

Structure et propriétés supraconductrices de films de nitrure de niobium épitaxiés par CVD à haute température

Manoël JACQUEMIN

Sous la direction de Michel Pons et Frédéric Mercier

Mardi 8 octobre à 13h30

Amphithéâtre Jean Besson

Jury :

Mme. Edwige BANO, Professeur Grenoble INP, Grenoble-IMEP-LAHC, (examinatrice)

M. Alexandre TALLAIRE, Chargé de recherche CNRS, Paris-IRCP, (rapporteur)

M. Georges CHOLLON, Chargé de recherche CNRS, Bordeaux-LCTS, (rapporteur)

M. Philippe THOMAS, Directeur de recherche CNRS, Limoges-IRCER, (examineur)

Mme. Elisabeth BLANQUET, Directrice de recherche CNRS, Grenoble-SIMaP, (invitée)

M. François WEISS, Directeur de recherche CNRS, émérite-Grenoble-LMGP, (invité)

Résumé : Les études concernent le développement de dispositifs supraconducteurs de détection de photon unique. Le nitrure niobium (NbN) est un matériau adapté à l'élaboration de films supraconducteurs de la cible du détecteur. Ces travaux ouvrent des perspectives sur l'élaboration de films de nitrure de niobium épitaxié sur saphir par la méthode de dépôt chimique en phase vapeur (CVD). L'élaboration des films minces (5-100 nm) est effectuée à haute température (1000°C à 1300°C) à partir de chlorure de niobium et d'ammoniaque dilués dans l'hydrogène ($H_2-NH_3-NbCl_5$). Les substrats sont du saphir monocristallin (Al_2O_3) orienté (0002), du nitrure d'aluminium (AlN) orienté (0002) et d'oxyde de magnésium (MgO) orienté (100). L'étude des relations d'épitaxie au cours de la croissance du nitrure de niobium sur le substrat de saphir a tout d'abord été effectuée. L'observation des microstructures et des orientations cristallines des différents films élaborés a permis de mettre en évidence les relations existant entre l'état de surface du substrat et le mode de croissance du NbN. Les perspectives d'utilisation de substrats monocristallins de type MgO et AlN sont présentées en conclusion. L'étude du procédé de croissance et les relations existant entre les conditions d'élaboration et la "qualité" des films minces a permis de dégager les fenêtres expérimentales conduisant à une croissance épitaxiale. L'énergie d'activation des réactions de croissance et les conditions de sursaturation propices à la croissance épitaxiale ont été calculées. L'étude des relations entre les propriétés structurales et les caractéristiques supraconductrices des films a permis de relier la température de transition supraconductrice à la densité de défauts atomiques, aux défauts microstructuraux, à l'épaisseur des films élaborés et à leur état de contrainte. Il existe une relation linéaire entre l'espace interréticulaire des plans parallèles au substrat et la température de transition supraconductrice. Enfin, l'étude de la durabilité des films ultraminces (5–8 nm) de nitrure de niobium a été menée. Dans cette étude les propriétés électriques et supraconductrices de films élaborés à 1000°C et 1200°C sur des substrats de saphir et de couches épitaxiales d'AlN ont été analysées sur une durée de six mois. Les propriétés des films évoluent surtout au cours du premier mois. Le dépôt effectué à haute température permet de limiter la dégradation rapide des films et de conserver leurs propriétés supraconductrices.