

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАЗРЯДА ПРИ РЕАКТИВНОМ МАГНЕТРОННОМ НАПЫЛЕНИИ ПЛЕНОК  $NbN$ 

Е.К. Г о л ь м а н, А.Г. З а й ц е в

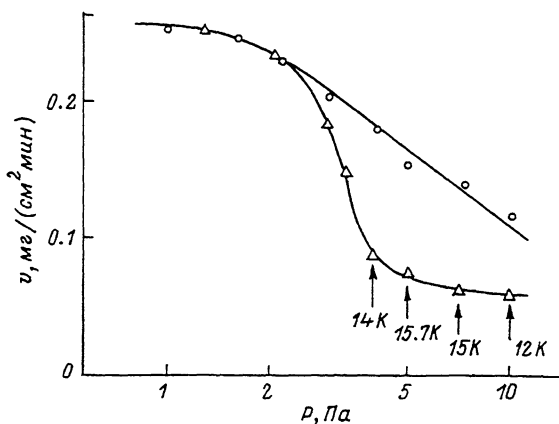
Магнетронное распыление ниобиевой мишени в атмосфере смеси аргона и азота является эффективным методом получения тонких сверхпроводниковых пленок нитрида ниобия. В последние годы было показано, что поиск оптимальных параметров разряда (мощность разряда, давление и состав рабочего газа), позволяющих получать высококачественные плёнки  $NbN$ , может быть осуществлен с помощью эмиссионной спектроскопии плазмы разряда [1], а также путем анализа зависимости напряжения разряда от состава [2, 3], либо давления [4] смешанного газа.

Цель настоящей работы – показать, что оптимальные параметры напыления пленок  $NbN$  могут быть определены также по зависимости скорости осаждения покрытия от давления смешанного газа аргон–азот.

В настоящей работе использовалась распылительная система, описанная ранее [5]. Мощность разряда варьировалась в пределах (150...900) Вт, содержание азота в смеси – в пределах (10...25)%. Напыление покрытий проводилось на подложки из слюды, нагретые до температуры 380 °С. Скорость осаждения покрытий измерялась взвешиванием подложек до и после напыления. Исследования структурных и электрофизических свойств проводились для пленок толщиной (50...70) нм.

На рисунке представлены характерные зависимости скорости осаждения покрытий ( $\sigma$ ) от давления рабочего газа ( $P$ ), измеренные при распылении ниобиевой мишени в чистом аргоне и в смеси  $Ar-25\% N_2$ . Мощность разряда поддерживалась равной 900 Вт.

При распылении  $Nb$  мишени в чистом аргоне наблюдалась типичная для магнетронного распыления зависимость  $\sigma(P)$  [6], опре-



Зависимость скорости осаждения покрытий, измеренная при распылении Nb мишени в аргоне (кружки) и в смеси аргон-азот (треугольники). Стрелки указывают  $T_c$  полученных пленок.

деляемая рассеянием распыленных атомов на атомах рабочего газа.

При низких давлениях смеси ( $P \approx 3$  Па) покрытие осаждалось практически с той же скоростью, что и в чистом аргоне. Этот факт позволяет полагать, что поток распыляемого ниобия был достаточен для геттерирования напускаемого в камеру азота и поверхность мишени оставалась чистометаллической, как и при распылении в аргоне. Увеличение давления смеси приводит к резкому (по отношению к распылению в чистом аргоне) уменьшению скорости распыления, что может быть объяснено изменением поверхностного состава распыляемой мишени. Исследование свойств полученных пленок показало, что именно в данном интервале давлений происходит осаждение сверхпроводящего нитрида ниобия (см. рисунок). Критическая температура ( $T_c$ ) пленок, полученных в данном интервале давлений смеси, достигала 15.7 К. По данным электронографического анализа подобные пленки характеризовались кубической структурой типа *b1* с высокой степенью кристаллографического совершенства; состав пленок, исследованный методом ЭСХА, соответствовал  $NbN_{0.95}$ . Плотность критического тока при температуре 4.2 К составляла  $10^{10}$  А/м<sup>2</sup>.

Дальнейшее увеличение давления смеси приводило к увеличению содержания азота в пленках и ухудшению их свойств.

Следует отметить, что аналогичный ход зависимости  $v(P)$  наблюдался во всем исследованном диапазоне значений мощности разряда и составе смеси аргон-азот.

Таким образом, при достаточно произвольном выборе значения мощности разряда и состава смеси Ar-N<sub>2</sub> сопоставление зависимостей  $v(P)$ , измеренных при распылении Nb мишени в Ar смеси, позволяет однозначно определять интервал давлений смеси, обеспечивающих получение высококачественных сверхпроводниковых пленок NbN.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] B h u s h a n M. // J. Vac. Sci. Technol. 1987. V. A5. P. 2829-2835.
- [2] V a n d e l i k J.F., W e s t r a K.L., R o u t l e d g e D., B r e t t M.J. // J. Phys.: Appl. Phys. 1989. V. 22. P. 1788-1790.
- [3] F e l d m a n B. // Phys.: Appl. Phys. 1990. V. 23. P. 1332-1333.
- [4] Бидзиньски Я., Гольман Е.К., Зайцев А.Г. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. В. 18. С. 39-42.
- [5] Бидзиньски Я., Гольман Е.К., Зайцев А.Г., Козырев А.Б., Ушаков С.Н. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 16. С. 73-76.
- [6] R i z k A., Y o u s s e f S.E., R i z k N.S., H a b i b S.K. // Vacuum. 1989. V. 39. P. 471-473.

Поступило в Редакцию  
27 мая 1992 г.