



Doctoral Thesis

## **Anisotropic relaxation times in the trivalent metals aluminum and indium**

**Author(s):**

Mark, Willem van der

**Publication Date:**

1976

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000089786> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH 5674

ANISOTROPIC RELAXATION TIMES IN THE TRIVALENT

METALS ALUMINUM AND INDIUM

T H E S E

presentee a

I E C O L E P O L Y T E C H N I Q U E F E D E R A L E

Z U R I C H

pour l'obtention

du titre de Docteur es sciences naturelles

par

W I L L E M V A N D E R M A R K

Phys. dipl. ETH

ne le 10 Janvier 1938

a Eindhoven (Pays Bas)

acceptee sur proposition

du professeur Dr. J. L. Olsen, rapporteur

du professeur Dr. H. C. Siegmann, corapporteur

1976

## Résumé.

---

Dans ce travail nous montrons qu'il est possible d'expliquer des résultats provenant de mesures de résistivité et d'effet Hall en supposant que les électrons de conduction aient des temps de relaxation distribués d'une façon anisotrope.

Ces mesures ont été effectuées sur des alliages et des échantillons purs d'indium. Nous avons aussi profité de quelques mesures effectuées dans d'autres laboratoires, sur le système à base d'aluminium.

L'introduction de petites quantités d'impuretés diverses peut avoir une très grande influence sur l'effet Hall mesuré à bas champs magnétiques et ceci aussi bien pour les alliages à base d'indium que pour ceux à base d'aluminium. Dans le cas particulier de l'indium nous montrons que ces effets ne peuvent provenir de changements géométriques de la surface de Fermi causés par l'introduction d'électrons supplémentaires.

Nous ne pouvons donc qu'admettre que ces effets proviennent des propriétés de diffusion caractéristiques à chaque impureté et que cette diffusion entraîne une anisotropie des temps de relaxation des états électroniques sur la surface de Fermi.

Dans le cadre des pseudopotentiels et des calculs de bandes en ondes planes orthogonalisées, nous avons étendu la notion du formalisme de potentiel modèle de Shaw à celle de la description du potentiel approprié pour une impureté demeurant dans un environnement étranger et nous avons donné les paramètres a

utiliser lors de calculs concernant les différents phénomènes relatifs aux impuretés dissoutes dans un autre milieu. Nous avons en outre spécifié les déphasages de diffusion obtenus à partir de la partie non périodique de ces potentiels pour l'indium et l'aluminium.

Ces déphasages ont ensuite été utilisés pour définir un temps de relaxation local en utilisant les méthodes approximatives développées par Sorbello.

Etant donné que l'effet Hall est mesuré en champ magnétique, nous avons dû élargir l'idée générale des temps de relaxation de conduction définie par Sorbello. Nous avons obtenu une expression exacte du tenseur de conductivité qui sera utile en vue de calculs numériques à venir.

Ici nous nous sommes limités à faire une expansion de ce tenseur pour les champs magnétiques faibles et nous avons utilisé les trois premiers termes de cette expansion pour évaluer un modèle à trois bandes représentant les parties topologiquement différentes de la surface de Fermi. Les résultats théoriques de ce modèle sont en accord général avec les valeurs obtenues lors des expériences sur la résistivité et l'effet Hall.

Dans le cadre de ce modèle nous avons aussi fait une discussion simplifiée de l'influence de la température sur le coefficient Hall et nous montrons qu'en ignorant les effets 'Umklapp' les résultats théoriques et expérimentaux sont en bon accord.

## VI. SUMMARY.

---

We have shown in this work that the concept of anisotropic relaxation times of the conduction electrons can be used to explain experimental results on the resistivity and the Hall effect in pure and alloyed specimens of indium and aluminum.

The introduction of small quantities of various impurities has a profound influence on the low field Hall coefficient of both In and Al. In the specific case of In, we showed that these effects could not be explained by considering changes in the Fermi surface brought about by the introduction or removal of extra electrons.

The only way we can explain these results is in assuming that these various impurities each have their own particular scattering properties, leading to an anisotropy of the relaxation time of the various electronic states on the Fermi surface.

In the framework of pseudopotential and OPW band structure calculations, we have extended the model potential formalism of Shaw to the description of the proper potential of an impurity in a foreign host crystal and given the parameters to be used in calculating various impurity effects. By extracting the non periodic part of these potentials we then specify a set of characteristic phase shifts for both In and Al.

These phase shifts were then used to define local relaxation times with the help of the approximate methods developed by Sorbello giving the averaged character of the wavefunctions over specific parts of the Fermi surface.

The fact that we had to discuss effects depending on a magnetic field demands a reconsideration of Sorbello's conduction relaxation time. We have extended his treatment in zero field to the case of the non-quantum field regime. Our result is an exact expression of the conductivity tensor which will be of use in forthcoming numerical calculations.

In this work we have expanded this tensor in powers of the magnetic field and applied the resulting three first terms to a 3-band model representing the topologically different parts of the Fermi surface. The theoretical results of this model, applied to the resistivity and the low field Hall effect are shown to be in reasonable agreement with data obtained from our experiments and from other sources.

In the same framework we also give a simplified discussion of the influence of temperature on the Hall coefficient and show that, when Umklapp processes are ignored, a rather good agreement between theory and experiment can be obtained.