1^2 + \Omega^2}$$

(on trouvera les courbes représentatives aux figures 1 *a)* et 1 *b)*).

Le calcul, effectué dans le formalisme de Bloembergen, Purcell et Pound, repose sur une expression approchée de la probabilité de transitions induites par le champ H_1 modulé. Une théorie plus exacte [2] montre que les résultats précédents sont valables pour des facteurs de saturation assez élevés.

Réalisation (fig. 2)

1. Notre méthode impliquant une saturation requiert une source hyperfréquence puissante. Nous utilisons [3] un carcinotron C. M. stabilisé en fréquence [4] et modulé en amplitude, en appliquant à la plaque accélératrice un signal de fréquence $\Omega/2\pi$ (cette plaque présente par rapport à la masse une capacité assez importante qu'on élimine par résonance).

L'amplitude de ce signal est réglable, ce qui permet de faire varier le taux de modulation de 1 à 100% pour une fréquence de modulation allant de 500 kHz à 25 MHz. Dans nos expériences nous avons adopté un taux de 10%. La modulation en fréquence corrélative était entièrement corrigée par le stabilisateur de fréquence.

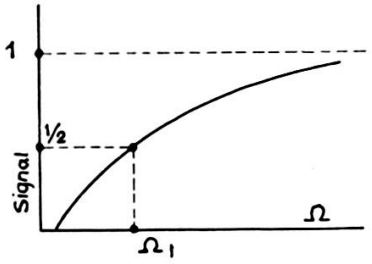

Fig. 1 *a*.

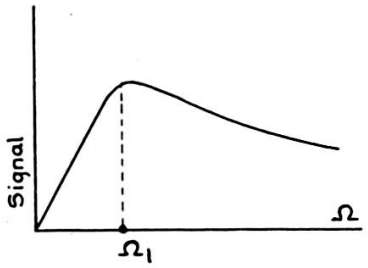

Fig. 1 *b*.

Caractéristique signal fréquence:

a) Détection quadratique, ou détection synchrone de la composante en phase,

b) Détection synchrone de la composante en quadrature.

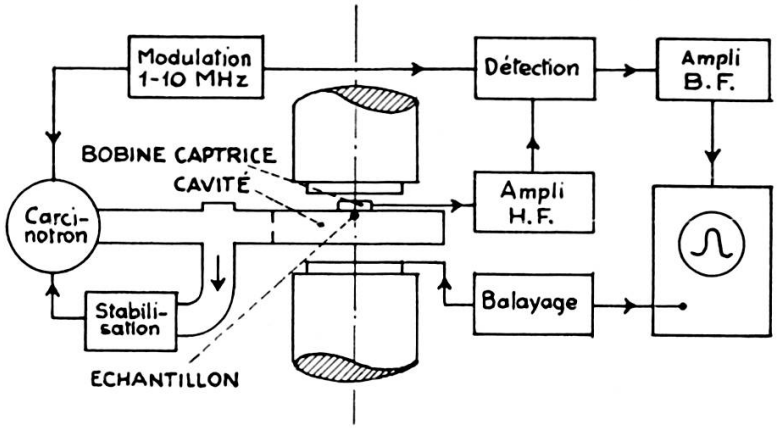

Fig. 2.

Schéma d'ensemble du montage.

L'onde modulée (dont le spectre comporte une porteuse centrale et deux bandes latérales) est envoyée dans la cavité résonnante. Celle-ci amplifie inégalement les champs magnétiques relatifs à la porteuse et aux bandes. Le taux de modulation est ainsi réduit dans le rapport

$$\frac{1}{\sqrt{1+\left(Q\frac{\Omega}{\omega}\right)^2}} \qquad \frac{\omega}{2\pi} = \text{fréquence porteuse} = 10^4 \text{ MHz}.$$

Comme le signal détecté est proportionnel à la fois au champ magnétique de la porteuse et au taux de modulation, on conçoit qu'il existe une valeur optimum de Q (voisine de ω/Ω). Dans nos expériences $Q = 1000$.

2. Les variations de l'aimantation M_z, induisent une tension dans la bobine réceptrice accordée sur la fréquence Ω. Cette tension est appliquée à un amplificateur sélectif à faible bruit puis subit une détection, soit par simple diode (détection quadratique) soit par un détecteur synchrone.

Dans ce dernier cas un déphaseur appliqué à la tension de référence permet de détecter au choix la composante en phase ou la composante en quadrature. Le gain global du récepteur (compte tenu de la surtension du circuit capteur accordé) a été étalonné en fonction de la fréquence.

Mesure du T_1 du DPPH

Comme premier échantillon nous avons utilisé du DPPH (cristallisé dans $CHCl_3$) en poudre. Les diapositives montreront les signaux obtenus pour différentes valeurs de Ω (10 valeurs allant de 1,84 à 10 MHz) et les courbes représentant la variation du signal à la résonance en fonction de la fréquence.

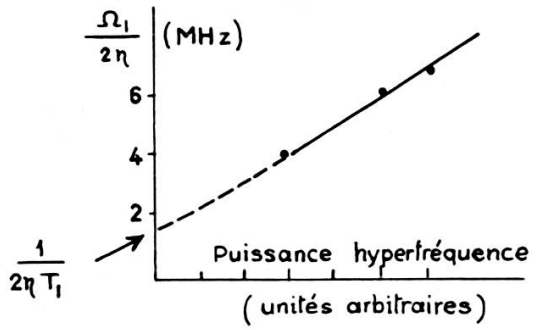

Fig. 3.
Résultats expérimentaux et détermination du T_1 (DPPH).

A partir de chacune de ces courbes (tracées pour des puissances différentes) on obtient une valeur de $\Omega_1 = (1+a)/T_1$. On peut alors par extrapolation (fig. 3) en déduire T_1.

Remarquons que l'avantage de la méthode réside non seulement dans la mesure possible de T_1 très courts, mais aussi dans le fait que H_1 n'intervient (d'après l'extrapolation) qu'en valeur relative, ce qui élimine une des principales causes d'erreur des méthodes classiques de mesure de T_1 par saturation progressive. Nous trouvons pour le DPPH cristallisé dans le chloroforme:

$$T_1 = (8{,}6 \pm 0{,}9) \cdot 10^{-8}\ sec$$

Conclusions

Cette expérience sur le DPPH, dont le résultat est en accord avec celui obtenu par Goldborough, Mandel et Pake [5], montre que notre méthode est bien réalisable pour les temps de relaxation de l'ordre de 10^{-7} sec. Nous entreprenons actuellement la même mesure sur des charbons ayant des T_1 de cet ordre.

Par ailleurs, la possibilité de moduler jusqu'à 25 MHz doit nous permettre de mesurer les T_1 jusqu'à 10^{-8} sec.

RÉFÉRENCES

1. Hervé, J. et J. Pescia, *C. R.*, *251*, 665, 1960.
2. A publier aux *Comptes Rendus*.
3. Pescia, J., Colloque Ampère, Pise 1960, (*Archives des Sciences*, 1960), 350.
4. Hervé, J., J. Pescia et M. Sauzade, *C. R.*, *249*, 1486, 1959.
5. Goldborough, J. P., M. Mandel et G. E. Pake, *Phys. Rev. Lett.*, *4*, 13, 1960.